

**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ MAŁOPOLSKI**

**WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
UNIWERSYTET ROLNICZY IM. HUGONA KOŁŁATAJA
W KRAKOWIE**

**INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA
W TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
I ŻYWIENIU CZŁOWIEKA**

**Tomasz Tarko, Iwona Drożdż,
Dorota Najgebauer-Lejko, Aleksandra Duda-Chodak
(redaktorzy)**

Recenzenci Naukowi

Prof. dr hab. inż. Jacek **Domagała**, Dr Iwona **Drożdż**, Dr hab. Aleksandra **Duda-Chodak**, Dr hab. inż. Agnieszka **Filipiak-Florkiewicz**, Prof. dr hab. Teresa **Fortuna**, Prof. dr hab. inż. Halina **Gambuś**, Dr hab. inż. Piotr **Gębczyński**, prof. UR, Dr hab. inż. Wanda **Kudelka**, prof. UEK, Prof. dr hab. inż. Władysław **Migdał**, Dr inż. Dorota **Najgebauer-Lejko**, Prof. dr hab. Teresa **Leszczyńska**, Dr hab. inż. Sławomir **Pietrzyk**, Dr hab. inż. Anna **Ptaszek**, Dr inż. Marek **Sady**, Dr Joanna **Sobolewska-Zielińska**, Dr hab. inż. Tomasz **Tarko**, Dr inż. Maria **Walczycka**, Dr hab. inż. Mariusz **Witczak**, Prof. dr hab. inż. Krzysztof **Żyła**

Redakcja

Dr hab. inż. Tomasz Tarko
Dr Iwona Drożdż
Dr inż. Dorota Najgebauer-Lejko
Dr hab. Aleksandra Duda-Chodak

Projekt okładki

Dr Łukasz Byczyński

Wydawca

Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności
31-149 Kraków, ul. Balicka 122

ISBN 978-83-937001-8-9

© *Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2016*

Za treść zamieszczonych materiałów odpowiadają ich Autorzy

SPIS TREŚCI

Renata B. Kostogryś, Magdalena Franczyk-Żarów, Iwona Wybrańska Genomika żywieniowa i „nowa żywność” – wykorzystanie techniki „omics” w przemyśle spożywczym	5
Iwona Mentel, Ewa Cieślík, Olga Jagodzińska Monitoring zafałszowań żywności	13
Joanna Kobus-Cisowska, Dominik Kmiecik, Ewa Flaczyk, Monika Przeor, Bartosz Kulczyński Projekt nowego produktu z dodatkiem nasion chia (<i>Salvia hispanica</i> L.) jako składnika żywności bioaktywnej	23
Alicja Zachara, Lesław Juszcak Żywność ekologiczna, tradycyjna... – współczesna moda czy niezbędny element zrównoważonego rozwoju?	32
Małgorzata Miśniakiewicz Innowacyjność a oczekiwania konsumentów na rynku wyrobów cukierniczych ...	40
Monika Przeor, Ewa Flaczyk, Joanna Kobus-Cisowska, Dominik Kmiecik Napoje funkcjonalne w opinii konsumentów	48
Joanna Kawa-Rygielska, Ewelina Dziuba, Witold Pietrzak Trendy i innowacje w procesach fermentacji etanolowej	61
Małgorzata Wroniak, Agnieszka Rękas Trendy w produkcji tłuszczów roślinnych	69
Piotr Patelski, Maria Balcerk, Katarzyna Pielech-Przybylska, Urszula Dziekońska-Kubczak, Aleksandra Borzęcka Wykorzystanie surowców roślinnych do aromatyzowania destylatów rolniczych	80
Urszula Dziekońska-Kubczak, Piotr Patelski, Maria Balcerk, Katarzyna Pielech-Przybylska Ocena wpływu sposobu neutralizacji hydrolizatów lignocelulozowych na wydajność hydrolizy oraz fermentacji etanolowej	91
Katarzyna Liszka, Dorota Najgebauer-Lejko, Małgorzata Tabaszewska Owoce czarnego bzu (<i>Sambucus nigra</i> L.) – charakterystyka i możliwości wykorzystania w przemyśle spożywczym	102
Emilia Bernaś, Jacek Słupski Wykorzystanie niekonwencjonalnych metod podczas produkcji soków marchwiowych	112
Grażyna Bortnowska Biopolimery jako emulgatory, przeciwutleniacze i stabilizatory emulsji	120
Ewelina Strąk, Maria Balcerk Porównanie wydajności fermentacji zacierów żytnich z wykorzystaniem metod bezciśnieniowego uwalniania skrobi	130
Krzysztof Surówka, Ladislav Staruch, Joanna Banaś, Ireneusz Maciejaszek, Magdalena Witek Modyfikacja właściwości pianotwórczych sojowego koncentratu białkowego	140
Ladislav Staruch, Marcel Mati The benefits of probiotic <i>Lactobacillus paracasei</i> LPC-37 in fermented sausages	149
Dominik Kmiecik, Joanna Kobus-Cisowska, Ewa Flaczyk, Bartosz Kulczyński, Monika Przeor, Adrianna Frączek Palczatka cytrynowa (<i>Cymbopogon citratus</i> L.) jako składnik nowej żywności bioaktywnej	156
Paweł Michalski Innowacyjne rozwiązania wpływające na pozbiorną trwałość owoców	166
Alina Kunicka-Styczyńska Olejki eteryczne jako alternatywa dla syntetycznych konserwantów żywności – praca przeglądowa	175
Danuta Kołożyn-Krajewska, Beata Bilska, Karol Krajewski, Małgorzata Wrzosek, Joanna Trafiałek Projekt MOST jako innowacyjne rozwiązanie dla zakładów produkcji i dystrybucji żywności	185
Magdalena Kilar, Janusz Kilar, Maria Ruda Rolnictwo ekologiczne jako źródło żywności funkcjonalnej	195
Marek Sady, Jacek Domagała, Dorota Najgebauer-Lejko, Genowefa Bonczar Właściwości organoleptyczne i fizykochemiczne lodów kefirowych	205
Joanna Stadnik Determinanty i kierunki rozwoju funkcjonalnych wyrobów mięsnych	215
Dorota Zielińska, Anna Rzepkowska, Aleksandra Oldak, Danuta Kołożyn-Krajewska Właściwości przeciwdrobnoustrojowe i bezpieczeństwo bakterii fermentacji mlekowej, jako kryterium stawiane nowoczesnym szczepionkom do żywności	223
Aleksandra Duda-Chodak, Tomasz Tarko, Łukasz Wajda, Katarzyna Bodnar Ocena wpływu wybranych suplementów diety na bakterie jelitowe – badania in vitro	233
Sa'eed Halilu Bawa Rola żywności funkcjonalnej w profilaktyce i leczeniu przewlekłych chorób niezakaźnych: na przykładzie NNKT z rodziny omega-3	242
Joanna Omiecich Polityka konsumencka a jakość i bezpieczeństwo żywności w Polsce	253
Katarzyna Gościnnia, Dorota Wichrowska Stan wiedzy młodzieży na temat żywności funkcjonalnej w szkołach ponadgimnazjalnych	262
Aleksandra Szydłowska, Danuta Kołożyn-Krajewska Projektowanie innowacyjnych wyrobów z ciasta drożdżowego bez dodatku cukru	273
Katarzyna Pielech-Przybylska, Maria Balcerk, Mirela Kotas, Piotr Patelski, Urszula Dziekońska-Kubczak, Mirosława Książkowska Wykorzystanie techniki GC-MS i GC-O do oceny jakości spirytusów zbożowych poddanych aromatyzowaniu z udziałem surowców roślinnych	285
Krzysztof Bohdziewicz, Anna M. Jasińska Metoda profilowania smakowitości jako narzędzie określające charakter zmian deskryptorów podczas przechowywania serów camembert	295
Iwona Drożdż, Małgorzata Makarewicz, Sylwia Michna, Ewelina Bogdan Wykorzystanie metod PCR i RAPD-PCR w przemyśle spożywczym	304
Joanna Ptasinska-Marcinkiewicz Wykorzystanie równań regresji w analizie jakości mleka owczego	315
PARTNERZY I SPONSORZY	326

GENOMIKA ŻYWIENIOWA I „NOWA ŻYWNOSĆ” – WYKORZYSTANIE TECHNIK „OMICS” W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

Genomika żywieniowa to nauka, do której zalicza się nutrigenomikę i nutrigenetykę. Jest to szybko rozwijająca się dziedzina wiedzy z pogranicza genetyki i nauk o żywności i żywieniu.

Nutrigenomika bada wpływ wybranych składników pokarmowych na ekspresję genów oraz na przemiany metaboliczne i homeostazę organizmu. Składniki odżywcze są regulatorami ekspresji genów. Geny te warunkują syntezę odpowiednich białek, które przyczyniają się do powstania określonych metabolitów. Obszar badań obejmuje tu głównie określenie stabilności genomu (uszkodzenia DNA na poziomie pojedynczych genów oraz całych chromosomów) czy zmiany epigenetyczne, w tym metylacje, fosforylacje czy ubikwitynizację. Dodatkowo przeprowadza się tu analizę transkryptomu (w tym miRNA i siRNA), jak również analizę białek (proteomika), oraz metabolitów (metabolomika) [Panczyk, 2013].

Cele nutrigenomiki zostały określone już w 2003 roku [Müller i Kersten, 2003]. Pierwszym z nich była identyfikacja czynników transkrypcyjnych, które pełnią rolę „sensorów” składnika odżywczego. Jednak główną rolą było określenie genów docelowych. Wyjaśnienie szlaków metabolicznych, w które jest zaangażowany składnik odżywczy, jak również charakterystyka głównych sygnałów diety stanowiło kolejny, bardzo ważny cel. Podjęto również próby pomiaru i weryfikacji komórek oraz narządów, w których wykazano zmiany ekspresji genów, a także metabolicznych efektów mikro- i makroelementów. Kolejnym celem było zrozumienie zaburzeń, prowadzących do chorób, poprzez wyjaśnienie wzajemnych oddziaływań pomiędzy regulacyjnymi składnikami odżywczymi, związanymi z drogami i szlakami stresu prozapalnego.

Nutrigenomika razem z innymi "omikami" tj. proteomiką i metabolomiką, oferują szereg zaawansowanych metod w celu zrozumienia, co dzieje się wewnątrz komórki w odpowiedzi na dostarczone do niej składniki odżywcze i jak pomiędzy poszczególnymi jednostkami – ludźmi różnią się te reakcje. Nowe narzędzia są już dostępne do prowadzenia przełomowych badań, które mogą skierować naukę z tego obszaru w zupełnie nowy kierunek.

Niezwykle ważna stała się identyfikacja genotypów, w szczególności osób, u których wykazano rozwój chorób takich jak cukrzyca, nadciśnienie tętnicze lub miażdżyca. Jest to głównym tematem nutrigenetyki. Jednym z najtrudniejszych wyzwań stało się tu

opracowanie biomarkerów początku metabolicznych zaburzeń, a także wrażliwości genotypowej i określenie roli diety.

Uważa się, że w niedalekiej przyszłości prowadzone analizy kliniczne i badania związane z żywieniem, będą musiały opierać się przede wszystkim na łączeniu pacjentów w grupy o wspólnych cechach genetycznych.

Ogromną rolę w rozwoju nutrigenomiki/nutrigenetyki upatruje się w technologii żywności. Rozwój żywności funkcjonalnej stworzył tu nowe możliwości. Pojawiły się na rynku nowe produkty funkcjonalne, które według producentów wykazują korzystny wpływ na hamowanie rozwoju wielu chorób.

Pojęcie „nowa żywność” (lub „nowy składnik żywności”, ang. *novel food*) to kolejny, obok żywności funkcjonalnej, nowy trend. Definicja nowej żywności obejmuje różne kategorie żywności i składników żywności. Są to produkty o nowej lub celowo zmodyfikowanej podstawowej strukturze molekularnej.

Nowa żywność – to nadanie specyficznego statusu, zarówno środkowi spożywczemu (bądź jego składnikowi) ogólnego spożycia, środkowi spożywczemu wzbogacanemu, środkowi spożywczemu specjalnego przeznaczenia żywieniowego, jak również suplementom diety. Do tej grupy zalicza się jedynie żywność i składniki żywności, które przed 15 maja 1997 r. nie były w znacznym stopniu wykorzystywane w Unii Europejskiej do spożycia przez ludzi. Drugim zaś elementem definicji jest przynależność do prawnie wydzielonych kategorii, które obejmują: innowacje biologiczne, chemiczne i fizyczne. Za innowacje biologiczne uznać można żywność składającą się lub wyekstrahowaną z drobnoustrojów, grzybów lub wodorostów, a także składającą się lub wyekstrahowaną z roślin i/lub pochodzącą od zwierząt, z wyłączeniem stosowania tradycyjnych metod wytwórczo-hodowlanych, o których wiadomo, że są bezpieczne dla zdrowia. Innowacją chemiczną jest celowe zmodyfikowanie podstawowej struktury molekularnej, natomiast innowacją fizyczną są nowe procesy produkcyjne, które powodują istotne zmiany w składzie lub strukturze żywności, a które mają wpływ na jej wartość odżywczą, metabolizm i zawartość niepożądanych substancji. Jest to żywność utrwalana za pomocą nowych niekonwencjonalnych technologii, takich jak technologia wysokociśnieniowa (*High Pressure Processing*), pulsujące pole elektryczne (*Pulsed Electric Field*), pulsujące pole magnetyczne (*Pulsed Magnetic Field*), pulsujące światło (*Pulsed Light*) [Sokołowski, 2014]. Dodatkowo zalicza się tu również żywność składającą się, wyekstrahowaną lub produkowaną z materiałów pochodzenia mineralnego oraz żywność składającą się z wytworzonych nanomateriałów.

Do „nowej żywności” zaliczyć można, olej z zarodków kukurydzy lub rzepaku o wysokiej zawartości substancji niezmydlających się, olej z heterotroficznych mikroalg *Schizochytrium*, likopen z grzyba (*Blakeslea trispora*) roślin tropikalnych, alfa-cyklodekstrynę, której spożycie w ramach posiłku zawierającego skrobię pomaga

ograniczyć wzrost poziomu glukozy we krwi, rafinowany olej ze źmijowca (*Echium vulgare* L.), suszony miąższ z owoców baobabu (*Adansonia digitata*) – źródło antyoksydantów oraz błonnika, sucromalt – mieszaninę sacharydów produkowaną z sacharozy i hydrolizatu skrobi łączonych enzymem wytwarzanym przez *Leuconostoc citreum*, olej z grzybów *Mortierella alpina* o wysokiej zawartości kwasu arachidonowego (również z przeznaczeniem dla niemowląt i małych dzieci), witaminę K uzyskiwaną z *Bacillus subtilis* natto, EDTA, fosforan amonowy żelaza (II), glukan chitynowy z *Aspergillus niger*, a także fitosterole, olej z kryla, olej arganowy. Zalicza się tu również nieznanie wcześniej w UE egzotyczne rośliny, jak owoce noni, a właściwie sok z jej owoców mający właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne – dodawany do napojów, jogurtów, słodczy. Innym produktem jest olej z nasion drzewa arganowego pochodzącego z Maroka [Sokołowski, 2014]. Również do kategorii nowej żywności zalicza się owoc granatu. Również mikroorganizmy, dzięki zastosowaniu metod i technik molekularnej diagnostyki, stanowią ogromny potencjał w kontekście odkrywania ich prozdrowotnych właściwości, co w konsekwencji często prowadzi do przemysłowych innowacji.

Należy zaznaczyć, że termin „nowej żywności” nie odnosi się do organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO). Z zakresu pojęcia nowa żywność wyłączone także enzymy spożywcze, dodatki do żywności, środki aromatyzujące stosowane w środkach spożywczych, rozpuszczalniki do ekstrakcji stosowane do produkcji środków spożywczych.

W związku z rosnącą ilością substancji tego typu, stworzony został przez instytucje Unii Europejskiej Katalog Nowej Żywności, który opublikowano na stronie internetowej Komisji Europejskiej [ec.europa.eu/food/safety/novel_food/index_en.htm].

Poszczególne artykuły żywnościowe należące do tego rodzaju żywności mają różne, potencjalne walory. Niektóre z nich charakteryzują się wysoką wartością odżywczą i prozdrowotną, inne – specyficznymi, pożądanymi właściwościami fizycznymi lub chemicznymi.

Warunkiem kwalifikowalności produktów do nowej żywności jest spełnienie wymagań zawartych w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej (WE) nr 258/97 z dnia 27 stycznia 1997 r. dotyczącego nowej żywności i nowych składników żywności. Wprowadzona ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (tj. z 2010 r. Dz. U. 136, poz. 914) w art. 92 doprecyzowuje szczegóły kompetencji związanych z prowadzeniem procedur i koordynacji zagadnienia nowej żywności w Polsce.

W Polsce wstępnej oceny naukowej żywności dokonuje Główny Inspektor Sanitarny (GIS). Ocena obejmuje analizę potencjalnego ryzyka, jakie może nieść za sobą wprowadzenie na rynek nowej żywności. Odbywa się ona w oparciu o dostarczoną przez

wnioskodawcę specyfikację, przy uwzględnieniu skutków produkcji, posiadanego doświadczenia, charakterystyk adresatów, informacji żywieniowej, toksykologicznej oraz mikrobiologicznej. GIS decyduje on o tym, czy konieczna jest ocena dodatkowa [Lipińska, 2015].

Z uwagi na różnorodność nowej żywności i nowych składników żywności, ocena bezpieczeństwa odbywa się na podstawie indywidualnego studium przypadku (*case by case*), aby umożliwić dopasowanie do konkretnego produktu [Sokołowski, 2014]. I tak, jeżeli Komisja lub pozostałe państwa członkowskie nie zgłoszą sprzeciwu, i dodatkowo nie jest konieczne przeprowadzenie dodatkowej oceny, wnioskodawca może wprowadzać produkt do obrotu. Gdy wymagana jest dodatkowa ocena, konieczne jest wydanie zezwolenia na wprowadzenie nowej żywności. Zezwolenie zostaje przyjęte zgodnie z rozwiązaniami zaproponowanymi przez Komisję w ramach Stałego Komitetu ds. Łańcucha Żywnościowego i Zdrowia Zwierząt (*Standing Committee on the Food Chain and Animal Health*). Z badań wynika, że przeciętny czas oczekiwania na wydanie zezwolenia wynosi 39 miesięcy [Hermann, 2009]. Oczywisty jest fakt, że podmiot wprowadzający nową żywność na rynek musi spełnić wymogi dotyczące jej etykietowania. Producent jest obowiązany poinformować konsumenta o obecności w nowej żywności lub składniku żywności substancji, która nie występuje w istniejących już ich odpowiednikach, a która może mieć wpływ na zdrowie niektórych grup populacji.

W Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej opublikowano Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001. Powyższe rozporządzenie wchodzi w życie od dnia 1 stycznia 2018 r. Według tego opracowanego rozporządzenia, nowa żywność podlega swoistym procedurom oceny bezpieczeństwa i dopuszczenia do obrotu.

Na mocy tego Rozporządzenia Komisja wydaje zezwolenie na nową żywność i wpisuje ją do unijnego wykazu tylko wtedy, gdy żywność ta spełnia następujące warunki:

- żywność nie stwarza, w oparciu o dostępne dowody naukowe, ryzyka dla zdrowia ludzkiego;
- przeznaczenie żywności nie wprowadza konsumenta w błąd, w szczególności, jeżeli dana żywność przeznaczona jest do zastąpienia innej żywności, a nastąpiła znacząca zmiana wartości odżywczej;
- w przypadku, gdy żywność przeznaczona jest do zastąpienia innej żywności, nie różni się od tej żywności w taki sposób, by jej zwykłe spożycie było niekorzystne pod względem żywieniowym dla konsumenta.

Postępowanie w sprawie wydania zezwolenia na wprowadzenie nowej żywności na rynek w Unii i aktualizacji unijnego wykazu wszczyna się z inicjatywy Komisji lub na podstawie wniosku złożonego do Komisji przez wnioskodawcę. Komisja bezzwłocznie udostępnia ten wniosek państwu członkowskiemu. Wniosek o wydanie zezwolenia zawiera nazwę i adres wnioskodawcy, nazwę i opis nowej żywności, opis procesu lub procesów produkcji, szczegółowy skład nowej żywności. Konieczne jest dostarczenie dowodów naukowych, które wykazują, że nowa żywność nie stanowi zagrożenia dla zdrowia człowieka oraz w stosownych przypadkach, opis metody lub metod analizy. Ponadto niezbędne jest dołączenie propozycji warunków stosowania zgodnie z przeznaczeniem i szczególnych wymagań dotyczących etykietowania. Na żądanie Komisji Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wydaje opinię stwierdzającą, czy aktualizacja wprowadzająca nową żywność do obrotu może mieć wpływ na zdrowie człowieka. Komisja może zakończyć postępowanie na każdym jego etapie i postanowić o niedokonywaniu aktualizacji, jeżeli uzna, że taka aktualizacja nie jest uzasadniona, przy czym bezpośrednio informuje wnioskodawcę i wszystkie państwa członkowskie o powodach, dla których podjęła taką decyzję. Wykaz takich wniosków Komisja podaje do publicznej wiadomości. Do końca 2013 r. KE odnotowała 150 produktów mających status nowej żywności. Średnio rocznie jest rozpatrywanych 7-10 zgłoszeń.

Uważa się, że rozwój technologiczny i innowacje w branży spożywczej przyniosą wiele korzyści ekonomicznych i społecznych, a także przyczynią się do zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. Dzięki temu osoby mające indywidualne zapotrzebowanie na specyficzne składniki będą miały możliwość pokrycia tego zapotrzebowania przez dobranie odpowiednich produktów o żądanym składzie.

Według naukowców przemysł spożywczy posiada ogromny potencjał i razem z nutrigenomiką przyczyni się do rozwoju produkcji napojów i żywności, jako środków zapobiegawczych predysponowanych do konkretnej choroby, a stosowanych u indywidualnych osób, rodzin lub podgrup całej populacji ludzkiej. Oczywiście obecnie stosuje się już konkretne produkty spożywcze (m.in. środki specjalnego przeznaczenia żywieniowego) i tym samym diety w konkretnych jednostkach chorobowych tj. diety u pacjentów z celiakią czy fenyloketonurią. Ketogeniczne diety są już powszechnie stosowane do leczenia pacjentów z padaczką. Diety bogate w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe są wykorzystywane w żywieniu chorych z przewlekłymi chorobami zapalnymi, takimi jak zapalenie stawów, astma, zapalenie okrężnicy, toczeń, jak również pacjentów z chorobą wieńcową i nadciśnieniem tętniczym.

Znanych jest wiele różnych polimorfizmów genetycznych, które warunkują preferencje konsumenckie, bądź są związane z zwiększeniem zapotrzebowania na konkretny składnik pokarmowy.

Uważa się, że to, po jakie produkty sięga konsument jest uwarunkowane genetycznie. Odczuwanie gorzkiego smaku danego produktu zależy od tego, jak gorzkie związki w żywności wiążą się z receptorami odczuwającymi gorycz na języku. Okazuje się, że ludzie, którzy posiadają warianty genu smaku TAS2R (25% populacji), są bardzo wrażliwi na gorzki smak. Wykazano, że osoby z tym wariantem genu spożywały średnio 200 porcji warzyw mniej niż pozostali. Wynika z tego, że u osób, które posiadają gen TAS2R38 odczuwanie goryczy jest ekstremalne [Duffy, 2007].

Dysmutaza ponadtlenkowa (SOD) to enzym, który katalizuje reakcję neutralizacji wolnych rodników. Mutacja w genach SOD powoduje wiele poważnych zmian, a nawet śmierć organizmu w okresie embrionalnym. Osobom z taką odmiennością genetyczną proponuje się spożycie produktów bogatych w przeciwutleniacze, które zwiększają usuwanie wolnych rodników z organizmu, tj. karotenoidy (pomidory, marchew, kapusta), flawonoidy (grejpfrut, jabłka, cebula), polifenole (jagody, winogrona, czerwone wino), witaminę C (cytrusy i brokuły), witaminę E (olej z kielków pszenicy, orzechy i tran), czy warzywa kapustne.

Reduktaza metylenotetrahydrofolianowa (MTHFR) odgrywa kluczową rolę w metabolizmie homocysteiny. Polimorfizmy tego genu wpływają na metabolizm kwasu foliowego. Polimorfizmy 677C>T oraz 1298A>C genu MTHFR obniżają aktywność enzymu, co jest przyczyną podwyższenia poziomu homocysteiny w organizmie. 5-15% populacji ludzkiej posiada termolabilny wariant genu MTHFR. W przypadku takiej mutacji obserwuje się niski poziom folianów. Obecne normy spożycia folianów w diecie mogą być więc niewystarczające w przypadku 5-15% populacji.

Występowanie genu wrażliwości na sól to kolejny przykład, który jest związany z genami. U osób, u których występuje ten rodzaj polimorfizmu obserwuje się skłonność do rozwoju nadciśnienia i związanych z nim chorób.

Powolny metabolizm kofeiny, spowodowany jest konkretną zmiennością genetyczną. Regularne spożywanie kawy przez osoby będące homozygotami CYP1A2*1F, czyli osoby wolno metabolizujące kofeinę, zwiększa ryzyko nadciśnienia tętniczego i zawału serca nieprowadzącego do zgonu w porównaniu z nosicielami allelu CYP1A2*1A [Dworzański i in., 2011].

APOA 1 odgrywa ważną rolę w zwrotnym transporcie cholesterolu, przyczyniając się tym samym do obniżenia poziomu LDL. Wariant G/G tego polimorfizmu odpowiedzialny jest za brak normalnego działania kwasów omega 3 i 6, co może przyczynić się do wzrostu LDL.

Przemysł spożywczy jest zainteresowany nutrigenomiką/nutrigenetyką. Może ona bowiem umożliwić rozwój wymuszając konieczność wzbogacenia rynku o nowe produkty. Pojawi się nowa żywność – konkretne produkty dla konkretnych osób. Jest to jednak trudne zadanie. Cały proces rozpoczynać się musi identyfikacją polimorfizmów

genetycznych na podstawie badań genetycznych osoby, a dopiero ostatnim etapem będzie wprowadzanie do obrotu produktu spożywczego [Simopoulos, 2002].

Tu pojawiają się dodatkowo zagadnienia natury etycznej: kto powinien mieć dostęp do wyników uzyskanych z badań genetycznych, kto może je wykorzystać, czyje interesy muszą być chronione [Chadwick, 2004].

Nie ma więc wątpliwości, że rozwój genomiki żywieniowej obudził oczekiwania i wyobraźnię społeczeństwa odnośnie jej korzystnego oddziaływania w dziedzinie zdrowia publicznego, jak i indywidualnych pacjentów. Proponuje się więc nową żywność, czyli żywność przygotowaną dla pojedynczego pacjenta.

Jednakże równoległe z propagowaniem genomiki żywieniowej pojawia się niepewność, a nawet głosy sprzeciwu, związane z nutrigenetyką i nutrigenomiką. Uważa się, że również i nowa żywność stanowić może ryzyko nie tylko dla życia i zdrowia konsumenta, lecz także dla środowiska naturalnego. Może ona być bowiem zagrożeniem dla łańcucha pokarmowego i środowiska. Ta obawa spowodowana jest nadmiernym wykorzystywaniem rzadkich roślin i ziół egzotycznych, jako naturalnych matryc, co zdaniem niektórych doprowadzić może do wyniszczenia dzikich terenów i zasiedlenia nowych, co grozi z kolei nadmierną ekspansją gatunków obcych [Sokołowski, 2014]. Oczywiście takie negatywne skutki produkcji, stosowania i spożycia nowej żywności mogą ujawniać się w dłuższej perspektywie czasowej. Opierając się na dowodach naukowych obecnie nie jest się w stanie jednoznacznie potwierdzić lub zaprzeczyć pełnego bezpieczeństwa nowej żywności. Spożywanie jej może narazić organizm na kontakt ze znacznie większą ilością i różnorodnością antygenów niż przy tradycyjnych pokarmach. To znacznie przyczynić się może do podwyższenia ryzyka wystąpienia reakcji alergicznych. Uważa się bowiem, że wprowadzenie nowych substancji lub białek pochodzących z alternatywnych źródeł do łańcucha pokarmowego i diety człowieka, może spowodować całkiem nowe przypadki alergii.

Ponadto uważa się, że nowa żywność może nieść za sobą potencjalne zagrożenie w postaci zanieczyszczeń, takich jak: metale ciężkie, mykotoksyny, pozostałości pestycydów oraz patogeny.

Niestety pomimo szczegółowych analiz, nie jest możliwe przewidzenie wszystkich potencjalnych skutków zdrowotnych związanych ze spożywaniem nowej żywności.

Pomyślnie wprowadzenie nowej żywności w diecie indywidualnego osobnika będzie zależało całkowicie od tego, czy żywność ta pasuje do jego istniejących preferencji. Tak więc jasnym jest, że genomika żywieniowa będzie się rozwijać i dostarczać korzyści tylko wtedy, gdy będą na rynku produkty, które będą przynosić korzyści konsumentom, w tym będą zaspokajać ich preferencje [Kaput, 2004].

Interdyscyplinarne podejście zawierające i szukające korelacji pomiędzy dietą, zmianami środowiskowymi, jak i predyspozycjami genetycznymi stało się podstawą do wyznaczania obecnych trendów i kierunku rozwoju nauk o żywności.

Przewiduje się, iż w niedalekim czasie techniki „omics” będą miały ogromny wpływ nie tylko na samo żywienie, ale również, a może przede wszystkim, na projektowanie i produkcję żywności.

Póki co, nutrigenomika może być uznana jako jedna wspólna idea przyświecająca wprowadzaniu nowej żywności na rynek.

Literatura

1. Chadwick R. Nutrigenomics, individualism and public health. *Proc Nutr Soc.* 2004 Feb;63(1):161-6.
2. Duffy V.B. Variation in oral sensation: implications for diet and health. *Curr. Opin. Gastroenterol.*, 2007, 23(2), 171-177.
3. Dworzański W., Burdan F., Szumiło M., Jaskólska A., Anielska E. Kawa i kofeina – wrogowie czy sprzymierzeńcy kardiologii? *Kardiologia Polska*, 2011, 69(2), 173-176.
4. Hermann M. The impact of the European Novel Food Regulation on trade and food innovation based on traditional plant foods from developing countries. *Food Policy*, 2009, 34, 499-507.
5. Kaput J., Rodriguez L.R. (2004). Nutritional genomics: the next frontier in the postgenomic era. *Physiol. Genomics*, 16, 166-177.
6. Lipińska I. Ryzyko innowacyjne w produkcji żywności – aspekty prawne i ekonomiczne Stowarzyszenie rolnictwa i agrobiznesu. *Roczniki Naukowe XVII* 1, 129-134
7. Müller M., Kersten S. Nutrigenomics: goals and strategies. *Nat Rev Genet.* 2003 Apr;4(4):315-22.
8. Panczyk M. Nutrigenetyka i nutrigenomika – zastosowanie technologii „omics” w optymalizacji żywienia człowieka. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism*, 2013, 19, 2, 70-77.
9. Rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady z 27 stycznia 1997 r. dotyczące nowej żywności i nowych składników żywności, *Dz. Urz. UE L* 1997, nr 43, poz. 1 (dalej jako: rozporządzenie nr 258/97).
10. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001.
11. Simopoulos A.P. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: The epidemiological evidence. *Environ Health Prev Med.* 2002 Jan; 6(4):203-9. doi: 10.1007/BF02897971.
12. Sokołowski Ł.M. Z prawnej problematyki nowej żywności. *Przegląd Prawa Rolnego*, 2014, 1(14) 213-227.
13. Tawheed A., Hemanta M., Suman V.B., Gulleria S.P.S. Application of Nutrigenomics in Food Industry: A Review. *Indian Horticulture Journal*, 2012, 2(3-4): 54-59.

MONITORING ZAFALSZOWAŃ ŻYWNOSCI

Streszczenie

Falszowanie żywności należy do dość powszechnych praktyk stosowanych przez producentów. Wśród przyczyn tego procederu wymienia się między innymi wysokie koszty produkcji oraz poszukiwanie oszczędności w zakładach produkcyjnych. Zafałszowania dotyczą przede wszystkim zmian w składzie ilościowym i jakościowym produktu, a także umieszczania na opakowaniach i etykietach nieprawdziwych informacji o towarach. Dodatkowo należy pamiętać, iż cena takich towarów jest stosunkowo niska. Dlatego też w celu ochrony konsumentów przed nieuczciwymi praktykami producentów żywności, działają jednostki sprawujące nad nimi nadzór. Są to między innymi Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS), której zadaniem jest ochrona konsumentów przed nieprawidłowościami w zakresie produkcji i obrotu artykułami rolno-spożywczymi.

Celem pracy było przedstawienie danych z przeprowadzonych urzędowych kontroli przez IJHARS z zakresu zafałszowań żywności w latach 2011-2013, które pobrano z oficjalnej strony internetowej Jednostki (www.ijhar-s.gov.pl).

Uzyskane dane pozwoliły na stwierdzenie, że największą liczbę planowanych kontroli przeprowadzono w roku 2011 (7301). Wśród artykułów rolno-spożywczych kwestionowanych ze względu na cechy organoleptyczne, właściwości fizykochemiczne i oznakowanie w poszczególnych latach, znalazły się: w roku 2011 przetwory owocowo-warzywne i z mięsa czerwonego, w 2012 – majonezy, sosy majonezowe, przetwory rybne, owocowo-warzywne oraz mięso drobiowe i przetwory z tego mięsa, a także napoje bezalkoholowe, a w 2013 – makarony i przetwory owocowe.

IJHARS skontrolowała również żywność w obrocie z zagranicą, w rezultacie czego wzrosła liczba zakazów wprowadzania do obrotu artykułów rolno-spożywczych przywożonych lub eksportowanych do innych krajów.

Przeprowadzone kontrole w zakresie jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych na terenie Małopolski obejmowały najczęściej takie nieprawidłowości jak: skład towaru, złe oznakowanie w następujących produktach: kiełbasa (2011 rok), przetwory owocowo-warzywne (2012 i 2013 rok), jaja, makarony oraz słodczyce (2013 rok). Na ich podstawie zostały wydane decyzje dotyczące zafałszowań.

Wprowadzenie

Wymagania i zasady prawa żywnościowego są zawarte w Rozporządzeniu (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego (powołującym Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) [Rozporządzenie...2002]. Ich nadrzędnym celem jest, m.in. zapobieganie nieuczciwym praktykom stosowanym przez producentów żywności, polegających na zafałszowaniu artykułów żywnościowych, a zatem oszukiwaniu konsumentów. Również Ustawa o Bezpieczeństwie Żywności i Żywienia definiuje pojęcie „środka spożywczego zafałszowanego” – czyli towaru w składzie którego dokonano zmian, a nie poinformowano o nich konsumenta [Kołodziejczyk i Kowrygo, 2008].

Niestety zafałszowania żywności to bardzo częste praktyki stosowane przez producentów, którzy je stosują z uwagi na obniżenie kosztów produkcji, a tym samym zwiększenie zysków [Kafel, 2011]. Wykorzystują oni coraz nowsze i doskonalsze metody tuszowania nieprawidłowości obejmujących żywność.

Wśród zafałszowań najbardziej powszechne wymienia się metody ilościowe dotyczące zmiany składu produktu na drodze zmniejszenia, bądź zwiększenia ilości danego składnika. Natomiast jakościowe dotyczą nie podawania przez producenta informacji na etykiecie na temat składników, które zostały wprowadzone podczas produkcji. Z kolei nieprawidłowości w zakresie złego oznakowania to niewłaściwe informacje o pochodzeniu produktu lub terminie przydatności do spożycia [Sójka, 2008; Sawicki, 2009]. Wśród powszechnych praktyk wymienia się między innymi zastępowanie droższego składnika tańszym [Targoński i Stój, 2005].

Do najczęściej fałszowanych produktów zalicza się między innymi: herbatę, kawę, mięso i produkty mięsne, miody, mleko i przetwory mleczne, napoje alkoholowe, oleje roślinne, soki owocowe i przetwory owocowe [Kubiak, 2005; Śmiechowska, 2013].

Ponieważ problem identyfikacji zafałszowań żywności powinien być ściśle związany z jakością handlową, dlatego też IJHARS podejmuje zadania Ustawy z dnia 21 grudnia 2000 roku o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych podając konsumentom do wiadomości informacje o stwierdzonych nieprawidłowościach dotyczących kontrolowanych artykułów. Zgodnie z założeniami ustawy: „jakość handlowa to cechy artykułu rolno-spożywczego dotyczące jego właściwości organoleptycznych, fizykochemicznych i mikrobiologicznych w zakresie technologii produkcji, opakowania, prezentacji i oznakowania, nieobjęte wymaganiami sanitarnymi, weterynaryjnymi lub fitosanitarnymi” [Kołodziejczyk i Kowrygo, 2008].

Celem pracy było przedstawienie danych uzyskanych podczas urzędowych kontroli przez IJHARS dotyczących zafałszowania żywności w latach 2011-2013.

Material i metodyka

Dane wykorzystane w pracy pochodziły z oficjalnej strony internetowej Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, które były wynikiem przeprowadzonych urzędowych kontroli tej Jednostki: www.ijhar-s.gov.pl

W materiałach ujęto następujący zakres danych:

- wyniki planowanych kontroli jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych za lata 2011-2013,
- wyniki doraźnych kontroli jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych zleconych przez Głównego Inspektora za lata 2012-2013,
- wyniki doraźnych kontroli jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych zleconych przez Wojewódzkich Inspektorów za lata 2012-2013,
- wyniki kontroli jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych w obrocie z zagranicą za lata 2011-2013,
- decyzje administracyjne dotyczące zafalszowań artykułów rolno-spożywczych w województwie małopolskim za lata 2011-2013.

Dane w zakresie planowych kontroli przeprowadzonych przez Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych szczegółowo zweryfikowano pod kątem cech organoleptycznych, oznakowania oraz parametrów fizykochemicznych różnych grup artykułów rolno-spożywczych.

Zafalszowania żywności zidentyfikowane w wyniku planowych i doraźnych kontroli IJHARS

Na przestrzeni trzech lat Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych przeprowadziła łącznie 19520 planowych i 4925 doraźnych kontroli grup towarów w zakresie jakości handlowej (Tab. 1). W trakcie tych inspekcji zweryfikowano między innymi: oznakowanie, zgodność procesu produkcji ze specyfikacją produktów, punkty specjalizujące się w rolnictwie ekologicznym, stan miejsca chowu i tuczu gęsi owsianej, certyfikację chmielu i produktów chmielowych, zwolnienia z obowiązku znakowania jaj przeznaczonych do przetwórstwa.

Analiza danych pozwoliła na stwierdzenie, iż wśród produktów żywnościowych, które zostały zakwestionowane w największym stopniu pod względem cech organoleptycznych należały: miód, makaron oraz przetwory mleczne (Tab. 2). Nieprawidłowości dotyczyły nieodpowiedniej konsystencji, smaku oraz barwy, a w przypadku makaronu wygląd był niezgodny z deklaracją producenta (zarówno przed, jak i po obróbce termicznej). Natomiast w 5,9% produktów mlecznych. Inspekcja dodatkowo wskazała wątpliwości między innymi co do oczkowania serów i stopnia wygniecenia masła. Dodatkowo w 2011 i 2012 roku wykryto nieprawidłowości w przetworach z mięsa drobiowego, rybnych oraz owocowo-warzywnych, a tylko

w drugim roku kontroli w przyprawach. Przeprowadzone wyniki inspekcji wykazały zastrzeżenia dotyczące złej jakości mięsa drobiowego – przebarwienia, różnego typu zaczerwienienia skóry i resztki piór. Natomiast ryby charakteryzowały się nieświeżym zapachem, a barwa przypraw cechowała się niejednolitym kolorem i uszkodzeniem liści.

Tabela 1. Liczba urzędowych kontroli jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych na rynku krajowym przeprowadzonych w trybie doraźnym i planowym przez IJHARS w latach 2011-2013

Rodzaj przeprowadzanej kontroli	Liczba przeprowadzonych kontroli		
	Rok		
	2011	2012	2013
Kontrole planowe Głównego Inspektora JHARS	7301	5866	6353
Kontrole doraźne Wojewódzkich Inspektorów JHARS	1180	1502	1492
Kontrole doraźne Głównego Inspektora JHARS	309	151	291
Kontrole w ramach rozpatrzenia skarg konsumentów	138	-	-

Źródło www.ijhar-s.gov.pl

Tabela 2. Najczęściej kwestionowane partie grup towarowych w zakresie cech organoleptycznych towarów żywnościowych w wyniku kontroli planowych przeprowadzonych w latach 2011-2013 (%)

Produkt	Rok			Łącznie
	2011	2012	2013	
Przetwory mleczne	3,8	2,1	-	5,9
Mięso drobiowe	2,3	2,9	-	5,2
Przetwory rybne	2	2,3	-	4,3
Przetwory owocowo-warzywne	1,1	1,8	-	2,9
Przetwory z mięsa czerwonego	0,3	-	-	0,3
Przyprawy	-	4,5	-	4,5
Koncentraty spożywcze	-	2,7	-	2,7
Napoje bezalkoholowe	-	3,4	-	3,4
Majonezy i sosy majonezowe	-	1,8	-	1,8
Miód	-	-	7,3	7,3
Makaron	-	-	6,0	6,0
Jaja	-	-	1,8	1,8
Przetwory owocowe	-	-	2,1	2,1

Opracowanie własne na podstawie danych IJHARS

Z kolei najczęściej budzącymi wątpliwości towarami rolno-spożywczymi w zakresie parametrów fizykochemicznych we wszystkich latach były przetwory mleczne oraz przetwory z mięsa czerwonego (Tab. 3). Również makaron należał do

grupy produktów, w których (łącznie w prawie 46% partii) wykryto zawyżoną bądź też zaniżoną zawartość tłuszczu, tak jak we wcześniejszych produktach. Dla przetworów owocowych typu: dżemy, konfitury, galaretki, marmolady, powidła śliwkowe szczegółowe wymagania reguluje rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej. Natomiast dla produktów typu: owoce południowe w zalewie oraz przetworów warzywnych (koncentrat pomidorowy, sałatka warzywna oraz konserwy warzywne, np. ogórki konserwowe) ze względu na brak uregulowań w tym zakresie, to oznakowanie jest deklaracją producenta o produkcie (np. odnoszące się do przywołanej normy czy specyfikacji jakościowej), a także rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych.

Tabela 3. Najczęściej kwestionowane partie grup towarowych w zakresie cech fizykochemicznych towarów żywnościowych w wyniku kontroli planowych przeprowadzonych w latach 2011-2013 (%)

Produkt	Rok			Łącznie
	2011	2012	2013	
Makaron	27,4	-	18,5	45,9
Przetwory mleczne	17,7	12,9	16,8	47,4
Pieczycwo półcukiernicze	17,6	-	-	17,6
Przetwory z mięsa czerwonego	16,9	20,9	19,2	57,0
Przetwory owocowo-warzywne	13,3	11,7	-	25,0
Napoje bezalkoholowe	-	21,1	-	21,1
Miód	-	20	-	20,0
Przetwory z mięsa drobiowego	-	18,5	21,8	40,3
Piwo	-	17,2	-	17,2
Majonezy i sosy majonezowe	-	16,4	-	16,4
Wyroby garmażeryjne	-	14,9	-	14,9
Przetwory rybne	-	13,1	-	13,1
Soki i nektary	-	10,3	-	10,3
Przetwory owocowe	-	-	30,1	30,1
Fermentowane napoje winiarskie	-	-	24,6	24,6

Opracowanie własne na podstawie danych IJHARS

Ocena fizykochemiczna przetworów owocowo-warzywnych wykonana w latach 2011-2012 potwierdziła niezgodność z zadeklarowaną przez producenta: masą, kwasowością oraz ilością ekstraktu ogólnego, a w 2012 r. w napojach alkoholowych zakwestionowano obecność konserwantów: kwasu sorbowego i benzooesowego (ponadto partia cechowała się różną – niezgodną z deklaracją producenta kwasowością). Dlatego też stwierdzenie nieprawidłowości typu zawyżona lub zaniżona, a także nie zadeklarowana zawartość składnika, mogące wpłynąć na

wartość odżywczą produktu można uznać jako „zafałszowanie” [Kołodziejczyk i Kowrygo, 2008]. Dodatkowo w przetworach mlecznych również odnotowano niezgodną kwasowość oraz zawartość wody, a kontrola mięsa czerwonego wykazała obecność substancji konserwujących i podwyższających wodochłonność, a także obniżoną zawartość białka, obecność surowców sojowych, skrobi oraz substancji więprzowych. Wyniki te sugerują zafałszowania produktów zarówno mlecznych, jak i z mięsa czerwonego, gdyż wskazują na zmiany wartości odżywczej. Należy zauważyć, iż często stosowaną praktyką w przypadku przetworów mlecznych, np. masła jest zawyżanie zawartości wody, co adekwatnie wpływa na zmniejszenie udziału tłuszczu mlecznego [Ustawa...2006; Kołodziejczyk i Kowrygo, 2008].

Mięso i przetwory mięsne to jedna z najczęściej fałszowanych przez producentów grup produktów spożywczych. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 lipca 2007 r. w sprawie znakowania środków spożywczych jasno precyzuje pojęcie mięsa jako składnika produktu oraz szczegółowych zasad podawania informacji o produkcie na etykiecie. Natomiast oznakowanie zdecydowanie największe kontrowersje budziło w przypadku przetworów z mięsa czerwonego, ryb i makaronów (Tab. 4).

Tabela 4. Najczęściej kwestionowane partie grup towarowych w zakresie znakowania towarów żywnościowych w wyniku kontroli planowych przeprowadzonych w latach 2011-2013 (%)

Produkt	Rok			Łącznie
	2011	2012	2013	
Syropy owocowe	48,1	29,2	-	77,3
Makarony	47,6	-	47,6	95,2
Wyroby czekoladowe	37,3	-	-	37,3
Przetwory owocowo-warzywne	37,1	-	-	37,1
Przetwory z mięsa czerwonego	35,2	47,2	33,8	116,2
Kawa	34,5	-	-	34,5
Przetwory rybne	31,3	26,4	37,4	95,1
Koncentraty spożywcze	-	50,6	-	50,6
Majonezy i sosy majonezowe	-	44,8	-	44,8
Oleje roślinne	-	40	-	40,0
Napoje alkoholowe	-	40	-	40,0
Piwo	-	32,8	-	32,8
Wyroby garmazeryjne	-	31,8	37,2	69,0
Przyprawy	-	30,2	-	30,2
Przetwory z mięsa drobiowego	-	28,8	-	28,8
Pieczywo	-	28,3	-	28,3
Napoje bezalkoholowe	-	35,2	-	35,2
Wyroby cukiernicze	-	26,8	-	26,8
Przetwory owocowe	-	-	31,9	31,9

Opracowanie własne na podstawie danych IJHARS

Zastrzeżenia przede wszystkim dotyczyły: braku informacji na etykiecie o wszystkich składnikach użytych do produkcji, w szczególności alergenów, wody, soli, aromatów, dozwolonych substancji dodatkowych, octu. W roku 2011 wykazano przede wszystkim błędy w zakresie znakowania syropów owocowych, wśród których zakwestionowano aż 48,1% partii. Producenci celowo wprowadzali w błąd konsumentów, sugerując, iż wyprodukowali syrop tylko i wyłącznie z soku owocowego i cukru, podczas gdy do jego wytworzenia używali substancji dodatkowych, nadając mu jednocześnie nazwę: 'Syrop truskawkowy', zamiast prawidłowej „Syrop o smaku truskawkowym”. W 2012 w 50% próbek koncentratów spożywczych na etykietach zawarto informacje „bez dodatku konserwantów”, z kolei, aż prawie 45% ocenianych partii majonezów i sosów majonezowych na etykietach nie posiadało danych na temat dodatków obecnych w składzie produktów. W 37,2% prób analizowanych w 2013 roku makaronów, na etykietach zamieszczono informacje „domowy”, pomimo faktu, iż do produkcji zastosowano dodatki typu aromaty, barwniki i inne substancje wzmacniające, które dyskwalifikują produkt do używania takiej nazwy oraz, że został wyprodukowany na nowoczesnej linii produkcyjnej. Również skontrolowane partie makaronów nie posiadały odpowiednich danych na opakowaniach w zakresie ilości składnika jajecznego, choć producent deklarował, że produkuje „makaron jajeczny” (Tab. 4). Dlatego też, jak donoszą Kołodziejczyk i Kowrygo [2008], jeżeli dokonano zmian w zakresie nazwy, receptury, daty przydatności do spożycia lub w jakikolwiek inny sposób nieodpowiednio oznaczono produkt spożywczy, można uznać, że jest on środkiem spożywczym zafałszowanym.

Poza planowymi kontrolami, na zlecenie Głównego lub Wojewódzkich Inspektorów przeprowadzane są, tzw. doraźne kontrole, które również pozwalają na wykrycie i identyfikację nieprawidłowości w towarach poddanych kontroli w zakresie jakości handlowej.

Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, iż w 2012 r. niecałe 10% wszystkich poddanych kontroli jakości partii towarów posiadało nieprawidłowości w zakresie cech organoleptycznych (były to między innymi: przetwory mleczne, z mięsa czerwonego oraz pieczywo). Nieścisłości w zakresie parametrów fizykochemicznych podczas kontroli doraźnych dotyczyły przede wszystkim następujących grup produktów: tłuszcze do smarowania, przetwory z mięsa czerwonego, kiełbasy grillowane, grzyby, przetwory owocowo-warzywne, garmażeryjne przetwory mleczne i ziemniaczane, pieczywo oraz koncentraty spożywcze. Ostatnią cechą jaką brano pod ocenę było oznakowanie, przy czym zastrzeżenia odnotowano w towarach: miody pitne, kiełbasa biała, przetwory mięsne i mleczne.

Wybrane przykłady zafalszowań artykułów rolno-spożywczych w województwie małopolskim

Na podstawie art. 29 Ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych z dnia 21 grudnia 2000 roku z późn. zm. przeprowadzone kontrole na terenie województwa małopolskiego spowodowały wydanie decyzji dotyczących nieprawidłowości w następujących produktach żywnościowych:

- w produkcie „cytryny z rumem” w zakresie oznakowania, w którym producent zadeklarował wyższą o 9 g w porównaniu do stwierdzonej masę netto produktu. Ponadto na etykiecie brak było informacji o dodatkowych składnikach konserwujących – dwutlenku siarki (27 mg/kg). Jednocześnie stwierdzono zastrzeżenia w stosunku do artykułu „cytryna w syropie cynamonowym” – zaniżenie masy netto o 6 g, a także użycie dwutlenku siarki – co jest niezgodne z art. 4 ust. 1 ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych (Dz.U. z 2005 r., Nr 187, poz. 1577 z późn. zm);
- bezprawne wydłużenie przez producentów daty minimalnej trwałości dżemów, pomimo braku badań (niezgodne z art. 6 ust. 2 ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych Dz.U. z 2005 r., Nr 187, poz. 1577 z późn. zm.);
- niezgodne oznakowanie jaj polegające na wydłużeniu ich trwałości poprzez użycie niewłaściwych słów – zamiast „nie więcej niż 28 dni po zniesieniu” widniała informacja „33 dni od daty zniesienia” (niezgodne z art. 4 ust. 1 ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych (Decyzje IJHARS, 2011-2013).

Urzędowe kontrole dotyczące jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych w obrocie z państwami Unii Europejskiej

Oprócz identyfikacji zafalszowań żywności na terenie kraju, IJHARS sprawuje nadzór nad jakością produktów żywnościowych w obrocie z państwami Unii Europejskiej, a także krajami trzecimi. Dotyczy on zarówno produktów importowanych, jak i owoców i warzyw przeznaczonych na eksport oraz towarów znajdujących się w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 stycznia 2013 r. w sprawie wykazu artykułów rolno-spożywczych przywożonych z zagranicy oraz ich minimalnych ilości podlegających kontroli jakości handlowej (Dz. U. 2013 r. poz. 174). Miejscem kontroli najczęściej jest przejście graniczne bądź oddział WIJHARS.

Od roku 2011 liczba kontroli towarów importowanych i eksportowanych systematycznie rośnie, czego rezultatem jest wzrost wydawanych zakazów wprowadzania do obrotu produktów żywnościowych. W pierwszym roku objętym analizą nie dopuszczono do obrotu 1653,1 ton cytryn sprowadzonych z Maroko oraz

72,563 ton świeżych owoców i warzyw (marchew, kapusta czerwona i biała, przeznaczonych na eksport do Mołdawii, Rosji, Norwegii, a także na Ukrainę). Natomiast w 2013 roku łączna liczba zakazów wyniosła 88. Główne wykazane nieprawidłowości będące przyczyną wydania decyzji zakazujących handlu żywnością były: obecności zanieczyszczeń i żywych szkodników, nieodpowiednie oznakowanie, niezgodna z podaną przez producenta zawartość składników, występowanie pleśni, przebarwień, zanieczyszczeń mineralnych, nieodpowiednie cechy organoleptyczne, nieprawidłowa temperatura podczas transportu artykułów mrożonych (Raporty roczne 2011-2013).

W sytuacji niedopełnienia formalności ustalonych w przepisach o jakości handlowej lub zadeklarowanych przez producenta, wojewódzki inspektor JHARS podejmuje decyzję administracyjną zakazującą wprowadzenia kontrolowanego artykułu rolno-spożywczego do obrotu. Decyzja podlega rygorowi natychmiastowej wykonalności.

Podsumowanie

Przemysł spożywczy to jedna z najpotężniejszych gałęzi przemysłu. Dlatego też producenci żywności często dążą, aby produkcja odbywała się jak najtańszym kosztem, w szczególności poprzez niedozwolone zmiany w składzie surowców produktów spożywczych. Tego typu modyfikacje wpływają na wartość odżywczą żywności, co w konsekwencji prowadzi do dostarczania konsumentowi zafałszowanej żywności.

Wśród artykułów rolno-spożywczych poddanych kontroli pod kątem jakości handlowej, niezgodne wyniki oceny organoleptycznej i fizykochemicznej oraz nieprawidłowe oznakowanie stwierdzono między innymi w takich produktach jak: przetwory owocowo-warzywne, produkty z mięsa czerwonego, majonezy i sosy majonezowe, przetwory z mięsa drobiowego, napoje bezalkoholowe, makarony i przetwory owocowe.

Prace zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

1. Kafel P. Certyfikat a fałszowanie żywności. *Problemy Jakości*, 2011, 43, 12, 42-45.
2. Kołodziejczyk M., Kowrygo B. Urzędowe kontrole zafałszowań środków spożywczych w świetle obowiązującego prawa żywnościowego. *Problemy Rolnictwa Światowego*, 2008, 5(20), 23-32.
3. Kubiak A. Nowoczesne metody badań autentyczności produktów spożywczych i regionu pochodzenia. *Przemysł Spożywczy*, 2005, 5, 34-36.
4. Sawicki W. Fałszowanie żywności od czasów starożytnych do dziś. *Przemysł Spożywczy*, 2009, 63, 12, 2-6.
5. Sójka M. Fałszowanie artykułów rolno-spożywczych, Konferencja ZPPM AgroTrendy, 2008.
6. Śmiechowska M. Autentyczność jako kryterium zapewnienia jakości żywności. *Ann. Acad. Med. Gedan*, 2013, 43, 175-181.

7. Targoński Z., Stój A. Zafałszowania żywności i metody ich wykrywania. Przemysł Spożywczy, 2000, 54, 06, 9-11.
8. Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności.
9. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie wykazu artykułów rolno-spożywczych przywożonych z zagranicy oraz ich minimalnych ilości podlegających kontroli jakości handlowej z dnia 18 stycznia 2013 roku. Dz. U. 2013, poz. 174.
10. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej dżemów, konfitur, galaretek, marmolad, powideł śliwkowych oraz słodzonego przecieru z kasztanów jadalnych. Dz. U. 2003, nr 143, poz. 1398.
11. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 września 2008 roku w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Dz. U. 2008, nr 177, poz. 1094.
12. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 lipca 2007 roku w sprawie znakowania środków spożywczych. Dz. U. 2007, nr 137, poz. 966.
13. Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia z dnia 25 sierpnia 2006 r. Dz. U. 2006, nr 171, poz. 1225., z późn. zm.
14. Ustawa o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych z dnia 21 grudnia 2000 roku. Dz. U. 2000, nr 5, poz. 44., z późn. zm.
15. Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych z dnia 15 września 2005 roku. Dz. U. z 2005, nr 187, poz. 1577 z późn. zm
16. <http://www.ijhar-s.gov.pl/>
17. Decyzje dotyczące zafałszowań artykułów rolno-spożywczych – w województwie małopolskim: <http://www.ijhar-s.gov.pl/index.php/art-29wojewodztwo/6/html>
18. Raporty roczne z działalności IJHARS. Sprawozdania roczne 2013. [http://www.ijhar-s.gov.pl/pliki/A-pliki-z-glownego-katalogu/ethernet/2014/maj/Sprawozdanie roczne 2013.pdf](http://www.ijhar-s.gov.pl/pliki/A-pliki-z-glownego-katalogu/ethernet/2014/maj/Sprawozdanie%20roczne%202013.pdf)
19. Raporty roczne z działalności IJHARS. Sprawozdanie roczne 2012. [http://www.ijhar-s.gov.pl/pliki/A-pliki-z-glownego-katalogu-/ethernet/2013/SME/Sprawozdanie roczne 2012.pdf](http://www.ijhar-s.gov.pl/pliki/A-pliki-z-glownego-katalogu-/ethernet/2013/SME/Sprawozdanie%20roczne%202012.pdf)
20. Raporty roczne z działalności IJHARS. Sprawozdanie roczne 2011. [http://www.ijhar-s.gov.pl/pliki/A-pliki-z-glownego-katalogu/ethernet/2013/BKW/GIJHARS Sprawozdanie roczne za 2011.pdf](http://www.ijhar-s.gov.pl/pliki/A-pliki-z-glownego-katalogu/ethernet/2013/BKW/GIJHARS%20Sprawozdanie%20roczne%20za%202011.pdf)

PROJEKT NOWEGO PRODUKTU Z DODATKIEM NASION CHIA (*SALVIA HISPANICA* L.) JAKO SKŁADNIKA ŻYWNOŚCI BIOAKTYWNEJ

Streszczenie

Nasiona Chia (*Salvia hispanica* L.) należą do roślin oleistych zawierających około 35% tłuszczu i są bogate w białko, błonnik, składniki mineralne, witaminy i polifenole. Uważa się, że skład ten może przyczynić się do pozytywnego wpływu na zdrowie, a jednocześnie, nasiona użyte do produkcji żywności, mogą urozmaicić aktualny rynek o nowy asortyment bioaktywnej żywności. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu dodatku nasion chia na potencjał przeciwutleniający i zawartość polifenoli w nowo opracowanych batonach zbożowych. Składniki użyte do przygotowania batonów zostały zakupione w lokalnych sklepach, z minimum trzymiesięcznym terminem przydatności do spożycia. Wszystkie analizy przeprowadzono w 3 powtórzeniach według obowiązujących metodyk. Stwierdzono, że nasiona chia, użyte jako składnik recepturowy nowo opracowanych batoników zbożowych, wpłynęły na zawartość polifenoli ogółem oraz aktywność przeciwutleniającą prób. Nie zaobserwowano wzrostu zawartości polifenoli w produktach z dodatkiem nasion chia, co wynikało z mniejszego udziału procentowego m.in. żurawiny. Jednocześnie stwierdzono wzrost aktywności przeciwutleniającej mierzonej testami z DPPH oraz ABTS dla prób doświadczalnych z chia. Zarówno aktywność przeciwutleniająca, jak również zawartość polifenoli ogółem zależała od użytego rozpuszczalnika i była największa dla ekstraktu acetonowego, a najmniejsza dla wodnego. Zastosowanie nasion chia jako składników batoników zbożowych może urozmaicić dotychczasowy rynek przekąsek w produkty zawierające ziarna dotychczas mało znane i stosowane na polskim rynku.

Wprowadzenie

Obecnie poszukuje się nowych rozwiązań dotyczących produkcji żywności – jej udoskonalania, wzbogacania w składniki zawierające wysoki poziom substancji odżywczych, korzystnie wpływających na stan odżywienia organizmu. Często produkty znane od tysiącleci, są na nowo odkrywane i doceniane, a ich korzystne właściwości wykorzystuje się w przygotowywaniu innowacyjnych produktów. Jednym z takich surowców są nasiona chia – nasiona szałwii hiszpańskiej. Szałwia hiszpańska (*Salvia hispanica* L.), jest rośliną należącą do rodziny jasnotowate (Lamiaceae) [Ciftci i in.,

2012; Martínez-Cruz i in., 2014]. Nasiona chia są małe, jasne i ciemne, o owalnym kształcie i wymiarach ok. $2,0 \times 1,5$ mm. Istnieje niewielka różnica pomiędzy ziarnami jasnymi a ciemnymi - białe są zazwyczaj niewiele większe od ciemnych [Ayerza, 2010]. Nasiona chia są bogate w składniki odżywcze takie jak białko, kwasy tłuszczowe (omega-3 i omega-6), błonnik pokarmowy, antyoksydanty, składniki mineralne i witaminy – zawierają witaminy z grupy B, D i E. Wykazano, że chia charakteryzują się dużym stężeniem niektórych polifenoli m.in. takich jak kwas kawowy, chlorogenowy, mirycetyna, kwercetyna i kempferol [Guindani i in., 2016].

Obecnie nasiona chia mają zastosowanie jako zdrowy dodatek w żywieniu zarówno ludzi, jak i zwierząt. Głównie jednak spożywa się olej wydobyty z nasion, poprzez jego włączenie do wyrobów cukierniczych, piekarskich czy suplementów [Martínez-Cruz i in., 2014]. Całe nasiona są spożywane na surowo lub w postaci napojów, płatków śniadaniowych, przyrządza się sosy sałatkowe z ich udziałem, wykorzystuje się też kielki jako dodatek do sałatek [Pintado i in., 2016]. Zastosowanie to dotyczy jednak w szczególności krajów takich jak USA, Kanada, Chile, Australia, Nowa Zelandia i Meksyk, a rzadko krajów Europy [Ciftci i in., 2012]. Mimo wszystko w literaturze naukowej mało jest doniesień na temat konkretnych zastosowań w żywności. W związku z tym w pracy opracowano innowacyjny produkt – batonik z nasionami chia, których zawartość może przyczynić się do pozytywnego wpływu na zdrowie.

Materiały i metody

Materiał

Składniki użyte do przygotowania batonów z minimum trzymiesięcznym terminem przydatności do spożycia, zostały zakupione w lokalnych sklepach. Należały do nich: ziarna chia (kraj pochodzenia: Argentyna), ekspandowane ziarna amarantusa („Dobra kaloria”), sezam („Sante” Warszawa), suszona żurawina („Kresto” sp. z o. o., Skierniewice), wiórki kokosowe („Kresto” sp. z o. o., Skierniewice), syrop z agawy (Sunny bio, Michaund, Francja). Wszystkie rozpuszczalniki i odczynniki wykorzystane w badaniach były o czystości analitycznej. 2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl (DPPH), kwas 6-hydroksy-2,5,7,8-tetrametylchroman-2-karboksylowy (Troloks) i odczynnik Folina-Ciocalteu nabyto w firmie Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Pozostałe odczynniki zakupiono w Merck (Darmstadt, Niemcy) i POCH (Gliwice, Polska).

Przygotowanie batoników

Skład recepturowy batoników opracowano doświadczalnie w laboratorium, a próby do analiz przygotowano zgodnie z recepturą wymienioną w tabeli 1. Próbę kontrolną (A) stanowił batonik, w którym nie użyto nasion chia do produkcji, natomiast w próbie B i C chia stanowiły odpowiednio 7% i 10% składu recepturowego mieszanki. Składniki

recepturowe łączono na zimno w misce, a następnie formowano w batony o gramaturze 23 g. Batoniki wypiekano w piekarniku w temperaturze 150°C przez 15 minut, a następnie chłodzono i przechowywano w temperaturze pokojowej.

Tabela 1. Skład recepturowy batoników z dodatkiem nasion chia

Składniki	Próba A		Próba B		Próba C	
	[g/100 g]	[g/23 g] porcja	[g/100 g]	[g/23 g] porcja	[g/100 g]	[g/23 g] porcja
Ziarna amarantusa	18,75	4,3	15,4	3,6	15,4	3,3
Sezam	25	5,75	23,3	4,8	22,3	4,5
Nasiona chia	-	-	7,0	1,7	10,0	3,2
Suszona żurawina	18,75	4,3	16,4	3,6	14,3	3,3
Wiórki kokosowe	12,5	2,9	10,2	2,4	9,5	2,2
Syrop z agawy	25	5,75	27,7	7,0	28,5	6,5

Metody

Charakterystyka składu podstawowego batoników: białko, tłuszcz, węglowodany, wartość energetyczna

Wszystkie analizy przeprowadzono w 3 powtórzeniach według AOAC [1995]. Zawartość wody w próbkach określono przez suszenie w temperaturze 103±2°C, aż do osiągnięcia stałej wagi. Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla ($N \times 6,25$) w aparacie Kjeltec 2200 (Foss Tecator, Szwecja). Zawartość tłuszczu oznaczano metodą wielokrotnej ekstrakcji eterem naftowym, który następnie odparowano. Oznaczenie zawartości tłuszczu wykonano w aparacie Soxtec HT6 firmy Foss Tecator (Szwecja). Wartość energetyczną oraz zawartość węglowodanów obliczono wykorzystując oznaczenia instrumentalne.

Ekstrakcja

Zmielone, odtłuszczone wcześniej batoniki ekstrahowano wodą, roztworem acetonu i wody (w stosunku 3:2 v/v) oraz alkoholem etylowym (60%) w proporcji 10 g rozdrobnionej próby na 100 ml rozpuszczalnika. Przeprowadzano jednokrotną ekstrakcję poprzez wytrząsanie całości w temperaturze 30°C w przypadku acetonu i etanolu oraz 90°C w przypadku wody, w czasie 30 minut, a następnie odwirowywano przez 5 min przy 4500 rpm (Thermo Scientific Heraeus Megafuge 40R Centrifuge, Waltham, MA, USA). Do dalszych etapów badań wykorzystywano klarowny roztwór z nad osadu, który odparowano i/lub liofilizowano i przechowywano pod azotem w ciemnych pojemnikach w temperaturze 4±1°C do czasu oznaczeń.

Zawartość polifenoli ogółem i potencjał antyoksydacyjny

Oznaczenie zawartości polifenoli ogółem wykonano w oparciu o metodę opisaną przez Cheunga i in. [2003]. Zasada metody polegała na spektrofotometrycznym (Metertek SP-830, Tajwan) pomiarze absorbancji barwnego kompleksu powstałego w wyniku reakcji grup fenolowych w danym ekstrakcie z reagentem – odczynnikiem Folina-Ciocalteu, przy długości fali 765 nm. Wyniki przedstawiono jako ekwiwalent stężenia kwercetyny w mg/g s.m. ekstraktu. Pomiaru aktywności antyoksydacyjnej wobec rodnika DPPH dokonano wg metody opisanej przez Amarowicza i in. [2000], która polegała na spektrofotometrycznym (Metertek SP-830, Tajwan) pomiarze barwy mieszaniny reakcyjnej, w której w zależności od zdolności antyoksydacyjnej badanego ekstraktu, wolne rodniki azowe generowane obecne w metanolowym roztworze DPPH (1,1-difenylo-2-pirylohydrazyl) ulegały wygaszeniu. Pomiaru absorbancji przy długości fali 517 nm dokonano po 30-minutowej inkubacji w temperaturze pokojowej, bez dostępu światła. Oznaczenie aktywności wobec kationorodnika ABTS wykonano w oparciu o metodę opisaną przez Re i in. [1999]. Zasada metody polegała na pomiarze spektrofotometrycznym, przy $\lambda = 734$ nm, spadku intensywności zabarwienia roztworu rodnika na skutek reakcji z przeciwutleniaczami obecnymi w próbce badanej. Zdolność zmiatania kationorodnika ABTS wyliczono z równania regresji dla krzywej wzorcowej, którą wykreślono dla różnych stężeń Troloksu (2,0; 1,5; 1,0; 0,5 mg/ml).

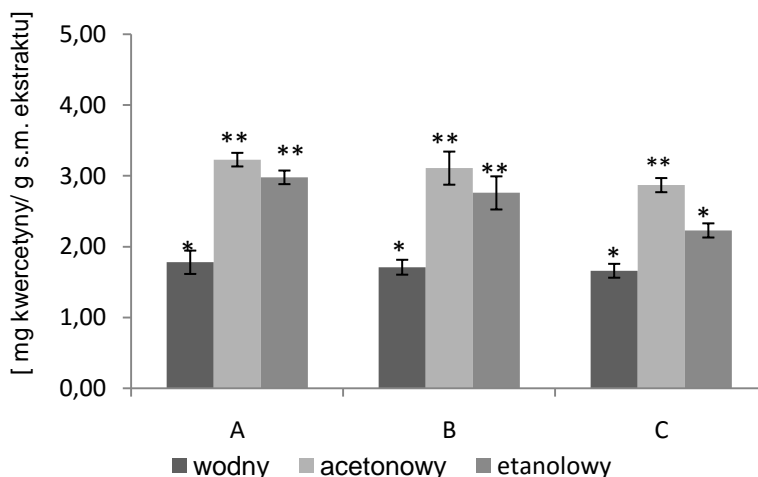
Wyniki i omówienie

W pracy określono skład podstawowy opracowanych batonów z nasionami chia oraz ich wartość energetyczną. Wyniki przedstawiono w tabeli 2. Wartość energetyczna 100 g prób zawierała się w zakresie od 367,2 kcal w batoniku kontrolnym do 388,1 kcal w próbce z 14% dodatkiem nasion chia. Próba C charakteryzowała się najwyższą wartością energetyczną, co zapewne wynikało ze składu surowców, gdzie dodatek nasion chia zamiast żurawiny dostarczał dodatkowego tłuszczu. Nie wykazano istotnych różnic w zawartości białka w badanych batonach, która wynosiła od 8,9% w próbce kontrolnej do 9,2% w próbce C. Zawartość tłuszczu oraz węglowodanów w badanych próbach była istotnie zróżnicowana. Tłuszcz w próbach oznaczono na poziomie od 16,8 do 20,9%, gdzie najwyższą % zawartością charakteryzowała się próba C, w której użyto nasion chia w ilości 14%. Zaobserwowano, że udział węglowodanów w batonikach malał wraz ze wzrostem udziału nasion chia, co jest spowodowane malejącym udziałem owoców żurawiny w masie batoników.

Tabela 2. Wartość odżywcza i energetyczna batonów z dodatkiem nasion chia

Wskaźnik	Próba A		Próba B		Próba C	
	na 100 g	na 23 g (porcja)	na 100 g	na 23 g (porcja)	na 100 g	na 23 g (porcja)
Wartość energetyczna [kcal]	367,2	84,5	373,7	86,0	388,1	89,3
Węglowodany [g]	45,1	10,4	42,7	9,8	40,8	9,4
Białko [g]	8,9	2,0	9,1	2,1	9,2	2,1
Tłuszcz [g]	16,8	3,9	18,5	4,3	20,9	4,8

W pracy oznaczono ogólną zawartość polifenoli w próbach batonów z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu. W tym celu wykonano ekstrakcję wodną, etanolową oraz acetonową, a wyniki w przeliczeniu na kwercetynę przedstawiono na rysunku 1.



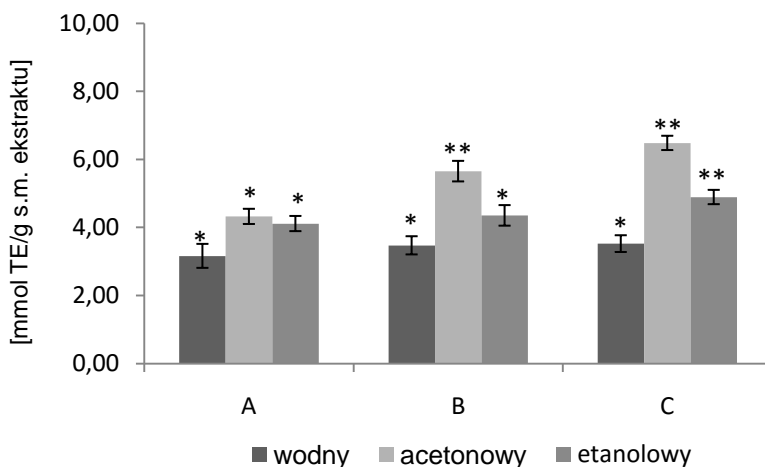
Rysunek 1. Zawartość polifenoli ogółem w ekstraktach wykonanych z batonów o różnym udziale nasion chia

Stwierdzono, że zawartość polifenoli ogółem różniła się w badanych próbach i zależała przede wszystkim od użytego rozpuszczalnika. Wykazano, że w każdej z badanych prób, ekstrakcja mieszaniną wodno-acetonową pozwoliła na wydobycie największej ilości polifenoli ogółem, większej o 72-81% w stosunku do ekstrakcji wodną. Zastosowanie etanolu pozwoliło na wyekstrahowanie polifenoli w ilości o 34-67% większej w stosunku do wody. Wykazano, że próba kontrolna charakteryzowała się najwyższą zawartością badanych związków, która wynosiła 1,78 mg kwercetyny/g s.m. dla ekstrakcji wodnej, 3,23 mg kwercetyny/g s.m. dla ekstrakcji acetonowej oraz 2,98 mg kwercetyny/g s.m. dla ekstrakcji etanolowej. Poziom zawartości polifenoli ogółem malał wraz ze wzrostem udziału w składzie recepturowym nasion chia i wynosił najmniej dla próby C, odpowiednio 1,66; 2,87 oraz 2,23 mg kwercetyny/g s.m. Nie zaobserwowano

pozytywnego wpływu nasion chia na wzrost zawartości polifenoli w produkcie. Wiadomo, że metoda oznaczania polifenoli jest metodą obciążoną licznymi interferencjami. W reakcję z odczynnikiem Folina-Ciocalteu mogą wchodzić również inne związki niezawierające pierścienia fenolowego, takie jak enzymy, białka czy niskocząsteczkowe przeciwutleniacze. Jednak na spadek zawartości polifenoli wraz ze wzrostem procentowego udziału nasion chia największy wpływ miało prawdopodobnie jednocześnie zmniejszenie udziału owoców żurawiny w tych batonach. W badaniach Oszmiańskiego i in. [2015] wykazano, że owoce żurawiny zawierały znaczne ilości flawonoli, a wśród nich 4 pochodne myricetyny, 7 pochodnych kwercetyny, 4 pochodne metoksykwercetyny. Oszmiański i in. [2016] stwierdzili, że zawartość polifenoli ogółem w żurawinie zależy od odmiany i może wynosić nawet 1,3 g/100 g s.m, a główne składniki fenolowe to antocyjany>flawanole>flawonole>kwasy fenolowe. Natomiast nasiona chia, jak podaje Martinez-Cruz i in. [2014], w szczególności nierozdrobnione, charakteryzują się zdecydowanie niższym potencjałem przeciwutleniającym w porównaniu do owoców żurawiny oraz małą zawartością polifenoli. Zawartość polifenoli ogółem w formie rozdrobnionej, jak podają autorzy, wynosi 1,6 mg GAE/g chia. Z reguły obecność polifenoli w ekstraktach determinuje ich właściwości przeciwutleniające, zarówno w układach biologicznych, jak również w heterofazowych układach produktów spożywczych. Jednak podczas oceny właściwości przeciwutleniających, oprócz sumarycznej zawartości polifenoli ważne są także rodzaje i formy polifenoli, ich proporcje występowania oraz współwystępowanie innych komponentów [Chen i in., 2015].

W pracy wykonano pomiar zdolności wygaszania rodników ABTS przez trzy rodzaje ekstraktów z batoników wykonanych z użyciem nasion chia. Pojemność przeciwutleniającą ekstraktów wyrażono jako aktywność w stosunku do syntetycznego i rozpuszczalnego w wodzie analogu tokoferolu – Troloksu, a wyniki wyrażono w mmol TE/g s.m. ekstraktu i przedstawiono na rysunek 2.

Stwierdzono, że aktywność przeciwrodnikowa była zróżnicowana dla badanych prób i zależała od użytego rozpuszczalnika. Najwyższą aktywność stwierdzono dla ekstraktów acetonowych, była ona wyższa o 36-84% od aktywności wykazanej dla odpowiednich ekstraktów wodnych, dla których uzyskano najniższe wartości. Aktywność ekstraktów acetonowych oraz etanolowych była statystycznie istotnie wyższa niż ekstraktów wodnych ($p \leq 0,05$). Ponadto stwierdzono, że aktywność wobec rodnika ABTS wzrastała wraz ze zwiększeniem udziału nasion chia w ekstrahowanej próbce. Aktywność przeciwutleniająca na ogół jest związana z zawartością polifenoli, co potwierdzają liczne badania [Kobus i in., 2009; Kobus-Cisowska, 2014].

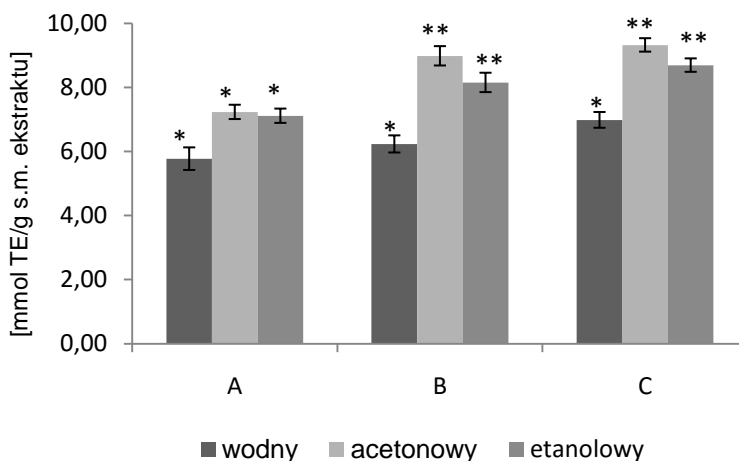


Rysunek 2. Potencjał wygaszania rodnika ABTS przez ekstrakty wykonane z batonów o różnym udziale nasion chia

Jednak nie wszyscy obserwowali taką zależność. Heimler i in. [2005], analizując na przestrzeni trzech lat poziom składników polifenolowych i aktywność przeciwutleniającą fasoli, stwierdzili, że fasola najbogatsza w takie związki polifenolowe jak: proantocyjanidyny i flawonoidy charakteryzowała się zaledwie średnią aktywnością przeciwutleniającą. Badacze ci sądzili, że na aktywność przeciwutleniającą surowca ma wpływ zarówno ogólna ilość zawartych w nim związków polifenolowych, jak również proporcje poszczególnych grup w ogólnej puli tych substancji. Ponadto uważa się, że właściwości przeciwutleniające potęgowane są przez synergistyczne oddziaływania z innymi biologicznie aktywnymi składnikami [Karadirek i in., 2016]. Aktywność przeciwutleniającą nasion chia wg Orona-Tamayo i in. [2015] wynika przede wszystkim z obecności aktywnych globulin.

Aktywność przeciwutleniającą batonów z nasionami chia określono także metodą z użyciem syntetycznego rodnika DPPH. Aktywność wyrażono w przeliczeniu na ekwiwalent Troloksu (mmol TE/ g s.m. ekstraktu) i przedstawiono na rysunku 3.

Stwierdzono, że wszystkie badane ekstrakty pozyskane z analizowanych batonów charakteryzowały się zdolnością do wygaszania rodnika DPPH. Aktywność ekstraktów wodnych była podobnie jak w przypadku metody z użyciem ABTS najniższa i wynosiła odpowiednio 5,77, 6,23 oraz 6,98 mmol TE/g s.m., odpowiednio dla prób A, B i C.



Rysunek 3. Potencjał wygaszania rodnika DPPH przez ekstrakty wykonane z batonów o różnym udziale nasion chia

Potencjał antyoksydacyjny ekstraktów acetonowych oraz etanolowych wobec rodnika DPPH rósł proporcjonalnie wraz z udziałem nasion chia w próbach i zawierał się w zakresie 7,11 mmol TE/g s.m. dla ekstraktu etanolowego próby A do 9,32 mmol TE/g s.m. ekstraktu acetonowego z próby C. Wzrost aktywności przeciwrodnikowej ekstraktów z batonów, w których udział chia był wyższy wynikał zapewne z obecności związków ekstrahowanych tymi rozpuszczalnikami z nasion. Orona-Tamayo i in. [2015] wykazali, że aktywność w układzie z DPPH chia wynika nie tylko z obecności polifenoli, ale także z obecności frakcji białkowej w szczególności globulin, a następnie albumin, prolamin i glutelin. Podobne tendencje obserwowane dla rodnika DPPH i ABTS (wyższa aktywność ekstraktów acetonowych i etanolowych niż wodnego) sugeruje, że większość związków odpowiadających za wygaszanie wymienionych rodników ma właściwości hydrofobowe.

Podsumowanie

Stwierdzono, że nasiona chia, użyte jako składnik recepturowy nowo opracowanych batoników zbożowych, wpłynęły na zawartość związków biologicznie aktywnych oraz aktywność przeciwutleniającą prób. Nie zaobserwowano wzrostu zawartości polifenoli w produktach z dodatkiem nasion chia, co wynika jednak ze zmniejszonego udziału w tych próbach owoców z żurawiny, będących bogatym źródłem polifenoli. Jednocześnie stwierdzono wzrost aktywności przeciwutleniającej mierzonej testami z DPPH oraz ABTS dla prób doświadczalnych z chia. Zarówno aktywność przeciwutleniająca, jak również zawartość polifenoli ogółem zależała od użytego rozpuszczalnika i była największa dla ekstraktu acetonowego, a najmniejsza dla wodnego. Zastosowanie nasion

chia jako składników batoników zbożowych może urozmaicić dotychczasowy rynek przekąsek w produkty zawierające ziarna dotychczas mało znane i stosowane.

Literatura

1. Amarowicz R., Naczek M., Shahidi F. Antioxidant activity of crude tannins of canola and rapeseed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2000, 77, 957-961.
2. Ayerza R. Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 2010, 87, 1161-1165.
3. Chen L., Cheng Ch., Liang J. Effect of esterification condensation on the Folin–Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. *Food Chemistry*, 2015, 170(1), 10-15.
4. Cheung L.M., Cheung P.K.C., Ooi V.E.C. Antioxidant activity and total phenolic of edible mushrooms extracts. *Food Chemistry*, 2003, 81(2), 249-255.
5. Ciftci O. N., Roman P., Rudzinska M. Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2012, 114(7), 794-800.
6. Guindani C., Podestá R., Block J., Rossi M., Mezzomo N., Ferreira S., Valorization of chia (*Salvia hispanica*) seed cake by means of supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2016, 112, 67-75.
7. Heimler D., Vignolini P., Dini M., Romani A. Rapid test to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(8), 3053-3056.
8. Karadirek S., Kanmaz N., Balta Z., Demirçivi P., Üzer A., Hızal J., Apak R. Determination of total antioxidant capacity of humic acids using CUPRAC, Folin–Ciocalteu, noble metal nanoparticle- and solid–liquid extraction-based methods, *Talanta*, 2016, 153(1), 120-129.
9. Martínez-Cruz O., Paredes-López O. Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) by ultra high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 2014, 1346, 43-48.
10. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 14th edition. Arlington, VA, USA: AOAC; 1995.
11. Orona-Tamayo D., Valverde M., Nieto-Rendón B., Paredes-López O. Inhibitory activity of chia (*Salvia hispanica* L.) protein fractions against angiotensin I-converting enzyme and antioxidant capacity, *LWT – Food Science and Technology*, 2015, 64 (1), 236-242.
12. Oszmiański J., Wojdyło A., Lachowicz S., Gorzelany J., Matłok N. Comparison of bioactive potential of cranberry fruit and fruit-based products versus leaves. *Journal of Functional Foods*, 2016, 22, 232-242.
13. Oszmiański J., Kolniak-Ostek J., Lachowicz S., Gorzelany J., Matłok N. Effect of dried powder preparation process on polyphenolic content and antioxidant capacity of cranberry (*Vaccinium macrocarpon* L.). *Industrial Crops and Products*, 2015, 77(23), 658-665.
14. Pintado T., Herrero A.M., Jiménez-Colmenero F., Ruiz-Capillas C. Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat Science*, 2016, 114, 75-84.
15. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying in improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 1999, 26(9-10), 1231-1237.

ALICJA ZACHARA^{1,2}, LESŁAW JUSZCZAK¹,

¹*Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności,
Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

²*Laboratorium Higieny Żywności i Żywnienia,
Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie*

ŻYWNÓŚĆ EKOLOGICZNA, TRADYCYJNA... – WSPÓŁCZESNA MODA CZY NIEZBĘDNY ELEMENT ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU?

W czasach starożytnych człowiek czuł się szczególnie związany z przyrodą, która stanowiła nierozłączną całość świata rzeczy, ludzi i bogów - *physis*. Stosunek człowieka do owej *physis* nacechowany był często momentami religijnymi, szczególnie wtedy, gdy rozwój techniki był minimalny, a wiele zjawisk tłumaczono wierzeniami. W wyniku racjonalizacji mitologicznego wyjaśniania rzeczywistości zaczęto dążyć do rozumowego poznania świata. Pierwsze dzieła starożytnych myślicieli na temat świata i przyrody nosiły nazwę: PERÍ PHÝSEOS (O przyrodzie; O naturze; O fizyce), greckie *physis* znaczy bowiem: natura, przyroda. Najwybitniejszy filozof grecki Arystoteles również pisał prace o przyrodzie - rzeczy fizyczne (naturalne) oddzielał od metafizycznych. Prawdopodobnie używał już terminu „metafizyka” na oznaczenie nauki, która bada takie zagadnienia jak rozumienie substancji, jedności, przyczyn, problematyki Boga, idei itp. [Krapiec, 1988].

Czołowy polski fenomenolog Roman Ingarden, uznawany za jednego z najważniejszych filozofów ubiegłego stulecia, w „Książeczce o człowieku” podejmował się omówienia problemu tworzenia przez człowieka systemu wartości na tle świata natury, a także zajmował się kwestiami takimi jak odpowiedzialność czy kontakt jednostki z przyrodą. Według Ingardena człowiek żyje między dwoma światami – światem rzeczywistym, który tworzy przyroda „zastana przez człowieka” oraz światem „quasi” rzeczywistym, który tworzy kultura i ogół ludzkich wytworów. Człowieczeństwo jednostki jest tym pełniejsze im bardziej stara się w ciągu całego swojego życia zrozumieć te dwa światy [Ingarden, 1973].

Współczesny człowiek coraz częściej zastanawia się nad dążeniem „świata” (w rozumieniu społeczeństwa czy wysoko rozwiniętych cywilizacji) oraz nad pędem popychającym część ludzi do tego, żeby osiągnąć jak najwięcej często w sensie czysto materialnym. „Jedna strategia, dużo kapitału, prestiż marki i zysk poprzez dużą skalę” to motto dzisiejszych kapitalistów. Czasami bezwzględna walka producentów o dominację na rynku, może przypominać nawet doktrynę Niccolò Machiavellego będącą synonimem bezwzględnego postępowania w myśl hasła „cel uświęca środki”.

Po czasach „zachłyśnięcia się” żywnością kolorową, aromatyzowaną, o długich terminach przydatności do spożycia zaczynamy szczególnie doceniać to, co zostało

bezpośrednio wytworzone przez naturę, bez stosowania środków ochrony roślin i antybiotyków czy dodatku „polepszaczy”. W dobie przemysłowej produkcji żywności zdecydowanie wzrasta zainteresowanie konsumentów produktami naturalnymi, ekologicznymi, wyprodukowanymi w tradycyjny sposób, co wskazuje na zmieniające się potrzeby współczesnego człowieka. Można się zastanawiać czy głoszony przez coraz większą grupę społeczeństwa ekologiczny styl życia jest tylko modą, czy też, być może, jedyną drogą do zachowania prawidłowych relacji w świecie przyrody, ludzi i zwierząt.

Ekologiczny, tradycyjny, domowy, bio, eko... na półkach sklepowych pojawia się coraz więcej produktów oznakowanych w ten sposób. Producenci bardzo chętnie umieszczają na opakowaniach takie informacje, choć nie zawsze są uprawnieni do stosowania tego rodzaju określeń. Konsumenty deklarują, że zwracają coraz większą uwagę na wpływ żywienia na zdrowie, dlatego też atrakcyjne przekazy graficzne stosowane w znakowaniu i reklamie środków spożywczych, podkreślające szczególny charakter produkcji, pochodzenia lub składu, wpływają na ich wybory [Drab-Grotowska, 2015]. Zgodnie z wymaganiami prawa żywnościowego informacje umieszczane na opakowaniach środków spożywczych powinny umożliwić nabywcy dokonanie świadomego wyboru i muszą być rzetelne, jasne, łatwe do zrozumienia [Rozporządzenie (UE) 1169/2011].

Według badań prowadzonych przez Żakowską-Biemans i Kuc [2009] oraz Żakowską-Biemans [2012] konsumenci dostrzegają w spożywaniu żywności tradycyjnej możliwość zaspokojenia hedonistycznych dążeń związanych z poszukiwaniem nowych doznań smakowych, a także są przekonani o jej wyjątkowych walorach sensorycznych i zdrowotnych. Dążenie do zachowania własnych wartości kulturowych i tożsamości narodowej również sprzyja zainteresowaniu żywnością regionalną i tradycyjną.

Jednym z czynników wpływających na właściwy stan zdrowia oraz dobre samopoczucie, a także pośrednio na rozwój człowieka jest prawidłowe żywienie. Rola żywności sprawia, że szeroko rozumiana jakość i bezpieczeństwo środków spożywczych jest szczególnie ważna społecznie, stąd też prowadzona globalnie przez wiele krajów długofalowa polityka żywnościowa i żywieniowa. Duży wpływ na bezpieczeństwo żywności mają substancje obcego pochodzenia takie jak substancje dodatkowe, zanieczyszczenia technologiczne (np. pozostałości środków pomocniczych) oraz zanieczyszczenia związane z oddziaływaniem zanieczyszczonego środowiska [Sikora, 2012]. Niestety oprócz tych zagrożeń możemy mieć do czynienia z żywnością zafałszowaną.

Fałszowanie produktów spożywczych jest powodowane m.in. chęcią osiągnięcia jak największego zysku. Często nieuczciwi producenci nie stosują dobrych praktyk higienicznych czy produkcyjnych, a także chcą ukryć wady wyrobów gotowych lub niewłaściwą jakość surowców używanych do produkcji, stosują różnego rodzaju zabiegi

technologiczne, zwiększone ilości substancji konserwujących lub innych dodatkowych. Wykrywane są też praktyki niewłaściwej deklaracji pochodzenia lub dodawania surowców innego rodzaju niż podane na oznakowaniu produktu [Fortuna, 2012].

„Prawie robi wielką różnicę...” to jedno ze znanych haseł reklamowych powtarzanych przez społeczeństwo, które czasem z humorem, częściej z niedowierzaniem zauważało w sklepach różnego rodzaju produkty w opakowaniach do złudzenia przypominających inne. Produkcja np. miksów tłuszczów roślinnych w opakowaniach o prawie identycznej szacie graficznej jak dobrej jakości masło, czy też chleba barwionego karmelem, nie ma nic wspólnego z zasadą identyczności przedmiotów nierozróżnialnych, której twórcą był filozof niemiecki Gottfried Wilhelm Leibniz tylko często jest wprowadzaniem konsumentów w błąd.

Orzecznictwo krajowe dostarcza przykłady na nieprawidłowe stosowanie wyróżników o charakterze tradycyjnym np. „tradycyjna receptura”, „smak tradycji”, „w tradycyjnym stylu”. Inspekcje kontrolujące sprawdzają czy stosowane są kryteria dotyczące składu produktu oraz metod produkcji. Nieprawidłowym jest określanie jako tradycyjny wyrobu w skład, którego wchodzi np. substancje dodatkowe, czy też przy produkcji którego wykorzystywane są zautomatyzowane procesy produkcyjne [Wyrok SA, 2014].

Aby zapobiec takim sytuacjom w państwach Unii Europejskiej wprowadzono system znakowania, który ma na celu promowanie i ochronę produktów regionalnych poprzez następujące oznaczenia: Chroniona Nazwa Pochodzenia (ChNP) lub Chronione Oznaczenie Geograficzne (ChOG) oraz produkty i potrawy tradycyjne przyznając im znak Gwarantowana Tradycyjna Specjalność (GTS) [Rozporządzenie (UE) 1151/2012; Rozporządzenie (UE) 664/2014]. Kolejny z wprowadzonych systemów – „Jakość Tradycja”, gwarantuje konsumentom wysoką jakość i autentyczność produktów oraz daje im możliwość odtworzenia procesu wytwarzania, poznania składu oraz pochodzenia wszystkich surowców użytych do wyrobu produktu wyróżnionego tym znakiem uznanym za krajowy system jakości żywności na mocy decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 czerwca 2007 r. Producent musi udowodnić trwającą 50 lat tradycję wytwarzania produktu, zaś w przypadku systemów europejskich minimum 30 letnią [Winawer i in., 2013, www.produktyregionalne.pl]. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi promuje produkty powstałe z zastosowaniem tradycyjnych metod produkcji znanych od co najmniej 25 lat poprzez wpisanie ich na Listę Produktów Tradycyjnych. Powyższy wpis pozwala producentowi uzyskać derogacje procesu produkcyjnego, jeśli jest to konieczne dla zachowania jakości i oryginalności wytwarzanego produktu [www.minrol.gov.pl].

O tym, jak ważne jest prawidłowe żywienie wiedzieli ludzie od zarania dziejów. Już w piątym wieku przed naszą erą Hipokrates pisał: „*niech żywność będzie lekiem, a lek żywnością*”, w starożytnej Grecji zmiana zwyczajów żywieniowych pacjenta była

metodą leczenia, a odpowiednia dieta była warunkiem zdrowia cielesnego i intelektualnego, natomiast zalecenia żywieniowe głoszone przez Platona były zbliżone do założeń dzisiejszej diety śródziemnomorskiej. Pojęcie „dietetyka” było używane już we wczesnych pismach autorstwa Hipokratesa, Platona i Galena [Tatarkiewicz, 1990].

Wiesław Łukasiński [2008] określa żywność ekologiczną jako żywność wysokiej jakości, ze względu na pochodzenie surowców z gospodarstw ekologicznych stosujących ściśle określone metody produkcji. Uprawa tego rodzaju surowców powinna być prowadzona na terenach cechujących się: czystą glebą, powietrzem i wodą oraz wolnych od zanieczyszczeń wpływami przemysłu czy infrastruktury komunalnej.

Zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem (WE) 834/2007 produkcja ekologiczna opiera się na następujących zasadach:

- odpowiednie zaprojektowanie procesów biologicznych i zarządzanie nimi (wykorzystanie żywych organizmów i mechanicznych metod produkcji, stosowanie uprawy roślin na gruntach rolnych oraz prowadzenie produkcji zwierzęcej lub akwakultury spełniającej zasadę zrównoważonej eksploatacji zasobów rybnych, wykluczające stosowanie GMO i produktów wytworzonych z GMO oraz opierają się na ocenie ryzyka),
- ograniczenie stosowania środków zewnętrznych poza ekologicznymi,
- ściśle ograniczenie stosowania środków z syntezy chemicznej do wyjątkowych przypadków,
- dostosowanie w razie potrzeby zasad produkcji ekologicznej do stanu sanitarnego, regionalnych różnic klimatycznych i warunków lokalnych, stopnia rozwoju i szczególnych praktyk hodowlanych [Rozporządzenie (WE) 834/2007].

Wydaje się jednak, że spożywanie żywności ekologicznej nie jest wystarczającym przyczynkiem pozwalającym na zmniejszenie współczesnych problemów dotyczących ochrony naszego zdrowia czy też środowiska naturalnego. Ostatnie lata wskazują na palącą potrzebę wychowania ekologicznego poprzez uświadamianie społeczeństwa, a nawet podjęcia zdecydowanych działań na rzecz powrotu do życia w harmonii z naturą.

Dla teorii wychowania ekologicznego całego społeczeństwa, a nie tylko przyszłych pokoleń istotne mogą być takie dziedziny filozofii jak: aksjologia wskazująca wartości wraz z etyką, antropologia filozoficzna wraz z odpowiedziami na pytanie o kierunki rozwoju form ludzkiej egzystencji oraz teleologia wychowania wyznaczająca cele wychowania [Gola, 2014]. Kształtowanie świadomości ekologicznej zależy od programów nauczania w przedszkolach, szkołach oraz edukacji ekologicznej dorosłych, a przede wszystkim zależy od wychowania ekologicznego w rodzinie, szkole, środkach masowego przekazu, organizacjach społecznych i in.

Koncepcja zrównoważonego rozwoju będąca równocześnie pewnym kierunkiem ekofilozoficznym zajęła w ostatnim czasie ważne miejsce w centrum ludzkich spraw:

filozofii, polityki, ekonomii i in. Dokonujące się od lat siedemdziesiątych XX wieku zmiany polegające na zwrocie w myśleniu o środowisku naturalnym doprowadziły do przeniesienia swych idei do wymagań prawnych większości krajów i organizacji międzynarodowych.

Według Stefana Kozłowskiego [2005] zrównoważony rozwój to rozwój rozumiany integralnie w sensie ekologicznym, kulturowym i ekonomicznym. Trwały i sprawiedliwy rozwój powinien oznaczać: trwałość ekologiczną, rozwój ekonomiczny, sprawiedliwość społeczną między pokoleniami oraz w obrębie każdego pokolenia. Andrzej Papuziński zaznacza, że „system aksjologiczny zrównoważonego rozwoju to system wartości uznawanych, ważnych w perspektywie realizacji celów zrównoważonego rozwoju”, które są realizowane na wielu płaszczyznach m.in.: edukacyjnej, ekonomicznej i politycznej [Papuziński, 2007].

Zasada zrównoważonego rozwoju jako jedna z podstawowych wartości konstytucyjnych jest w Polsce normą ustrojową. W Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej została przyjęta w postaci zapisu o potrzebie zapewniania ochrony środowiska [Konstytucja RP, 1997].

W polskim prawie [Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska] zrównoważony rozwój został zdefiniowany jako „taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń” [Dz. U. 2001.62.627].

Polityki wspólnotowe powinny brać pod uwagę problemy związane z nadmierną konsumpcją, jak i niedożywieniem, powinny także sprzyjać zapewnieniu bezpieczeństwa żywnościowego (*food security*), czyli „sytuacji, w której wszyscy ludzie mają trwały dostęp do wystarczającej, bezpiecznej i odżywczej żywności, zaspokajającej ich potrzeby żywieniowe i umożliwiającej aktywne i zdrowe życie”. „Prawo do pożywienia” (*right to food*) należy do podstawowych praw człowieka.

Szeroko rozpowszechnione rolnictwo konwencjonalne stawiające na dużą wydajność stosuje na masową skalę przemysłowe środki produkcji; to wyspecjalizowane rolnictwo wykorzystujące nowoczesne środki produkcji pochodzenia biologicznego, chemicznego oraz mechanicznego. Produkcja taka może jednak powodować wiele negatywnych zjawisk np. spadek żyzności gleby, wzrost zagrożenia erozją, pogorszenie jakości produktów rolnych, wzrost zanieczyszczenia środowiska oraz żywności. Natomiast w rolnictwie ekologicznym cały proces produkcji żywności musi przebiegać zgodnie z zasadami ochrony środowiska. Restrykcyjne zasady rolnictwa ekologicznego nie pozostają bez wpływu na wydajność – plony są nawet o połowę mniejsze, co bez wątpienia wpływa na

ceny produktów. W krajach, gdzie stosowane są wysokie dopłaty do upraw ekologicznych prowadzenie gospodarstwa przynosi zdecydowane zyski. Mniejsza wydajność oraz większa czasochłonność produkcji w gospodarstwie ekologicznym niezbyt zachęca rolników do przechodzenia na ten sposób produkcji pomimo wzrastającego popytu na rynku żywności ekologicznej. W 2004 roku resort rolnictwa zainicjował prowadzenie badań na rzecz rolnictwa ekologicznego chcąc wesprzeć potrzebną wiedzą producentów żywności ekologicznej. Również Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi opracowało na podstawie przepisów Unii Europejskiej „*Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014 – 2020*” [Rozporządzenie (UE) nr 1305/2013, Rozporządzenie MRiRW, 2016]. Celem programu jest poprawa konkurencyjności rolnictwa, ułatwianie transferu wiedzy i innowacji, zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi, działania w dziedzinie klimatu oraz zrównoważony rozwój terytorialny obszarów wiejskich. Nowym działaniem w tym programie jest „*Rolnictwo ekologiczne*”, którego celem jest wzrost rynkowej produkcji ekologicznej. Dzięki wsparciu projektów rządowych rolnictwo ekologiczne ma zapewniać produkty dla coraz większej grupy odbiorców, ale nieprędko wyprze z rynku konwencjonalne odpowiedniki. Dlatego też na dużą uwagę zasługuje żywność produkowana metodami integrowanymi, które łączą efektywność z zasadami ekologii poprzez stosowanie w umiarkowany sposób przemysłowych środków produkcji. Celem tego typu gospodarowania jest uzyskanie stabilnej wydajności i odpowiednich dochodów rolniczych w sposób nie zagrażający środowisku naturalnemu, a także rozwój infrastruktury ekologicznej i przyrodniczej.

W XXI wieku w dobie globalnych i lokalnych problemów środowiskowych, katastrof ekologicznych, zmniejszania się bioróżnorodności na Ziemi zrównoważony rozwój wydaje się koniecznością. Konsumenci oczekują nie tylko zaspokojenia głodu i pragnienia, ale także zwracają uwagę na takie czynniki jak: bezpieczeństwo, naturalne pochodzenie składników, wysokie walory odżywcze oraz produkcja zapewniająca dbałość o środowisko. Popularyzacja produktów ekologicznych, tradycyjnych i regionalnych to również jeden z warunków rozwoju lokalnego (społecznego, kulturowego, gospodarczego). Zwyczaje i oryginalne, tradycyjne regionalne surowce i potrawy są elementami uatrakcyjniającymi pobyt turystów. W ostatnich latach bardzo popularna stała się turystyka kulinarna rozumiana jako podróże podejmowane w celu poszukiwania, identyfikowania i degustowania tradycyjnych potraw oraz napojów w poszczególnych regionach kraju i świata [Michota i in., 2008; Makała, 2014].

W krajach Unii Europejskiej wśród zamożniejszych warstw społeczeństwa obserwuje się odwrót od żywności produkowanej metodami przemysłowymi na rzecz wzrostu spożycia żywności regionalnej i tradycyjnej oraz ekologicznej. Zdrowe jedzenie zatem, to w mniejszym stopniu kwestia mody, ale z pewnością jest to element stylu życia coraz bardziej świadomego społeczeństwa. Powinniśmy pamiętać o pierwszej zasadzie

Hipokratesa „Jedzenie, picie, sen, miłość cielesna - wszystko z umiarem”, trzeba żyć w harmonii z naturą. Właściwe odżywianie oraz odpowiedni styl życia, w tym ruch i rekreacja to podstawowe elementy zdrowia i długowieczności człowieka [Migdał, 2007].

Literatura

1. Drab-Grotowska, M. Mirosz, P. Ekologiczny, tradycyjny, domowy – terminy stosowane w znakowaniu. Praktyka i orzecznictwo. Przemysł Spożywczy, 2015, 69(6), 40-43.
2. Fortuna T. Zafałszowania jakości żywności. Red. Pałasiński M., Juszczyk L. Wybrane zagadnienia nauki o żywności i zarządzaniu jakością. Wyd. UR w Krakowie, Kraków 2012, 193-199.
3. Gola B. Etyki ekologiczne u podstaw filozofii wychowania ekologicznego, [w:] T. Kasper, N. Pelcová, S. Sztobryn, Úloha osobnosti a institucí v rozvoji vzdělanosti v evropském kontextu, Praga, Karolinum 2014, s. 177-185.
4. Ingarden R. Książeczka o człowieku. Wydawnictwo Literackie, Kraków 1973.
5. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. Dz.U. 1997 nr 78 poz. 483.
6. Kozłowski S. Przyszłość ekorozwoju. Wydawnictwo KUL, Lublin 2005, 49.
7. Krapiec M.A. Metafizyka. Zarys teorii bytu. Wydanie V. Rozprawy Wydziału Filozoficznego 46, Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1988.
8. Lista Produktów Tradycyjnych, <http://www.minrol.gov.pl/pol/Jakosc-zywnosci/Produkty-regionalne-i-tradycyjne/Lista-produktow-tradycyjnych> (dostęp on-line:25.04.2016 r.).
9. Łukasiński W. Zarządzanie jakością produktu ekologicznego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, 1 (56), 146-153.
10. Makąła H. Kultura żywnościowa a turystyka – obszary wspólnych zainteresowań, Zeszyty Naukowe serii; Turystyka i rekreacja, Wyższa Szkoła Turystyki i Języków Obcych, Warszawa 2014, 13(1), 133-146.
11. Michota-Katuliska E., Boniecka I., Ukleja A. Rola żywności tradycyjnej w rozwoju promocji turystyki w regionach, w: Tradycyjne i regionalne technologie i produkty w żywieniu człowieka. (red. Z. Dolatowski), Lublin 2008, ALF-GRAF, 46.
12. Migdał W. Spożycie mięsa a choroby cywilizacyjne. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, 6 (55), 48-56.
13. Papużyński A. Filozofia zrównoważonego rozwoju jako subdyscyplina badań filozoficznych. Problemy Ekorozwoju, 2007, 2, 34 .
14. Polska Izba Produktu Regionalnego i Lokalnego, <http://www.produktyregionalne.pl/produkty.html> (dostęp on-line: 25.04.2016).
15. Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylenia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004. Dz.U. UE L 304/18 z 22.11.2011 r.
16. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) nr 664/2014 z dnia 18 grudnia 2013 r. uzupełniające Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1151/2012 w odniesieniu do ustanowienia symboli unijnych dotyczących chronionych nazw pochodzenia, chronionych oznaczeń geograficznych i gwarantowanych tradycyjnych specjalności oraz w odniesieniu do niektórych zasad dotyczących pochodzenia paszy i surowców, niektórych przepisów proceduralnych i niektórych dodatkowych przepisów przejściowych Dz.U.UE.L.2014.179.17 z 19.06.2014 r.
17. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 marca 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania pomocy finansowej w ramach działania „Działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne” objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020. Dz.U. 2016, poz.326.
18. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1305/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. w sprawie wsparcia rozwoju obszarów wiejskich przez europejski fundusz rolny na rzecz rozwoju

- obszarów wiejskich (EFRROW) i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 1698/2005. Dz.U.UE L 347/487 z 20.12.2013 r.
19. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1151/2012 z dnia 21 listopada 2012 r. w sprawie systemów jakości produktów rolnych i środków spożywczych Dz.U.UE L 343/1 z 14.12.2012 r.
 20. Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91. Dz.U.UEL 189/1 z 20.07.2007 r.
 21. Sikora E. Zagrożenia żywności. Red. Pałasiński M., Juszczyk L. Wybrane zagadnienia nauki o żywności i zarządzaniu jakością. Wyd. UR w Krakowie, Kraków 2012, 193-199.
 22. Tatarkiewicz W. Historia filozofii. Filozofia starożytna i średniowieczna. Tom I, PWN, Warszawa 1990.
 23. Ustawa z 27 kwietnia 2001 r., Prawo ochrony środowiska. Dz. U. 2001.62.627.
 24. Winawer Z., Wujec H. Produkty regionalne i tradycyjne we wspólnej polityce rolnej. Wydawca Europejski Fundusz Rozwoju Wsi Polskiej, Warszawa 2013, wyd. II. A.
 25. Wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 22.05.2014, syg.akt VI SA/WA 3572/13.
 26. Żakowska-Biemans S. Żywność tradycyjna z perspektywy konsumentów. ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 3 (82), 5-18.
 27. Żakowska-Biemans S., Kuc K. Żywność tradycyjna i regionalna w opinii i zachowaniach polskich konsumentów. ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, 3 (64), 105-114.

MAŁGORZATA MIŚNIAKIEWICZ

*Katedra Towaroznawstwa Żywności,
Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*

INNOWACYJNOŚĆ A OCZEKIWANIA KONSUMENTÓW NA RYNKU WYROBÓW CUKIERNICZYCH

Streszczenie

Rynek wyrobów cukierniczych to jedna z najdynamiczniej rozwijających się branż przemysłu spożywczego w Polsce. Jego wartość wynosi obecnie prawie 13 mld zł i wykazuje tendencję wzrostową, a eksport, którego wartość przekroczyła miliard euro to prawie jedna trzecia całej produkcji sprzedanej przemysłu spożywczego. Jednocześnie polski rynek słodczy charakteryzuje się bardzo dużym stopniem innowacyjności i ma spory potencjał rozwoju.

W artykule, wykorzystując analizę źródeł wtórnych, przedstawiono charakterystykę polskiego rynku wyrobów cukierniczych. Omówiono szanse i zagrożenia dla rozwoju branży cukierniczej. Główne trendy rozwojowe przejawiające się nowościami na rynku słodczy zestawiono z oczekiwaniami konsumentów w tym zakresie. Ustalono je na podstawie badań konsumenckich w zakresie wyboru i spożycia słodczy zrealizowanych w drugiej połowie 2015 roku na reprezentatywnej grupie mieszkańców południowo wschodniej Polski. Na ich podstawie określono stosunek respondentów do innowacji na rynku słodczy. Uzyskane dane zestawiono z wynikami badań konsumenckich zrealizowanych w 2013 roku na próbie ogólnopolskiej.

Wprowadzenie

Przemysł rolno-spożywczy, mimo iż zaliczany pod względem innowacyjności do sektora tzw. niskiej techniki jest i w najbliższej przyszłości będzie ważnym działem polskiej gospodarki [Szczepaniak, 2016]. Z uwagi na liczbę zatrudnionych oraz znaczenie racjonalnego żywienia dla zdrowia konsumentów jest także bardzo ważny ze względów społecznych.

Silna pozycja konsumenta na rynku, coraz powszechniejsza świadomość wpływu żywności na zdrowie, konserwatyzm żywieniowy Polaków, skracanie cyklu życia produktów i przedsiębiorstw oraz związana z tym konieczność nieustannej obserwacji rynku, identyfikacji potrzeb i szybkiego dostarczania produktu zgodnego z preferencjami konsumentów to czynniki, które najsilniej warunkują działania innowacyjne w produkcji żywności. Istotny jest też przyspieszony przepływ wiedzy i informacji przyczyniający się do postępu technologicznego oraz procesy globalizacji i liberalizacji, które powodują wzrost konkurencji. W tej sytuacji nowe

produkty, technologie, metody organizacyjne, czy strategie marketingowe mają szansę stać się bardzo ważnym czynnikiem rozwoju ekonomicznego polskich firm [Gorzelany-Dziadkowiec, 2013].

Szczególnie dobra sytuacja istnieje w polskim przemyśle cukierniczym. Produkcja w tej branży w ostatnich pięciu latach systematycznie rosła, w zależności od grupy produktowej, od kilku do kilkunastu procent rocznie. Analitycy utrzymują, że ten trend utrzyma się co najmniej do końca 2018 roku [Grauier i in., 2014].

Celem niniejszego artykułu jest analiza na podstawie źródeł wtórnych rynku wyrobów cukierniczych w Polsce, ze zwróceniem szczególnej uwagi na szanse i zagrożenia rozwoju tej branży. Zaprezentowano i omówiono główne trendy rozwojowe na rynku słodocy, które zestawiono z wynikami badań własnych dotyczących oczekiwań konsumentów w tym zakresie. Zrealizowano je metodą badania ankietowego na próbie 425 konsumentów słodocy, w wieku powyżej 13. roku życia, mieszkańców południowo-wschodniej Polski (województwa małopolskie, podkarpackie, świętokrzyskie i lubelskie). 58% respondentów stanowiły kobiety, a 42% mężczyźni. Badania przeprowadzono w drugiej połowie 2015 roku. Za konsumenta słodocy przyjęto osobę, która co najmniej raz w tygodniu sięga po tą kategorię produktów. 46% respondentów stanowili mieszkańcy wsi, a 54% mieszkańcy miast powyżej 20 tys. Na podstawie uzyskanych danych określono preferencje respondentów i ich stosunek do innowacji na rynku słodocy. Uzyskane wyniki zestawiono z wynikami badań zrealizowanych w 2013 r. na próbie ogólnopolskiej zaczerpniętymi z raportu „Rynek słodocy w Polsce. Edycja 2014” [Grauier i in., 2014].

Przemysł cukierniczy w Polsce – charakterystyka

Polski rynek odpowiada za ok. 4% całej sprzedaży detalicznej słodocy na terenie UE i prawie 1% sprzedaży globalnej. Jest zarazem najważniejszym rynkiem słodocy w regionie Europy Środkowo-Wschodniej. Obecnie jego wartość wynosi ok. 13 mld zł i zdaniem ekspertów do 2018 roku powinna wzrosnąć o ok. 9%, do 13,9 mld zł. Przemysł cukierniczy w Polsce jest jedną z najbardziej innowacyjnych branż przemysłu spożywczego o dużym potencjale wzrostu. Jego miarą może być niemal trzykrotnie niższa konsumpcja wyrobów czekoladowo-cukierniczych w Polsce w porównaniu z Wielką Brytanią, Szwajcarią, czy Belgią. Różnica ta wraz ze wzrostem realnych dochodów Polaków powinna w najbliższych latach maleć, co będzie skutkowało wzrostem popytu na słodocze [Grauier i in., 2014].

Generalnie produkcja słodocy w Polsce wykazuje stabilny wzrost. Przyczynia się do tego przede wszystkim dynamiczny rozwój eksportu, zwłaszcza w ciągu ostatnich kilku lat. Przykładowo w latach 2009-2013 jego wartość zwiększyła się blisko o 75%

[Rocznik Statystyczny Przemysłu, 2014]. Jednocześnie wiele międzynarodowych koncernów lokuje w Polsce własne zakłady produkcyjne.

Branża czekoladowo-cukiernicza ma bardzo istotny wkład w polską gospodarkę. Daje zatrudnienie ok. 30 tys. osób. Wykorzystuje do produkcji krajowe surowce mleczne, zbożowe i cukrownicze. Skutecznie konkuruje na rynkach zagranicznych eksportując produkty do ponad 60 krajów świata. Wartość eksportu słodczy szacuje się na 1 mld euro rocznie, co w eksporcie polskiej żywności wśród produktów przetworzonych daje wyrobom czekoladowo-cukierniczym I miejsce pod względem wartościowym [Grauier i in., 2014].

W strukturze produkcji największy udział mają suchary, herbatniki oraz konserwowane wyroby ciastkarskie i ciastka pakowane (46% całkowitej wielkości produkcji). Ok. 32% stanowią wyroby czekoladowe, a nieco ponad 20% wyroby cukiernicze niezawierające kakao.

Największy pod względem wartościowym segment polskiego rynku słodczy stanowią wyroby czekoladowe, na które przypada 50% całkowitej wartości sprzedaży (5% sprzedaży na terenie UE). Prognozuje się, że jego wartość zwiększy się o ponad 17% do 2018 roku na tle około 9% wzrostu całego rynku słodczy. Drugim co do wielkości segmentem rynku słodczy są słodkie i słone przekąski (19% polskiego rynku i 3,4% unijnej sprzedaży). Jego wartość sprzedaży od kilku lat utrzymuje się na stabilnym poziomie, choć wzrasta wolumen sprzedaży związany ze zwiększaniem oferty produktów marek własnych. Zdaniem ekspertów do 2018 roku wartość sprzedaży tego segmentu wzrośnie w sumie o 3,3%. Kolejny segment rynku słodczy – herbatniki i ciastka w 2013 roku stanowił 14% całej wartości rynku i 3,2% całkowitej sprzedaży UE. Przewidywany jest jego dalszy wzrost (zwłaszcza produktów impulsowych, niskokalorycznych i pełnoziarnistych) w sumie w Polsce do 2018 roku o 6%. W 2013 roku 11% rynku pod względem wartości sprzedaży stanowił segment wyrobów cukierniczych. Do 2018 roku jego wartość zgodnie z przewidywaniami zmniejszy się o prawie 7%. Wynika to przede wszystkim ze spadku sprzedaży cukierków, lepsze perspektywy rozwoju mają pastylki, gumy rozpuszczalne i żelki. Najmniejszą część polskiego rynku słodczy stanowi segment gum do żucia (w 2013 r. 6% całej wartości) – zdaniem ekspertów w najbliższych latach będzie tracił na wartości – w sumie spadek do 2018 roku wyniesie ok. 7% wartości sprzedaży [Grauier i in., 2014; Drażek i in., 2015].

Szanse i zagrożenia rozwoju przemysłu cukierniczego w Polsce

Analizując sytuację branży cukierniczej w Polsce można zidentyfikować szereg czynników wpływających na jej rozwój, które można traktować w kategorii zagrożeń i/lub szans – w zależności od zmienności sytuacji rynkowej i strategii danej firmy.

Silna konkurencja, nasycenie rynku i związane z tym wysokie koszty reklamy, rosnąca presja cenowa ze strony sieci handlowych i hurtowników spowodowana m.in. dynamicznym rozwojem dyskontów, których polityka cenowa wymusza redukcję marż oraz wysokie koszty produkcji to główne przeszkody, na które zwracają uwagę przedsiębiorcy w ramach bieżącej działalności firm. Rozwój hamują także nieefektywne planowanie procesów produkcyjnych, wysokie koszty utrzymania parku maszynowego oraz koszty związane z procesami logistycznymi, w tym zbyt wysokie koszty transportu i magazynowania produktów.

W sferze produkcyjnej problem stanowią niestabilne ceny surowców podstawowych w produkcji słodczy – cukru, mąki, tłuszczów, mleka w proszku, czy kakao, które systematycznie rosną i podlegają sezonowym wahaniom. Obecnie jedną z ważniejszych przyczyn tego stanu jest limitowanie podaży cukru w UE i konieczność zakupu części drogiego importowanego cukru [Śmigórski, 2012; Kociszewski, 2013]. Jednocześnie w tym obszarze dochodzi do deregulacji unijnego rynku mleka i cukru (1 kwietnia 2015 r. zlikwidowany został system kwot mlecznych w Unii Europejskiej, z kolei 1 października 2017 r. przestaną obowiązywać kwoty cukrowe). O ile uwolnienie kwot mlecznych nie miało, jak wynika z dotychczasowych analiz, istotnego, bezpośredniego wpływu na cenę mleka w proszku, o tyle uwolnienie rynku cukru zdecydowanie niesie zagrożenie zmiennością cen tego surowca i zwiększoną konkurencją pomiędzy międzynarodowymi koncernami na unijnym rynku. Może to prowadzić do zamykania relatywnie niewielkich zakładów w Polsce i koncentracji produkcji cukru w dużych cukrowniach w Niemczech i we Francji. Tym samym likwidacja kwot cukrowych może doprowadzić do spadku produkcji cukru w Polsce i w konsekwencji do dalszego wzrostu cen importowanego cukru [Struzik, 2016].

Kolejny problem stanowi ryzyko deficytu kakao i jego produktów (masło kakaowe, miazga kakaowa). Potencjalna luka ilościowa między podażą a popytem kakao na świecie do 2020 roku może wynieść 1 mln ton kakao [Schoeller, 2012]. Prognozowany wzrost konsumpcji słodczy może przyczynić się do wzrostu istotności tego zagrożenia – konieczność modyfikacji składu produktów, zmian w procesach technologicznych itp.

Eksperci zwracają także uwagę na wahające się kursy walut wpływające na ceny surowców. Osłabienie złotego powoduje wzrost cen surowców i cen eksportowych polskich produktów, które przestają być konkurencyjne na europejskim rynku.

Istotną barierę rozwoju przemysłu cukierniczego w Polsce stanowią utrudnienia prawne i celne w eksporcie – odpowiedzialność prawno-skarbowa wynikająca z deklaracji firmy dotyczącej wartości produktu eksportowanego, klasyfikacji taryfowej oraz odpowiedniej stawki celnej spoczywa na importerze. Wszelkie błędy wynikające ze skomplikowania obowiązujących procedur i niejasności przepisów

prawa wiążą się z poważnymi konsekwencjami finansowymi i prowadzą do opóźnienia dopuszczenia produktów na rynek docelowy. Problem pogłębiają bariery administracyjne, odmienność kulturowa i obyczajowa w krajach do których eksportowane są polskie słodycze, np. w krajach arabskich, które znacząco ograniczają rozwój eksportu [Gorzelański-Dziadkowiec, 2013; Kociszewski, 2013; Szwacka-Mokrzycka i Kociszewski, 2013].

Mimo oczywistych trudności w branży cukierniczej w Polsce przeważają nastroje optymistyczne. Odpowiedzią na istniejące bariery rozwoju są wybierane przez firmy strategie, które dotyczą prawie wszystkich obszarów ich działalności. Największym szans na ekspansję podmioty operujące w tym przemyśle upatrują w rozwoju eksportu, zwłaszcza wyrobów czekoladowych.

Coraz istotniejszy, zwłaszcza dla małych i średnich producentów działających na rynku słodocy, staje się rozwój produktów wytwarzanych pod markami własnymi. Obserwujemy polaryzację produktów oferowanych przez przemysł cukierniczy – z jednej strony wzrost zapotrzebowania na produkty premium o wysokiej wartości dodanej i unikalnych cechach sensorycznych, których wysoka cena staje się wyznacznikiem ich jakości, a jednocześnie wzrost zapotrzebowania na tańsze słodycze, tzw. private label.

Równie istotną szansą na rozwój rynku słodocy, zwłaszcza ciastek i przekąsek jest poszerzanie asortymentu słodocy w ramach kategorii health&wellness, co odpowiada rosnącemu zainteresowaniu konsumentów racjonalnym odżywianiem i wzrostem świadomości w zakresie wpływu żywności na zdrowie.

Szansą staje się wprowadzanie nowych odmian produktów i coraz większa obecność zarówno w tradycyjnych, jak i innowacyjnych kanałach dystrybucji (sklepy wielkopowierzchniowe, dyskonty, automaty, sprzedaż przez Internet).

Trendy rozwojowe w przemyśle cukierniczym a oczekiwania konsumentów

Polacy, niezależnie od płci lubią i chętnie sięgają po słodycze. 82% mieszkańców południowo-wschodniej Polski regularnie je konsumuje (84% Polaków w skali kraju). Najchętniej po słodycze sięgają ludzie młodzi do 24 lat – 93% mieszkańców południowo-wschodniej Polski i 90% respondentów na próbie ogólnokrajowej, najmniej chętnie ludzie starsi po 65 roku życia (odpowiednio 74% i 78% respondentów).

Spośród wszystkich kategorii wyrobów cukierniczych dostępnych na polskim rynku największym zainteresowaniem mieszkańców południowo-wschodniej Polski cieszą się czekolady, zwłaszcza mleczne (65% wskazań w ramach badanej grupy, 65% w skali ogólnopolskiej). Zwiększa się zainteresowanie czekoladą gorzką, którą wybiera 62% konsumentów. Dużą popularnością cieszą się także batony czekoladowe i wafle impulsowe, zwłaszcza w powiększonej wersji, uznawanej za bardziej atrakcyjną cenowo,

popularne wśród młodszych konsumentów do 35 roku życia. Konsumenty chętnie sięgają po nie w opakowaniach zbiorczych.

Jednym z najbardziej widocznych trendów na rynku słodczy jest prozdrowotność, istotna dla 93% respondentów ogółem. Jak pokazują badania najważniejszym kryterium wyboru nie jest jednak kaloryczność produktów (54% w badaniach własnych i 57% w badaniach ogólnopolskich), a ich skład warunkowany jakością składników (odpowiednio 94% i 96% wskazań) i wartością odżywczą produktów (odpowiednio 94% i 95% wskazań). Producenci i dystrybutorzy słodczy dostrzegają istotność promocji prozdrowotnych właściwości gorzkiej czekolady, pełnoziarnistych ciastek, czy batonów śniadaniowych. Coraz większe jest także zainteresowanie możliwością stosowania w produkcji słodczy pełnoziarnistej mąki, zamienników cukru, np. stewii, ksylitolu, mąki bezglutenowej, czy nutraceutyków, np. w postaci ekstraktów roślinnych z ziół leczniczych i przypraw. W kategorii słodczyce dostrzega się duży potencjał tworzenia nowych produktów w ramach żywności poprawiającej nastrój (mood food), czy żywności upiększającej (beauty food). Rośnie zainteresowanie produktami nie zawierającymi glutenu i/lub pozbawionymi laktozy, co jest realizacją zapotrzebowania na takie produkty przez osoby z nietolerancjami pokarmowymi. W badaniach własnych 36% respondentów zadeklarowało zainteresowanie takimi produktami. Dostrzegalna jest moda na zdrowy styl życia i chęć aktywnej walki z otyłością – jedną z opcji jest wprowadzenie podatku od „niezdrowej żywności”. Polscy konsumenci są temu zdecydowanie przeciwni – 94% wskazań w badaniach własnych. Skutecznym sposobem realizacji walki z otyłością jest zmniejszanie wielkości opakowań (58% wskazań) i sprzedaż produktów w opakowaniach „na raz” (52%), tak, by ich kaloryczność nie przekraczała 250 kcal. Inną formą to opakowania zbiorcze zawierające kilka mniejszych porcji danego produktu, np. mini batony (48% wskazań).

Coraz istotniejsze staje się dążenie do walki z otyłością dzieci przejawiające się rosnącym zainteresowaniem zdrowymi przekąskami, bez dodatku sztucznych barwników i wzmacniaczy smaku, o ograniczonej kaloryczności i atrakcyjnej dla dzieci formie – 78% respondentów byłaby nimi zainteresowana. Warto podkreślić, że w trosce o zdrowie najmłodszych polski przemysł spożywczy zobowiązał się dobrowolnie, że nie będzie kierował reklam swoich produktów do dzieci poniżej 12. roku życia.

Rośnie poparcie dla odpowiedzialnej konsumpcji – przybywa konsumentów, którzy świadomie wybierają słodczy pochodzące z upraw ekologicznych (23%) i z tzw. sprawiedliwego handlu „fair trade” (12%). Dotyczy to zwłaszcza konsumentów czekolady i innych produktów, których bazą jest kakao. Wiąże się z tym również trend określany jako clean label, czyli czysta etykieta – tworzenie receptur produktów w oparciu o tradycyjne receptury, świadome rezygnowanie z syntetycznych dodatków, skracanie listy składników w myśl zasady, że im prościej tym zdrowiej. Takim

rozwiązaniem zainteresowane byłoby 54% respondentów z południowo-wschodniej Polski.

Rozwija się prosumpcja polegająca na włączaniu konsumentów w aktywny udział w opracowywaniu nowych produktów cukierniczych, czego efektem jest personalizacja tej kategorii produktów – np. możliwość skomponowania własnego zestawu słodczy w specjalnym opakowaniu oznaczonym imieniem osoby, dla której jest przeznaczony. Zainteresowanie taką możliwością deklaruje 45% respondentów, szczególnie podczas zakupu słodczy na prezent.

Obserwujemy rozwój nowych kanałów dystrybucji – z uwagi na istotność ceny w wyborze słodczy najistotniejsze to supermarkety i dyskonty (po 64% wskazań). Zwiększać się także będzie udział sprzedaż słodczy przez Internet i z automatów. Wśród wymagających klientów będzie rosło zainteresowanie zakupem słodczy w sklepach z żywnością ekologiczną i lokalną, a także w kawiarniach i wyspecjalizowanych sklepach ze słodczymi zwłaszcza klasy premium. Duży potencjał przypisuje się także rozwojowi sieci sklepów flagowych danej marki, które prócz słodczy oferują także odzież, zabawki, gadżety oznakowane logo danej marki.

Wśród trendów rozwojowych na rynku słodczy pojawia się moda na egzotyczne smaki i dodatki – Polacy preferują wprawdzie tradycyjne smaki (84% wskazań w badaniach własnych i 90% w badaniach ogólnopolskich), ale 55% z nich jest skłonna próbować nowe smaki. Na świecie zainteresowanie nietypowymi dodatkami zwłaszcza do czekolady systematycznie rośnie, np. sól morską, bekon, zioła, kwiaty, wasabi. Już obecnie dostępne są w Polsce czekolady z chili, fiołkami, płatkami róż – ich udział zwłaszcza w kategorii produkty premium zdaniem ekspertów będzie rósł.

Nowości na rynku wyrobów cukierniczych będą efektem opracowywania nowych receptur. Przewiduje się, że rosnące na światowych giełdach ceny kakao w związku z dużym wzrostem popytu w skali świata na czekoladę wymuszą na producentach zmiany receptur i zmniejszenie zawartości kakao w swoich produktach. Alternatywą jest wprowadzenie bardziej wydajnych metod upraw ziarna kakaowca.

Podsumowanie

Polski przemysł cukierniczy w porównaniu z krajami Europy Zachodniej ma duży potencjał rozwoju. Konsumpcja słodczy w najbliższych latach będzie najpewniej w niewielkim stopniu, ale stabilnie rosła, zwiększy się także wielkość produkcji i poszerzy dostępny asortyment. Niestety innowacje produktowe mają najczęściej charakter przyrostowy i często opierają się na naśladownictwie rozwiązań z bardziej dojrzałych rynków. Częściowo wynika to z niskiego poziomu know-how w zakresie najnowszych rozwiązań w przemyśle spożywczym, a częściowo z konserwatywności żywnościowej polskich konsumentów, którzy preferują tradycyjne smaki i formy

słodocy. W tym kontekście słowo „nowość” jest nadużywane przez producentów słodocy. Polscy konsumenci są jednocześnie coraz bardziej świadomi i wymagający, przejmują się wpływem słodocy na zdrowie. Najistotniejsze czynniki wyboru słodocy to smak, jakość i cena kupowanych produktów. Uzyskane wyniki badań własnych w większości pokrywają się z wynikami badań ogólnopolskich. Szczególnie wrażliwi na cenę są młodzi konsumenci. Kolejne kryteria wyboru słodocy to kraj pochodzenia produktu, obniżona kaloryczność, wygląd i wielkość opakowania. Moda na zdrowy styl życia wiąże się z też koniecznością walki z otyłością – wprowadzanie mniejszych opakowań, np. do 250 kcal, opakowania zbiorcze zawierające mniejsze porcje słodocy, porcje ciastek „na raz”, słodocze light, produkty bezcukrowe to przykłady praktycznej realizacji tego trendu. W ramach walki z otyłością pojawia się też chęć walki z otyłością dzieci, która przejawia się poszukiwaniem zdrowych przekąsek. Odpowiedzialna konsumpcja, rosnące znaczenie produktów pochodzących z upraw organicznych i handlu fair trade, personalizacja słodocy, nowe kanały dystrybucji, czy moda na egzotyczne smaki to kolejne przejawy innowacyjności w tej branży.

Projekt został sfinansowany ze środków przeznaczonych dla Wydziału Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

Literatura

1. Drażek M. i in. Zmiany preferencji Polaków w zakresie konsumpcji żywności. Raport 2015 Banku BGŻ BNP Paribas przygotowany we współpracy z firmą badawczą GfK, Bank BGŻ BNP Paribas S.A., listopad 2015, <http://media.bgzbnpparibas.pl/1795/pl/presskit/11410?file=761404> (dostęp on-line: 25.04.2016 r.).
2. Gorzelany-Dziadkowiec M. Wykorzystanie kluczowych czynników sukcesu w analizie strategicznej na przykładzie branży piekarniczo-cukierniczej, w: Analiza strategiczna wybranych branż przemysłu rolno-spożywczego w Polsce (red. K. Firlej). Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2013, 26-43.
3. Grauiet P. i in. Raport KPMG. Rynek słodocy w Polsce. Edycja 2014. Polbisco, <https://www.kpmg.com/PL/pl/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/2014/Rynek-slodocy-w-Polsce-2014-online-secured.pdf> (dostęp on-line 15.04.2016 r.).
4. Kociszewski M., Szwacka-Mokrzycka J. Przemysł cukierniczy w Polsce. Przemysł Spożywczy, 2016, 70(1), 2-4.
5. Kociszewski M. Zagrożenia i wyzwania dla branży cukierniczej w Polsce, Mistrz Branży, 2013, 1, 72–73.
6. Rocznik Statystyczny Przemysłu, GUS, Warszawa, 2014.
7. Schoeller P. H. Future of Cacao – Sustainability, Barry Callebaut AG, Forum Słodoczone, Warszawa, 8.11.2012 r.
8. Struzik R. Uwolnienie kwot cukrowych szansą czy zagrożeniem?, <http://www.wrp.pl/uwolnienie-kwot-cukrowych-szansa-czy-zagrozeniem/> (dostęp on-line 23.04.2016 r.).
9. Szczepaniak I. Ekonomiczna ocena innowacyjności polskiego przemysłu spożywczego. Przemysł Spożywczy, 2016, 70(2), 2-6.
10. Szwacka-Mokrzycka J., Kociszewski M. Zagrożenie i szanse rozwojowe rynku cukierniczego w Polsce. Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej 2013, 103, 119-130.
11. Śmigórski R. Rynek słodocy w Polsce. Przekrojowa analiza rentowności producentów słodocy funkcjonujących na rynku polskim, Grant Thornton, Edycja 201

MONIKA PRZEOR, EWA FLACZYK,
JOANNA KOBUS-CISOWSKA, DOMINIK KMIECIK

*Katedra Technologii Żywności Człowieka, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, email: monika.przeor@up.poznan.pl*

NAPOJE FUNKCJONALNE W OPINII KONSUMENTÓW

Streszczenie

Asortyment żywności funkcjonalnej, w tym napojów, z roku na rok się poszerza. Konsumenty stają się coraz bardziej wymagający i świadomi w podejmowaniu wyborów zakupowych. Obserwuje się jednocześnie błędne rozumienie żywności funkcjonalnej lub mylenie jej z żywnością innego typu.

Celem niniejszej pracy była próba poznania opinii konsumentów, ich upodobań, świadomości i wiedzy na temat napojów funkcjonalnych. W grupie 114 osób przeprowadzono ankietę metodą sondażu diagnostycznego. Do analizy statystycznej użyto testu niezależności χ^2 , $\alpha = 0,05$.

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że pomimo wzrostu wiedzy i świadomości konsumentów, popełniają oni wiele błędów. Wielu ankietowanych nie znało pojęcia *napój funkcjonalny* lub skrótu *GDA*. Stwierdzono, że sama obecność na rynku szerokiego asortymentu produktów spożywczych o charakterze funkcjonalnym nie przyniesie zamierzonego skutku profilaktyczno-leczniczego dla społeczeństwa. Odpowiednia edukacja jest tu równie istotna.

Słowa kluczowe: żywność funkcjonalna, napoje energetyzujące, napoje izotoniczne, opinie, wiedza

Wprowadzenie

Niekwestionowanym faktem jest zmiana wiedzy konsumentów na temat zależności pomiędzy stanem zdrowia a żywieniem. Konsumenty coraz bardziej dążą do zachowania dobrego stanu zdrowia oraz pełnej sprawności psychofizycznej przez jak najdłuższy czas dbając o to, co znajdzie się na ich talerzu. Duży wpływ na postrzeganie żywności ma ogrom informacji docierających do ludzi poprzez media czy reklamy, a z drugiej strony pewna moda, intensywnie wkraczająca do codziennego życia na tzw. bycie *fit*. W tym aspekcie widać stosunkowo wyraźnie, że pełnowartościowe produkty, spełniające określone wymogi pod względem wartości odżywczej stają się coraz częściej codziennym wyborem, a na produkty funkcjonalne zwraca się szczególną uwagę.

Już Hipokrates zauważył znaczenie żywienia w leczeniu pisząc „*Niech żywność będzie Twoim lekarstwem, a lekarstwo Twoją żywnością*”. Dzisiaj producenci prześcigają się wręcz we wprowadzaniu na rynek coraz to nowszych produktów, starając się

wyróżnić na tle tradycyjnej żywności [Kudelka, 2011]. Jednym z takich kierunków produkcyjnych jest żywność pomocna w utrzymaniu zdrowia, samopoczucia i zmniejszająca ryzyko chorób. W ten sposób powstał dział żywności pozytywnie wpływającej na organizm człowieka – żywność prozdrowotna.

Uważa się, że pomysłodawcami i pionierami w wytwarzaniu żywności funkcjonalnej byli mieszkańcy Dalekiego Wschodu [Olędzka, 2007]. Celem jej było nie tylko dostarczenie odpowiednich składników niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu, ale przede wszystkim poprawa funkcji fizjologicznych – wspomaganie procesu leczenia i/lub profilaktyka [Grajeta, 2004; Olędzka, 2007; Śliwińska i Lesiów, 2013]. Pierwsza zwarta prawnie definicja i status takiej żywności zostały stworzone w Japonii w 1991 roku – FOSHU (*Foods for Specified Health Use*). Istnieje jednak jeszcze wiele nazw i określeń: *Agromedical Foods*, *Designed Foods*, *Fitness Food*, *Fortified Foods*, *Medifoods*, *Nutraceutical*, *Performance Food*, *Pharma Food*, *Therapeutic Food*, *VitaFoods*, *Wellness Food* [Kudelka, 2011]. Na świecie żywność funkcjonalna widoczna jest szczególnie w krajach rozwiniętych [Siró i in., 2008]. W Polsce rynek ten rozwija się prężnie, co pokazują prowadzone badania, granty, informacje publikowane na łamach czasopism popularno-naukowych czy obecność takiej żywności na półkach [Górecka i in., 2009; Lange, 2010; Siewierska, 2012; Kobus-Cisowska i in. 2013; Tomaszewska i in. 2014; Przeor i Flaczyk 2016].

Do żywności funkcjonalnej należą napoje funkcjonalne będące napojami bezalkoholowymi [Flaczyk i in., 2006; Gawęcki, 2010]. Są one specjalnie wzbogacane w różne składniki aktywne (błonnik pokarmowy, witaminy, składniki mineralne, ekstrakty roślinne, mikroorganizmy, aminokwasy, oligosacharydy) [Gawęcki, 2010; Śliwińska i Lesiów, 2013]. Według jednego z podziałów dzielą się na: (1) napoje uzupełniające (energetyzujące i izotoniczne), (2) napoje zdrowotne (dostarczające organizmowi składniki mineralne oraz witaminy), (3) napoje terapeutyczne/lecznicze [Gawęcki, 2010]. Na polskim rynku największą grupą zaliczaną do napojów funkcjonalnych są: napoje energetyzujące, napoje izotoniczne, przetwory mleczarskie – szczególnie zawierające bakterie probiotyczne, oraz wszelkiego rodzaju soki z dodatkami [Górecka, 2007], a najczęstszymi konsumentami żywności funkcjonalnej są kobiety [Górecka i in., 2009]. Osoby młode są bardziej otwarte na poznawanie tego co innowacyjne, posiadają szerszą wiedzę na ten temat oraz najchętniej akceptują nowości [Flaczyk i in., 2013].

Przez ostatnie lata wzrosła tendencja do spożywania napojów funkcjonalnych, zwłaszcza energetyzujących i izotonicznych [Joachimiak i Szołtysek, 2013], które towarzyszą, już nie tylko sportowcom wyczynowym lub amatorom, ale nawet osobom nie podejmującym aktywności w ogóle. Z tego względu podjęto badania, których celem

była próba poznania opinii konsumentów, ich upodobań, świadomości i poziomu wiedzy w obszarze napojów funkcjonalnych.

Material i metody badań

Badania zrealizowano w miesiącach marzec-kwiecień 2015 roku. Dobór respondentów był losowy. Badanie wykonano z użyciem autorskiej ankiety w wersji elektronicznej – formularz *Google* przeznaczony do tworzenia kwestionariuszy. Link do formularza udostępniono na portalach społecznościowych i forach internetowych. Średni czas wypełniania ankiety wynosił około 10 minut. Zastosowana forma ankietowania zapewniała prawidłowość wypełnienia ankiety. Z wypełnionych 114 ankiet wszystkie zostały zakwalifikowane do analizy. Zastosowano dobór losowy prosty tzn. jedynym kryterium doboru próby była świadoma zgoda udziału w badaniu poprzez kliknięcie w link internetowy. Wypełnienie ankiety było całkowicie anonimowe. Główną metodą badawczą była metoda sondażu diagnostycznego.

Ankieta obejmowała 31 pytań zamkniętych, podzielonych na dwie części: ogólną i szczegółową, oddzielone pytaniem filtrującym. Część pierwsza kwestionariusza obejmowała pytania o samodzielność wykonywania zakupów, znajomość terminów, częstotliwość spożycia i wiedzę (wyniki przedstawiono w niniejszym opracowaniu). Część druga została opracowana w innej formie, a tutaj pominięta. Ankiety kończyła metryczka charakteryzująca badane osoby (płeć, wiek, wykształcenie, powiązanie z dietetyką/technologią żywności, miejsce zamieszkania, poziom aktywności ruchowej).

Do analizy statystycznej otrzymanych danych, przy badaniu współzależności, użyto testu niezależności chi-kwadrat (χ^2) w stosunku do większości pytań ankiety, a wartości krytyczne zostały odczytane z tabeli rozkładu chi-kwadrat przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ oraz przy stopniach swobody $df = (r-1)(k-1)$. Pozwoliło to na określenie zależności odpowiedzi od typu ankietowanych, przy przyjętym poziomie istotności. Jeżeli wartość testu niezależności χ^2 była mniejsza od wartości krytycznej χ^2 odczytanej z tablic to uznawano, że wyniki są nieistotne statystycznie i nie istnieje zależność między odpowiedziami ankietowanych a płcią i/lub wiekiem i/lub wykształceniem kierunkowym. W przeciwnym wypadku – twierdzono, że istnieje statystycznie istotna zależność co do danych cech tj. płeć, wiek i/lub wykształcenie kierunkowe mają wpływ na odpowiedzi respondentów.

Wyniki i dyskusja

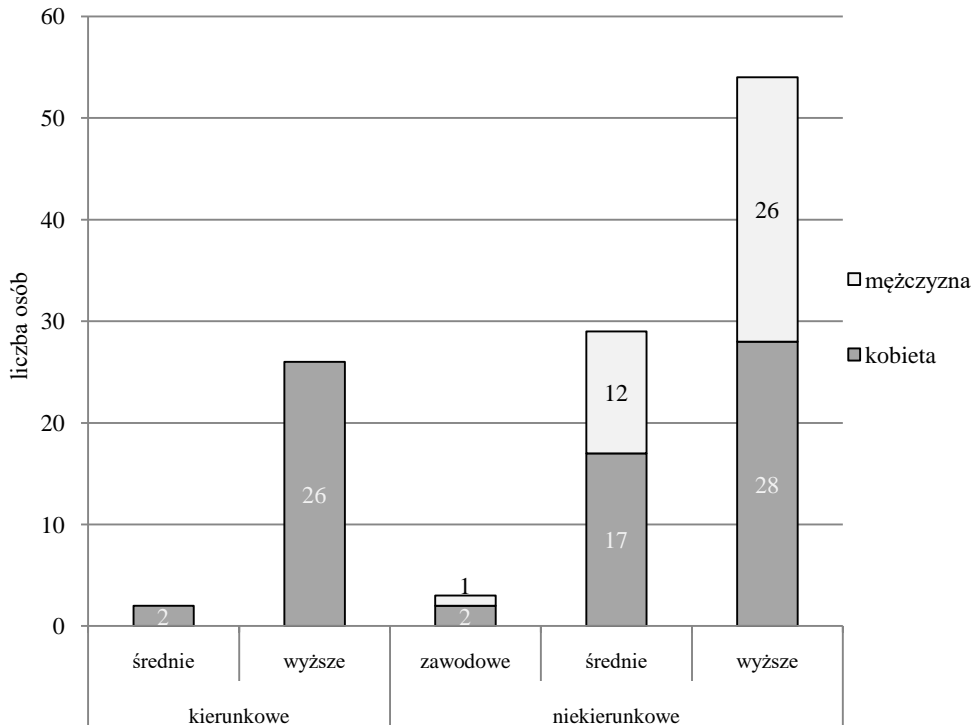
Badania przeprowadzono w losowo dobranej grupie respondentów, co zapewniło różnorodność grupy. Charakterystykę grupy przedstawiono w tabeli 1. Większość stanowiły osoby mieszkające na wsi – 53 osoby (46%), mieszkańcy małych miast to 28 osób (25%), a dużych miast to 19% + 10% ankietowanych (odpowiednio: zamieszkujący

miasta >100 tysięcy mieszkańców i mieszkańcy miast, w których ludność stanowiła 30-100 tysięcy). Ze względu na płeć wśród ankietowanych przeważały kobiety w wieku 18-25 lat mieszkające na wsi oraz mężczyźni w wieku 25-35 lat z małych miast. Młodzi ankietowani (18-25 lat) stanowili 53% respondentów, zaś starsi (25-35 lat) – 47% całej grupy. Nie odnotowano respondentów w innych kategoriach wiekowych.

Tabela 1. Charakterystyka ankietowanych (n = 114)

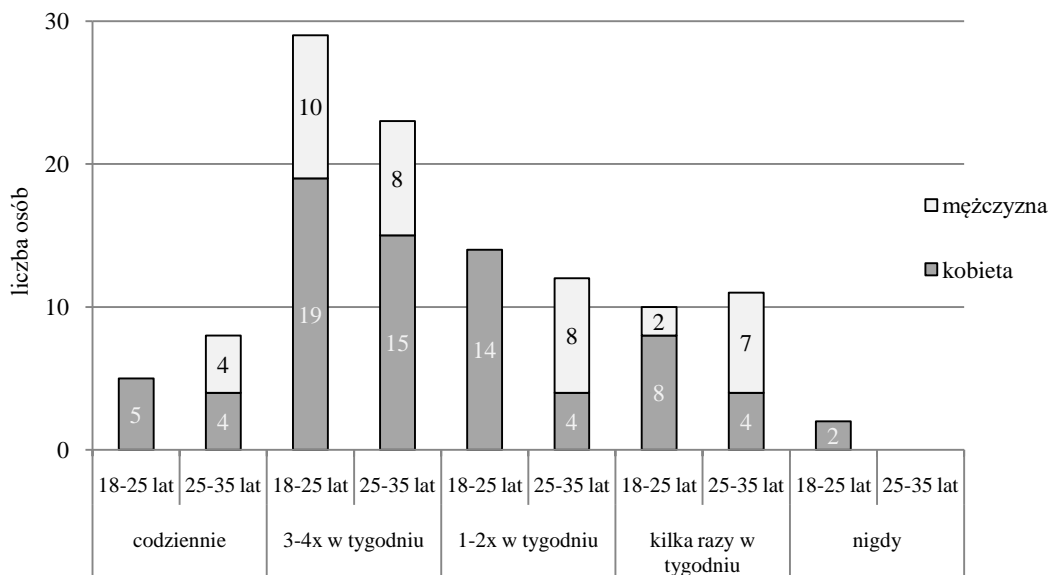
Cecha	Ankietowani		
		[ilość]	[% ogółu]
Płeć	kobiety	75	66
	mężczyźni	39	34
Wiek	18-25 lat	60	53
	25-35 lat	54	47
Miejsce zamieszkania	wieś	53	46
	miasto do 30 tys. mieszkańców	28	25
	miasto 30-100 tys. mieszkańców	11	10
	miasto >100 tys. mieszkańców	22	19
Wykształcenie - ogólnie	zawodowe	3	3
	średnie	31	27
	wyższe	80	70
Wykształcenie kierunkowe (np. dietetyka, technologia żywności, itp.)	tak	28	25
	nie	86	75
Częstotliwość aktywności ruchowej	codziennie	13	11
	3-4 razy w tygodniu	52	46
	1-2 razy w tygodniu	26	23
	kilka razy w miesiącu	21	18
	nigdy	2	2

Wśród ankietowanych największy odsetek stanowiły osoby z wykształceniem wyższym (70%), z czego 54 osoby to kobiety. Wykształcenie średnie zadeklarowała 1/3 respondentów (31 osób), a zawodowe jedynie 3 osoby. W odniesieniu do postawionego celu badań dokonano analizy charakteru posiadanego wykształcenia i powiązania z dziedziną jaką jest żywienie i dietetyka. Wyniki takiej analizy zestawiono na rysunku 1. Posiadanie wiedzy ukierunkowanej żywieniowo zadeklarowało 26 kobiet o wykształceniu wyższym i 2 kobiety o wykształceniu średnim. Żaden mężczyzna nie zadeklarował wykształcenia kierunkowego.

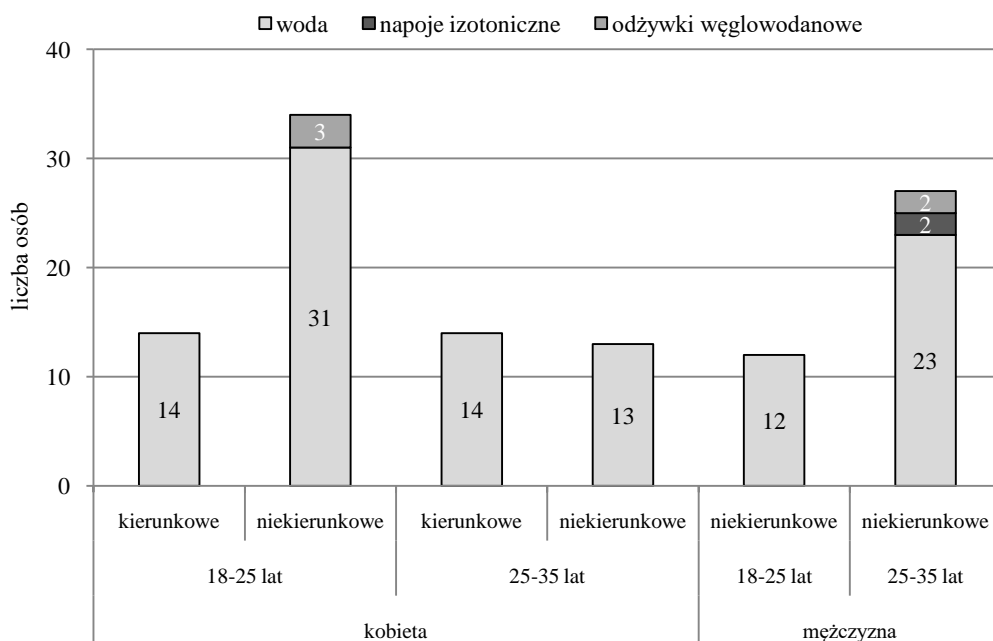


Rysunek 1. Struktura wykształcenia kierunkowego respondentów

Projektując formularz ankietowy założono, że tematyka napojów funkcjonalnych w dużej mierze dotyczy osób uprawiających profesjonalnie sport lub inną aktywność fizyczną na każdym poziomie zaangażowania. Na rynku bowiem znajduje się spory asortyment produktów przeznaczonych dla sportowców, po które mogą oni sięgać celem uzupełnienia składników po wysiłku lub poprawy kondycji w trakcie treningu. Ankietowani zapytani o częstotliwość wykonywania aktywności ruchowej określali ją poprzez krotność podejmowania wysiłku fizycznego w danym okresie, co przedstawiono na rysunku 2. Aktywność ruchową 3-4 razy w tygodniu podejmowały 52 osoby (46%), 23% ankietowanych zaznaczyło częstotliwość 1-2 razy w tygodniu, 18% - kilka razy w miesiącu. Tylko co dziesiąty respondent zadeklarował codzienną aktywność ruchową, a 2 osoby przyznały, że nie ćwiczą wcale.



Rysunek 2. Częstotliwość wykonywania przez respondentów dodatkowej aktywności ruchowej

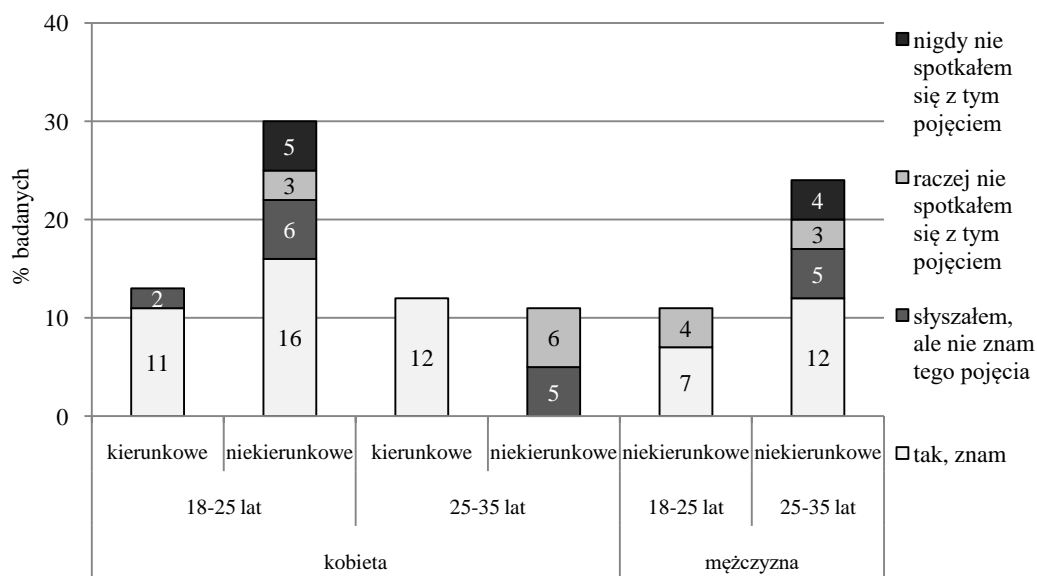


Rysunek 3. Napoje zwyczajowo spożywane podczas wysiłku fizycznego przez respondentów

W tym samym kontekście zapytano badanych, co spożywają podczas wysiłku fizycznego (Rys. 3). Wśród zaproponowanych odpowiedzi (*woda, napoje izotoniczne, napoje energetyzujące, odżywki węglowodanowe, sok, nic nie piję*) aż 94% ogółu

respondentów wskazało wodę. Pozostałe osoby sięgały po napoje izotoniczne (2 osoby) lub korzystały z odżywek węglowodanowych (5 respondentów).

Kolejne pytania ankietowe dotyczyły poziomu wiedzy oraz znajomości określonych definicji. Na opakowaniach produktów spożywczych, w tym produktów funkcjonalnych pojawia się skrót GDA (z ang. *Guideline Daily Amount*) oznaczający wskazane dzienne spożycie danego składnika. Pomimo jednak, że skrót ten występuje stosunkowo powszechnie uznano, że warto zapytać konsumentów czy znają jego znaczenie (Rys. 4). Okazało się, że 66 osób (58%) deklarowało znajomość skrótu/pojęcia, 21 osób (18%) *słyszało, ale nie zna tego pojęcia*. Wyniki pokazały, że 1 na 8 ankietowanych *raczej się nie spotkał z tym oznaczeniem*, a 9% ogółu w ogóle *nie zna tego pojęcia*. Biorąc pod uwagę wykształcenie, dla osób związanych kierunkowo z żywieniem termin GDA nie stanowił nowości. Po zastosowaniu testu χ^2 wyniki w odniesieniu do wykształcenia kierunkowego okazały się istotne statystycznie.

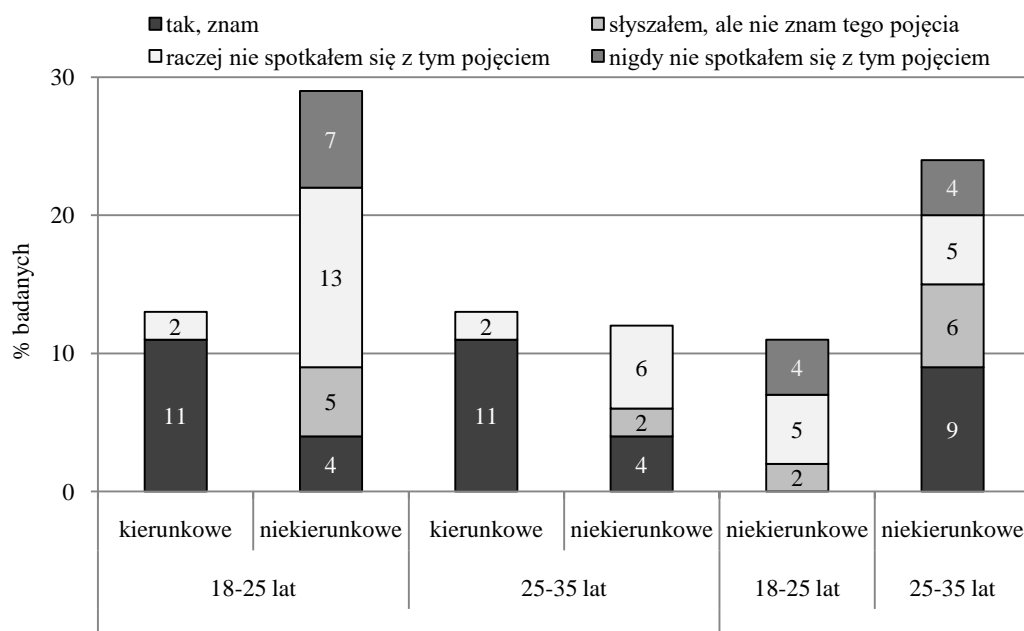


Rysunek 4. Znajomość skrótu GDA przez respondentów

Ankietowanych zapytano o znajomość pojęcia *napoje funkcjonalne*. Według przeprowadzonej ankiety 43 osoby (38%) stwierdziły, że *znają pojęcie napojów funkcjonalnych*, 17 ankietowanych (15%) *słyszało o napojach funkcjonalnych*. 1/3 osób zdecydowanie stwierdziła, że *raczej się z tym pojęciem nie spotkała*, a pozostałe 16 osób (14%) – *nigdy się z tym pojęciem nie spotkało*. Należy zwrócić uwagę, że deklarowanie znajomości pojęcia napoje funkcjonalne przez badanych można odbierać dwojako: być może słyszeli oni generalnie o żywności funkcjonalnej lub drogą dedukcji skategoryzowali napoje specjalnego przeznaczenia do żywności funkcjonalnej. Biorąc

pod uwagę kierunkowe wykształcenie, wśród osób mających wiedzę z zakresu żywienia w większości padały odpowiedzi twierdzące (24 osoby znały napoje funkcjonalne), choć kilka osób (4 osoby) odpowiedziało, iż *raczej nie spotkały się z tym pojęciem*. W grupie bez wykształcenia kierunkowego odpowiedzi były zróżnicowane (Rys. 5). Test statystyczny określił istotność statystyczną dla uzyskanych wyników w odniesieniu do posiadanego wykształcenia.

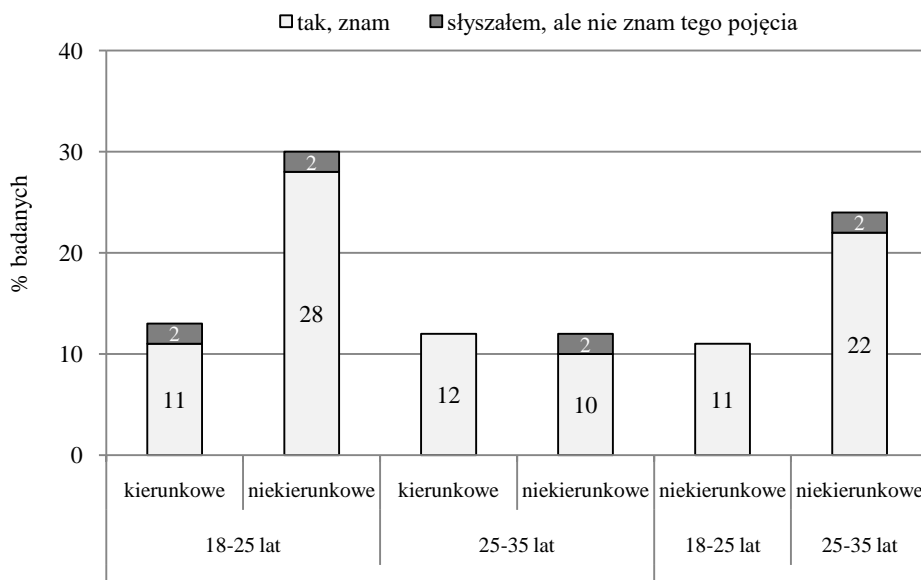
Przedstawione wyniki pokazują, że nawet konkretne wykształcenie nie jest gwarantem posiadanej wiedzy lub chęci monitorowania nowości pojawiających się na rynku spożywczym. Czasem również zbyt długi okres, który upłynął od ukończenia kształcenia spowodował braki w takiej wiedzy. Badania Sosińskiej i współpracowników [Sosińska i in., 2006] prowadzone 9 lat wcześniej niż niniejsze wykazały, że pojęcie żywności funkcjonalnej znane było wtedy tylko przez 4% ankietowanych. Trzy lata później w badaniach Bakalarskiej [Bakalarska, 2009] aż 87% osób nie znało tego pojęcia. Widać zatem, że z roku na rok świadomość konsumentów w tym obszarze rośnie.



Rysunek 5. Znajomość pojęcia napojów funkcjonalnych przez respondentów

Ilość i rodzaje napojów występujących na rynku mogą nie jednego niewtajemniczonego konsumenta wprowadzić w błąd. Dodatkowo stale pojawiają się nowe produkty różnych firm specjalizujących się w produkcji form mieszanych i o kilku właściwościach jednocześnie. W tym obszarze może mieć miejsce mylne postrzeganie poszczególnych kategorii napojów. W badaniach postanowiono sprawdzić znajomość wśród respondentów definicji napojów, które mogą być błędnie postrzegane. Wyniki

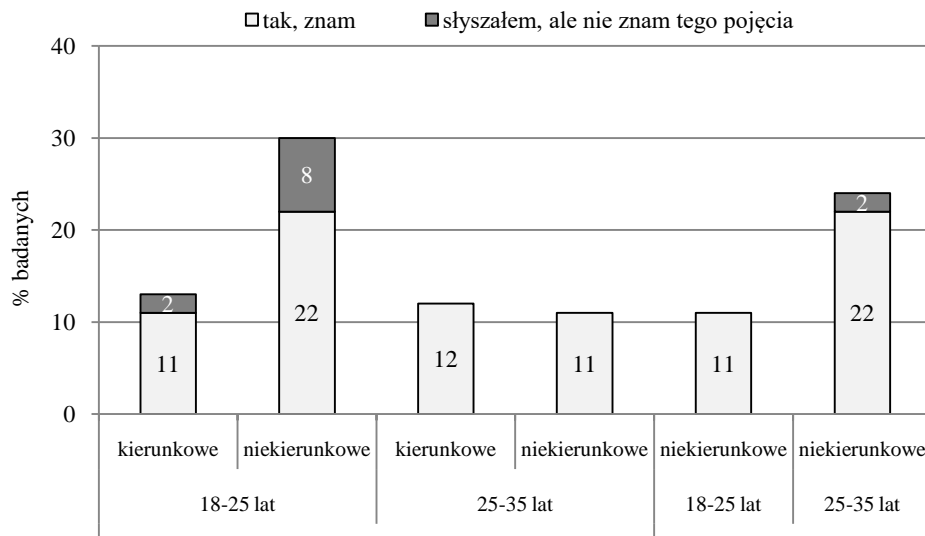
dotyczące napojów energetyzujących przedstawiono na rysunku 6, a napojów izotonicznych na rysunku 7.



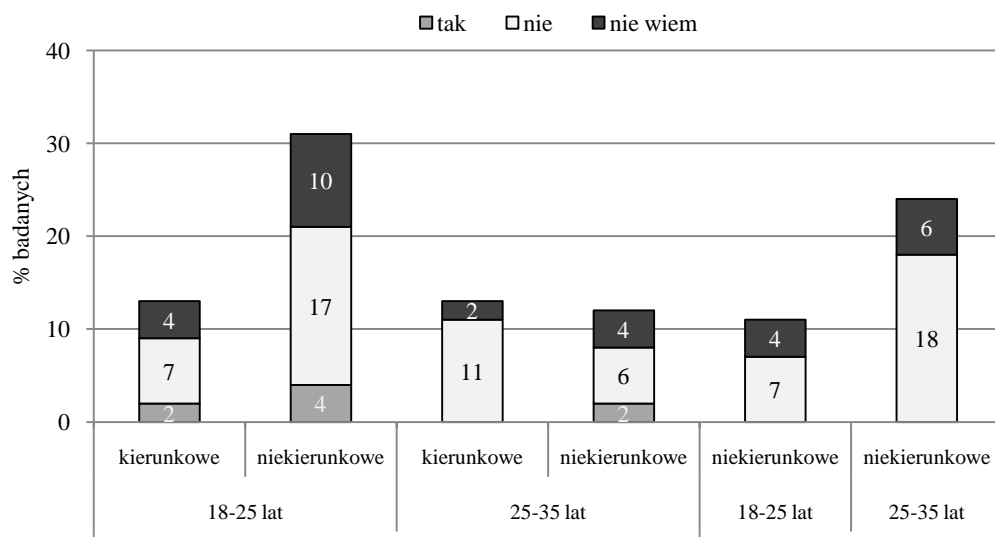
Rysunek 6. Znajomość pojęcia napoje energetyzujące wśród respondentów

Zdecydowana większość ankietowanych wskazała znajomość napojów energetyzujących (93%) oraz izotonicznych (89%). Tylko niewielki odsetek badanych stwierdził, że *słyszał, ale nie zna pojęcia* napoje energetyzujące (7%) lub napoje izotoniczne (11%). Analiza statystyczna testem χ^2 wykazała, że istnieje istotnie statystyczna zależność przy założonym poziomie istotności pomiędzy wiekiem ankietowanych, a znajomością pojęcia napojów izotonicznych. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy są zdecydowanie bardziej zadowalające niż te prezentowane wcześniej. Aslam i współpracownicy [2013] przeprowadzili bowiem badania wśród studentów czterech uczelni medycznych, gdzie tylko 29% badanych spożywających napoje energetyzujące i 30% studentów niespożywających tych napojów, trafnie zdefiniowała pojęcie *napoje energetyzujące*.

W celu sprawdzenia poziomu wiedzy respondentów na temat napojów energetyzujących i izotonicznych, zadano im dwa pytania: *Czy napoje energetyzujące są zaliczane do napojów izotonicznych?* oraz *Czy napoje izotoniczne posiadają w swoim składzie kofeinę?* Według wyników ankiety 8 osób (7%) zaliczyło napoje energetyzujące do grupy napojów izotonicznych, 74 osoby (65%) uznały, że nie zalicza się ich do tej grupy, a 32 respondentów (28%) przyznało się, że tego nie wie (Rys. 8).



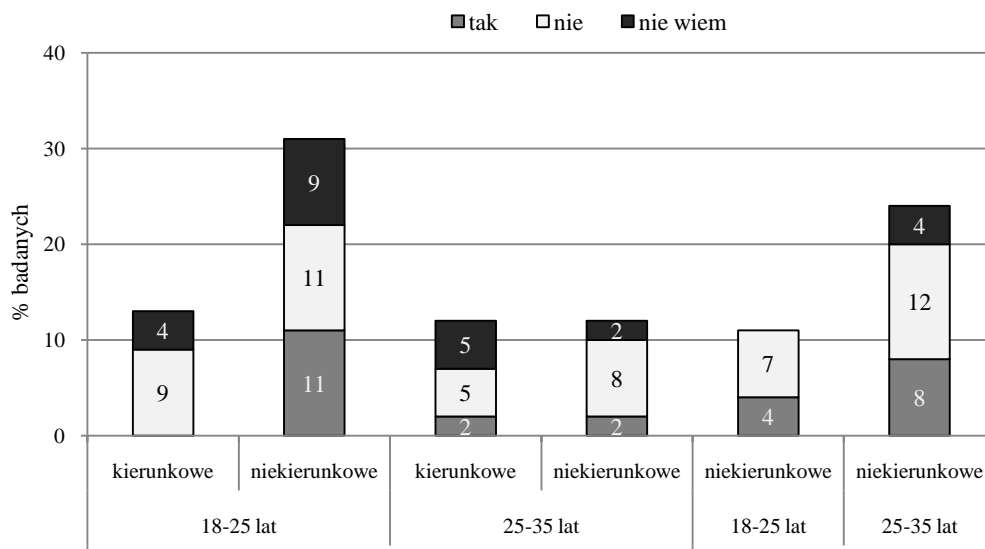
Rysunek 7. Znajomość pojęcia napoje izotoniczne wśród respondentów



Rysunek 8. Możliwość zaliczenia napojów energetyzujących do kategorii napojów izotonicznych według wiedzy respondentów

Odpowiedzi na pytanie związane z obecnością kofeiny (Rys. 9) w napojach izotonicznych kształtowały się następująco: 29 osób (25%) stwierdziło, że napoje takie posiadają kofeinę, 59 osób (52%) uznało, że nie ma w ich składzie kofeiny, a 26 badanych (23%) tego nie wiedziało. Po przeprowadzeniu testu statystycznego χ^2 przy pytaniu o zawartość kofeiny w napojach izotonicznych zauważono statystycznie istotną

zależność dla wykształcenia kierunkowego żywieniowego przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

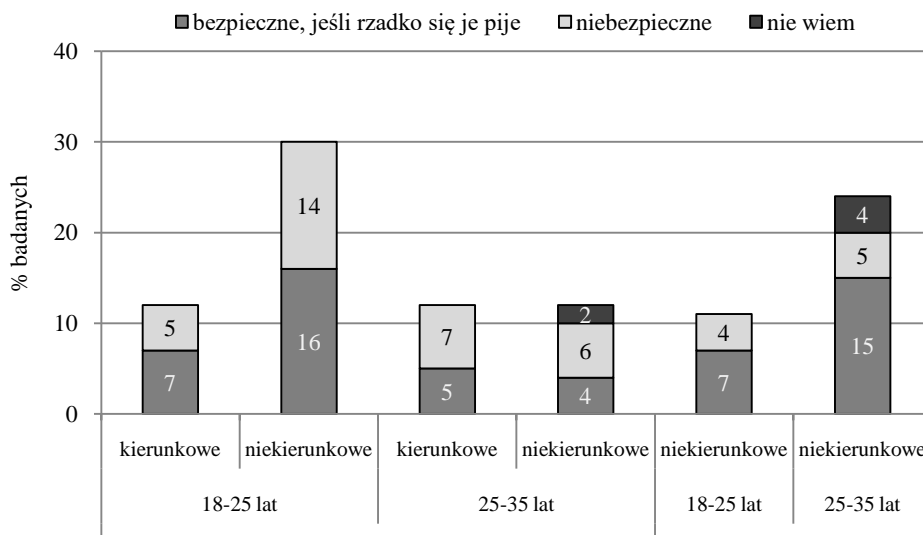


Rysunek 9. Wiedza respondentów na temat obecności kofeiny w napojach izotonicznych

Obecność napojów energetyzujących w niemal każdym sklepie skłoniła autorów badań do zadania pytania o stosunek respondentów do spożywania takich produktów. Okazało się, że nikt nie uznał ich za całkowicie bezpieczne. Według zestawionych odpowiedzi 54% ankietowanych uważało, że tylko rzadkie spożywanie napojów energetyzujących jest bezpieczne, 41% uznało je za całkowicie niebezpieczne, a 5% ankietowanych zaznaczyło odpowiedź *nie wiem* (Rys. 10).

Analizując wszystkie udzielone odpowiedzi można stwierdzić, że wiedza ankietowanych uzależniona była od ich wykształcenia, co kilkakrotnie potwierdzono testem statystycznym. Większość osób z wykształceniem kierunkowym prawidłowo definiowała pojęcia związane z różnymi napojami funkcjonalnymi, jak również ich składem i wpływem na zdrowie człowieka. Jednocześnie osoby o wykształceniu niezwiązanym z żywieniem odpowiadały dość zróżnicowanie.

Napoje funkcjonalne są obecne na naszym rynku spożywczym od kilku lat. Początkowe ogromne zainteresowanie napojami energetyzującymi i izotonicznymi skutkowało sporym ich spożyciem. W miarę upływu czasu, poszerzania asortymentu, rozwoju badań, obserwacji konsumentów oraz intensyfikacji funkcjonowania środowisk *eco*, *fit*, *bio* nastąpił podział na zwolenników i przeciwników. Oczywistym jest, że opinie respondentów i ich stosunek do napojów mogą różnić się w zależności od przyzwyczajeń, otoczenia, wieku i wykształcenia.



Rysunek 10. Stosunek respondentów do spożywania napojów energetyzujących

Zaobserwowano taką zależność także w prezentowanych badaniach. Należy jednak mieć na uwadze inną istotną kwestię – uważanie napojów funkcjonalnych wyłącznie za napoje energetyzujące lub izotoniczne nie służy prawidłowemu postrzeganiu żywności funkcjonalnej generalnie. Do grupy takich produktów stale dołączają nowe, o charakterze ewidentnie prozdrowotnym, projektowane specjalnie na potrzeby osób borykających się z określonymi schorzeniami. W obliczu tak intensywnego rozwoju tego sektora oraz mając na uwadze aktualne doniesienia epidemiologiczne, edukacja żywieniowa w zakresie żywności funkcjonalnej musi być prowadzona obszernie i jak najintensywniej.

Wnioski

Badania pokazały, że respondenci mylili napoje energetyzujące z napojami izotonicznymi pomimo, że napoje funkcjonalne nie były im obce. Warto zwiększyć edukację społeczeństwa na temat napojów funkcjonalnych, sposobu ich działania i skutków ubocznych, aby postrzegano określone produkty spożywcze zgodnie z ich przeznaczeniem.

Literatura

1. Aslam H.M., Mughal A., Edhi M.M, Saleem S., Rao M.H., Aftab A., Hanif M., Ahmed A., Khah A.M.H. Assessment of pattern for consumption and awereness regarding energy drinks among medical students. Archives of Public Health, 2013, 71 (1), 31.
2. Bakalarska M. Zachowania konsumentów na rynku żywności funkcjonalnej, w: Konsument wobec innowacji produktowych na rynku żywności (red. B. Sojkin). Uniwersytet Ekonomiczny, Poznań 2009, 144-176.
3. Flaczyk E., Charzyńska A., Przeor M., Korczak J. Akceptacja Produktów żywnościowych na podstawie informacji na opakowaniach w zależności od wieku, wiedzy żywieniowej i płci konsumentów. Nauki Inżynierskie i Technologie, 2013, 4 (11), 20-38.

4. Flaczyk E., Górecka D., Korczak J. *Towaroznawstwo produktów spożywczych*. Wyd. Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, Poznań 2006, 184-220.
5. Gawęcki J. *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2010.
6. Górecka D. Nowe kierunki produkcji żywności funkcjonalnej i instrumenty jej promocji. *Przemysł Spożywczy* 2007, 61 (6), 20-23.
7. Górecka D., Czarnocińska J., Idzikowski M., Kowalec J. Postawy osób dorosłych wobec żywności funkcjonalnej w zależności od wieku i płci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2009, 65 (4), 320-326.
8. Grajeta H. Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* 2004, 13 (3), 503-510.
9. Joachimiak I., Szoltysek K. Świadomość, stan wiedzy oraz częstotliwość spożycia napojów energetyzujących i izotonicznych przez osoby młode, czynnie uprawiające sport. *Nauki Inżynierskie i Technologiczne* 2013, 1 (8), 26-38.
10. Kobus-Cisowska J., Gramza-Michalowska A., Kmiecik D., Flaczyk E., Korczak J. Mulberry fruit as an antioxidant component in muesli. *Agricultural Sciences*, 201, 4 (5B), 130-135.
11. Kudelka W. Innowacyjny segment żywności wspierającej zdrowie człowieka, w: *Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy* (red. M.G. Woźniak). Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2011, 18, 292-293.
12. Lange E. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2010, 3 (70), 7-24.
13. Olędzka R. Nutraceutyki, żywność funkcjonalna - rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 2007, XL(1), 1-8.
14. Przeor M., Flaczyk E. Antioxidant properties of paratha type flat bread enriched with white mulberry leaf extract. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 2016, 15(2), 237-244.
15. Siewierska M. Co ma Polak na talerzu? *Agro Przemysł* 2012, 1, 8-12.
16. Siró I., Kápolna B., Lugasi A. Functional Food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. *Appetite* 2008, 51, 456-467.
17. Sosińska E., Terlicka K., Krygier K. Żywność funkcjonalna w opinii polskich i belgijskich konsumentów. *Przemysł Spożywczy* 2006, 60(10), 49-52.
18. Śliwińska A., Lesiów T. Lody jako żywność funkcjonalna – badania konsumenckie. *Nauki Inżynierskie i Technologiczne* 2013, 1(8), 65-78.
19. Tomaszewska M., Bilka B., Grzesińska W., Przybylski W. Żywność funkcjonalna jako możliwość rozwoju polskich firm spożywczych. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. Roczniki Naukowe* 2014, XVI(3), 293-298.

TRENDY I INNOWACJE W PROCESACH FERMENTACJI ETANOLOWEJ

W ostatnich latach ilość produkowanego na świecie etanolu istotnie wzrosła. Fakt ten znacząco przyczynił się do zwiększenia ilości badań mających na celu poprawę wydajności produkcji alkoholu, obniżenia kosztów procesowych, wykorzystania niekonwencjonalnych surowców, procesów oraz zagospodarowania produktów ubocznych. W niniejszej pracy zaprezentowane najnowsze rozwiązania technologiczne stosowane w produkcji etanolu takie jak fermentacja zacierów o bardzo wysokiej gęstości (VHG – very high gravity), procesy jednoczesnego scukrzania i fermentacji (SSF – simultaneous saccharification and fermentation) oraz stosowanie preparatów enzymów hydrolizujących skrobię nieskleikowaną (GSHE-granular starch hydrolyzing enzyme). Omówiono wpływ stosowania tych technologii na wydajność i produktywność procesów fermentacji etanolowej. Ponadto przedstawiono potencjał zastosowania niekonwencjonalnych mikroorganizmów w produkcji etanolu oraz możliwości waloryzacji wywarów gorzelnicznych przez grzyby strzępkowe.

Technologia VHG i SSF

Jednym z istotnych rozwiązań w zakresie zwiększania wskaźnika wydajności fermentacji i końcowej koncentracji etanolu jest fermentacja zacierów o wysokim stężeniu ekstraktu (VHG) (ang. *Very High Gravity*). Technologia VHG definiowana jest jako „proces przygotowania i fermentacji zacierów zawierających powyżej 27 g składników rozpuszczalnych w 100 g zacieru”. Zalety wynikające z zastosowania technologii VHG to: wzrost koncentracji etanolu, redukcja kosztów destylacji, znaczne zmniejszenie zużycia wody technologicznej, obniżenie kosztów zużycia energii, wzrost przepustowości gorzelnii, zmniejszenie ilości odpadów oraz obniżenie ryzyka skażenia bakteryjnego [Larnaudie i in., 2016]. Pomimo licznych korzyści fermentacja w środowisku VHG jest utrudniona, ze względu na niekorzystne warunki środowiska, co wywołuje stresy (osmotyczny i etanolowy) w komórkach drożdży gorzelnicznych [Larnaudie i in. 2016]. Kluczową rolę w zniwelowaniu negatywnego wpływu środowiska na komórki drożdży może odegrać zastosowanie nowoczesnych rozwiązań zmniejszających stres osmotyczny (m.in. technologia SSF – ang. Simultaneous Saccharification and Fermentation, jednoczesnego scukrzania i fermentacji czy metoda zacierania ze skróconym czasem scukrzania). Stres etanolowy można ograniczyć przez stosowanie np. fermentacji próżniowej,

fermentacji z unieruchomionymi komórkami drożdży czy metody perwaporacji [Chucky i in., 2016].

Dużym zainteresowaniem w produkcji etanolu z zacierów o wysokiej zawartości surowca cieszy się technologia SSF polegająca na jednoczesnym scukrzaniu i fermentacji. W metodzie SSF glukoamylaza jest dodawana razem z drożdżami do podłoża fermentacyjnego, po jego ochłodzeniu do temperatury fermentacji 30°C. W ten sposób podczas procesu fermentacji stężenie glukozy i maltozy utrzymywane jest na relatywnie niskim poziomie, rzędu 1-5%, gdyż uwalniane cukry są natychmiast wykorzystywane przez drożdże, co eliminuje inhibicję przez substrat i ogranicza stres osmotyczny. Również stężenie etanolu podczas fermentacji nie wzrasta drastycznie i jego oddziaływanie na komórki drożdży jest słabsze. Ograniczenia systemu SSF to m.in.: różnice optimumów temperaturowych hydrolizy węglowodanów z udziałem glukoamylazy (45-50°C) i fermentacji (28-35°C). Metoda równoczesnego scukrzania i fermentacji pozwala na uzyskanie wyższej wydajności etanolu oraz eliminuje konieczność stosowania oddzielnych reaktorów służących do scukrzania i fermentacji. Zastosowanie technologii SSF do fermentacji zacierów VHG pozwala na zwiększenie zdolności przerobowych gorzelnii [Oloffson i in., 2008].

Preparat enzymatyczny STARGEN

Jednym z nowoczesnych rozwiązań technologicznych, w odniesieniu do produkcji etanolu z surowców skrobiowych, jest proces SSF z użyciem amylazy hydrolizującej skrobię natywną (GSHE – granular starch hydrolyzing enzyme). Proces ten polega na zmieszaniu rozdrobnionego surowca z wodą i poddaniu go jednoczesnej hydrolizie i fermentacji z udziałem GSHE i drożdży w odpowiednich warunkach pH (4,0-4,5), temperatury (35-37°C) i mieszania z ewentualnym, krótkotrwałym etapem dekstrynizacji skrobi poniżej temperatury kleikowania z udziałem α -amylazy [Foerster, 2010]. Jest to wyjątkowo energooszczędna technologia z uwagi na pominięcie etapu kleikowania i upłynniania skrobi, które prowadzone są w temperaturach rzędu 80-100°C. Preparat enzymatyczny hydrolizujący skrobię natywną został opracowany przez korporację Genencor i sprzedawany jest pod nazwą handlową STARGEN. Enzym ten produkowany jest przez genetycznie zmodyfikowany szczep *Trichoderma reesei* z wszczepionym genem syntezy α -amylazy z *Aspergillus kawachi* [GENENCOR, 2009]. Wykazuje on zarówno aktywności α -amylazy, jak i glukoamylazy. W dostępnej literaturze brak jest natomiast danych o specyficznych cechach tego enzymu determinujących jego właściwości. Przypuszczać można, że jego aktywność wobec skrobi nieskleikowanej wynika z małego rozmiaru cząsteczek enzymu. Model procesu hydrolizy skrobi natywnej, zakłada, że kataliza reakcji następuje poprzez adsorpcję enzymu na

powierzchni gałeczek skrobi oraz poprzez wnikanie enzymu wewnątrz kanałów obecnych w gałeczkach i jego adsorpcję w rejonach wnętrza gałeczek [Quigley i in., 1998; Vidal Jr. i in., 2009]. Według tego modelu główną barierą fizyczną takiej reakcji są opory dyfuzji występujące na granicy fazy wodnej i powierzchni gałeczek. Potwierdzeniem tej hipotezy mogą być wcześniejsze badania przeprowadzone z użyciem skrobi różnego pochodzenia (słodki ziemniak i kassawa) [Shariffa i in., 2009] oraz próba zastosowania GSHE w procesie hydrolizy skrobi ziemniaczanej [Pietrzak i in., 2014]. Wyniki tych badań sugerują, że efektywność hydrolizy skrobi natywnej GSHE jest niska w przypadku skrobi ziemniaczanych z uwagi na gładką, krystaliczną strukturę powierzchni gałeczek, która utrudnia adsorpcję enzymu. Proces bezpośredniej konwersji skrobi do etanolu z użyciem GSHE może być przemysłowo wykorzystany tylko w przypadku skrobi o wysokiej podatności na amyloлизę w stanie nieskleikowanym, czyli skrobi zbożowych. Badania nad procesem bezpośredniej konwersji skrobi do etanolu sugerują, że jest to wysokowydajny proces, nawet w porównaniu do tradycyjnej technologii z zastosowaniem etapu kleikowania i upłynniania [Sharma i in., 2007].

Alternatywne mikroorganizmy w produkcji etanolu

Interesującymi, alternatywnymi dla drożdży, mikroorganizmami mogącymi mieć zastosowanie w przemysłowej produkcji etanolu są grzyby strzępkowe, a zwłaszcza te należące do rodzaju *Mucor*. Grzyby te zdolne są do produkcji etanolu z glukozy z wydajnością porównywalną do tej dla drożdży *Saccharomyces cerevisiae*, a ich niewątpliwą zaletą jest zdolność utylizacji innych źródeł węgla jak ksyloza czy polisacharydy [Millati i in., 2005]. Najlepiej poznane są w tej grupie dwa gatunki: *Mucor indicus* oraz *Mucor hiemalis*. *M. indicus* zdolny jest do efektywnego wzrostu i produkcji etanolu przy stężeniu glukozy do 350 g/l produkując maksymalnie 73 g/l (przy stężeniu glukozy 200 g/l) z wydajnością 0,42 g/g (82% wydajności teoretycznej) [Abathi i in., 2010]. *M. hiemalis* produkuje do 34,5 g/l etanolu przy stężeniu glukozy 120 g/l z wydajnością równą 84% teoretycznej [Radmanesh i in., 2015]. Poza wysoką wydajnością produkcji etanolu, grzyby z rodzaju *Mucor* produkują zewnątrzkomórkowe enzymy hydrolityczne takie jak fitazy, amylazy, celulazy i ksylanazy w związku z czym mogą degradować złożone polimery występujące w surowcach roślinnych [Gulati i in., 2007]. Ponadto biomasa tych grzybów może być użyta jako wartościowa pasza dla ryb hodowlanych, z uwagi na wysoką zawartość tłuszczu o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych [Lennartsson i in., 2011] oraz biopolimerów (chitozanu) [Satari i in., 2015]. Przeszkodą w przemysłowym zastosowaniu tych grzybów jest morfologia wzrostu w hodowlach wgłębnych. Biomasa grzybów z rodzaju *Mucor* rośnie w postaci strzępków, przez co pokrywa ona wszelkie elementy reaktorów hodowlanych (mieszadła, przegrody, czujniki) oraz powoduje wzrost lepkości płynów, co utrudnia wymianę masy,

tlenu oraz ciepła [Karimi i Zamani, 2013]. Problem ten można rozwiązać poprzez odpowiednie sterowanie warunkami procesu (natlenienie, objętość inokulum, ilość rozpuszczonego CO₂), które wpływają na zwiększenie tendencji do wzrostu grzyba w postaci pojedynczych komórek podobnych do drożdży [Abathi i in., 2010; Ho Ky i in., 2013].

Waloryzacja odpadów przemysłu spożywczego do produkcji etanolu

Rozwój sektora biopaliw na przestrzeni ostatnich lat pociąga za sobą wzrost zainteresowania wykorzystania do ich produkcji surowców odpadowych z przemysłu i rolnictwa. Najwięcej uwagi poświęcane jest produkcji etanolu z surowców ligninocelulozowych, jednak, pomimo wielu lat badań i powstaniu kilku instalacji przemysłowych, nie wdrożono jeszcze wysokowydajnej i efektywnej ekonomicznie technologii w skali produkcyjnej. Dlatego poszukiwane są inne, łatwiejsze w przetwarzaniu odpady mogące mieć zastosowanie do produkcji bioetanolu. Potencjalnie najlepszym rozwiązaniem jest utylizacja odpadów i produktów ubocznych powstających w toku produkcji i dystrybucji żywności [Zhang i in., 2016]. Odpady te (zwłaszcza z przetwórstwa surowców roślinnych) często zawierają w składzie znaczne ilości węglowodanów prostych i złożonych, które stanowią substrat do produkcji etanolu. Najbardziej znanym odpadem wykorzystywanym w produkcji etanolu jest melas czyli produkt uboczny produkcji cukru z trzciny i buraków cukrowych [Barbosa i in., 2015]. Przemysł spożywczy generuje ponadto wiele innych odpadów mogących mieć zastosowanie w produkcji etanolu jak na przykład: otręby zbożowe [Nair i in., 2015], ścieki z produkcji napojów bezalkoholowych [Comelli i in., 2015], młóto [Xiros i Christakopoulos, 2009] i odpadowe drożdże piwowarskie [Kawa-Rygielska i Pietrzak, 2014], odpady z gospodarstw domowych [Sotiropoulos i in., 2016], wytloki owocowe [Satari i in., 2016], odpady z produkcji przetworów ziemniaczanych [Kawa-Rygielska i in., 2012] i wiele innych. Wśród odpadów przemysłu spożywczego szczególnie interesujące, z praktycznego punktu widzenia, są odpady powstające w toku dystrybucji pieczywa. Ich ilość szacowana jest na 10% produkcji, co w skali globalnej wynosi ok. 100 mln ton rocznie [Melikoglu i Webb, 2013]. Projekt badawczy realizowany w Zakładzie Technologii Fermentacji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu miał na celu intensyfikację produkcji etanolu ze zwrotów niesprzedanego pieczywa z zastosowaniem nowoczesnych rozwiązań procesowych. Wyniki tych badań wykazały, że stosowanie takich operacji jak: dodatkowa hydroliza enzymatyczna na etapie zacierania surowca z udziałem preparatów kompleksowych [Kawa-Rygielska i in., 2012], stosowanie preparatu GSHE w procesie SSF [Pietrzak i Kawa-Rygielska, 2014] czy proces jednoczesnego scukrzania i fermentacji zacierów VHG

upłynnionych w różnych temperaturach [Pietrzak i Kawa-Rygielska, 2015] pozwala na uzyskanie wysokich wydajności etanolu ($425 \text{ g}_{\text{EtOH}}/\text{kg}$ suchej masy surowca). Praktycznym odzwierciedleniem prowadzonych badań jest obecność przemysłowych instalacji produkujących etanol z odpadów piekarskich działających w Finlandii i Szwecji [www.st1.se].

Wywary

Głównym produktem ubocznym gorzelnii jest, obok CO_2 , wywar podestylacyjny będący ściekiem obciążonym wysokim ładunkiem zanieczyszczeń organicznych. W związku z tym jego utylizacja jest istotna z punktu widzenia ochrony środowiska. Obecnie wywary uzyskane z surowców skrobiowych (kukurydza, pszenica), bezpośrednio po destylacji są frakcjonowane przez wirowanie na frakcje ciekłą (tzw. thin stillage) oraz stałą (tzw. thick stillage lub wet cake). Frakcja ciekła zagęszczana jest na wyparkach do zawartości ok. 30% s.m. następnie mieszana z frakcją stałą i suszona do wilgotności ok. 10% [Lennartsson i in., 2014]. Uzyskany produkt tzw. DDGS (dried distillers grains with solubles) z uwagi na wysoką zawartość białka DDGS stanowi dobry materiał paszowy i jego sprzedaż pełni istotną rolę w bilansie ekonomicznym procesu [Kwiatkowski i in., 2006; Chatzifragkou i in., 2015].

Jednym najnowszymi obszarów badawczych na polu utylizacji i waloryzacji wywarów skrobiowych jest produkcja biomasy jadalnych szczepów grzybów strzępkowych [Ferreira i in., 2014; Batori i in., 2015; Pietrzak i in. 2016]. Wywar zawiera w swoim składzie wszystkie składniki węglowodanowe surowca które nie były wykorzystane przez drożdże w trakcie fermentacji, takie jak celuloza, dekstryny, β -glukan, ksylan czy araban [Kim i in., 2008]. Ponadto zawiera inne związki niezbędne do wzrostu mikroorganizmów jak peptydy i aminokwasy, kwasy tłuszczowe i związki mineralne. Grzyby strzępkowe dzięki swemu bogatemu aparatowi enzymatycznemu mogą wykorzystywać polisacharydy jako źródło węgla, dzięki czemu stosowanie dodatkowych preparatów enzymatycznych nie jest konieczne [Nair i in., 2015]. Ponadto ich biomasa jest bogata w białko o korzystnym składzie aminokwasowym (zwłaszcza aminokwasów egzogennych, jak lizyna czy metionina), tłuszcz o wysokim udziale kwasów nienasyconych i wielonienasyconych oraz inne składniki jak chitozan [Mitra i in., 2012; Rasmussen i in., 2014; Ferreira i in., 2015]. Dodatkowo niektóre szczepy grzybów poza biomasą produkują inne cenne produkty jak enzymy (amylazy, celulazy, lipazy, ksylanazy, proteazy), kwasy organiczne (mlekowy, fumarowy, cytrynowy, glukonowy) oraz, co może być szczególnie istotne dla gorzelnii, etanol [Ferreira i in., 2016]. Hodowla grzybów strzępkowych na wywarze gorzelnicznym może mieć istotne znaczenie dla ekonomiki procesu produkcji etanolu z surowców skrobiowych i przybliżyć gorzelnie do nowoczesnych biorafinerii, gdzie z jednego surowca

produkowanych jest wiele produktów bez wytwarzania uciążliwych dla środowiska odpadów. Wywar gorzelniczny może być również surowcem do produkcji innych cennych produktów takich jak: biodiesel, biodegradowalne tworzywa opakowaniowe, probiotyczne oligosacharydy, monosacharydy, polihydroksykwas, pullulan, olej mikrobiologiczny, co wskazuje na ogromny potencjał wywarów gorzelnicznych jako wartościowego, a jednocześnie taniego i odpadowego surowca w różnych gałęziach przemysłu [Liang i in. 2012; Chatzifragkou i in., 2015].

Literatura

1. Abathi Z., Millati R., Niklasson C., Taherzadeh M.J. Ethanol production by *Mucor indicus* at high glucose and ethanol concentrations. *Minerva Biotechnologia*, 2010, 22, 83-89.
2. Barbosa H.S., de Abreu Silveira E., Miranda Jr. M., Ernandes J.R. Efficient very-high-gravity fermentation of sugarcane molasses by industrial yeast strains. *Journal of the Institute of Brewing*, 2016, w druku (DOI: 10.1002/jib.317).
3. Batori V., Ferreira J.A., Taherzadeh M.J., Lennartsson P.R. Ethanol and protein from ethanol plant by-products using edible fungi *Neurospora intermedia* and *Aspergillus oryzae*. *Biomem Research International*, 2015.
4. Chatzifragkou A., Kosik O., Prabhakumari P.C., Lovegrove A., Frazie R.A., Shewry P.R., Charalampopoulos D. Biorefinery strategies for upgrading distiller's dried grains with solubles (DDGS). *Process Biochemistry*, 2015, 50, 2194-2207.
5. Chu-Ky S., Pham T.H., Bui K.L.T., 2016. Simultaneous liquefaction, saccharification and fermentation at very high gravity of rice at pilot scale for potable ethanol production and distillers dried grains composition. *Food and Bioproducts Processing*, 2016, 98, 79-85.
6. Comelli R.N., Seluy L.G., Grossmann I.E., Isla M.A. Treatment of high-strength wastewater from the sugar-sweetened beverage industry by an alcoholic fermentation process. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2015, w druku (DOI: 10.1021/acs.iecr.5b00591).
7. Davis R.A. Parameter estimation for simultaneous saccharification and fermentation of food waste into ethanol using Matlab Simulink. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2008, 147, 11-21.
8. Ferreira J.A., Lennartsson P.R., Taherzadeh M.J. Production of ethanol and biomass from thin stillage using food-grade *Zygomycetes* and *Ascomycetes* filamentous fungi. *Energies*, 2014, 7, 3872-3885.
9. Ferreira J.A., Lennartsson P.R., Taherzadeh M.J. Production of ethanol and biomass from thin stillage by *Neurospora intermedia*: a pilot study for process diversification. *Engineering in Life Science*, 2015, 15(8), 751-759.
10. Ferreira J.A., Mahboubi A., Lennartsson P.R., Taherzadeh M.J. Waste biorefineries using filamentous *Ascomycetes* fungi: present status and future prospects. *Bioresource Technology*, 2016, w druku (DOI: 10.1016/j.biortech.2016.03.018).
11. Foerster H., 2010. Granular starch hydrolysis (GSHE) for conversion of grains to ethanol. Prezentacja: Near-term opportunities for biorefineries symposium, Champaign, IL, 11.10.2010. (Adres URL: http://bioenergy.illinois.edu/news/biorefinery/pp_foerster.pdf) Data dostępu: 26.04.2016.
12. GENENCOR, 2009. STARGENT™ 002, Granular starch hydrolyzing enzyme for ethanol production. Materiały informacyjne. Danisco US Inc.
13. Gibreel A., Sandercock J.R., Lan J., Goonewardene L.A., Zijlstra R.T., Curtis J.M., Bressler D.C. Fermentation of barley by using *Saccharomyces cerevisiae*: examination of barley as a feedstock for bioethanol production and value-added products. *Applied and Environmental Microbiology*, 2009, 75(5), 1363-1372.
14. Gulati H.K., Chadha B.S., Saini H.S. Production of feed enzymem (phytase and plant cell wall hydrolyzing enzymem) by *Mucor indicus* MTCC 633: purification and characterization of phytase. *Folia Microbiologica*, 2007, 52(5), 491-497.

15. Gumienna M., Lasik M., Czarniecki Z. Wykorzystanie odpadów przemysłu spożywczego do produkcji alkoholu etylowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, XLII, 969-974.
16. Ho Ky Q.M., Lennartsson P.R., Taherzadeh M.J. Dimorphism of *Mucor indicus*: different gene expressions between yeast-like and filamentous growth. *Minerva Biotechnologia*, 2013, 25, 1-8.
17. Karimi K., Zamani A. *Mucor indicus*: biology and industrial application perspectives: a review. *Biotechnology Advances*, 2013, 31, 466-481.
18. Kawa-Rygielska J., Pietrzak W. Ethanol fermentation of very high gravity (VHG) maize mashes by *Saccharomyces cerevisiae* with spent brewer's yeast supplementation. *Biomass and Bioenergy*, 2014, 60, 50-57.
19. Kawa-Rygielska J., Pietrzak W., Czubaszek A. Characterization of fermentation of waste wheat-rye bread mashes with the addition of complex enzymatic preparations. *Biomass and Bioenergy*, 2012, 44, 17-22.
20. Kawa-Rygielska J., Pietrzak W., Pęksa A. Potato granule processing line by-products as feedstock for ethanol production. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2012, 21(5), 1249-1255.
21. Kim Y., Mosier N.S., Hendrickson R., Ezeji T., Blashek H., Dien B., Cotta M., Dale B., Ladisch M.R. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake and thin stillage. *Bioresource Technology*, 2008, 99, 5165-5176.
22. Kwiatkowski J.R., McAloon A.J., Taylor F., Johnston D.B. Modeling the process and costs of fuel ethanol production by the corn dry-grind process. *Industrial Crops and Products*, 2006, 23, 288-296.
23. Larnaudie V., Rochon E., Ferrari M.D., Lareo C. Energy evaluation of fuel bioethanol production from sweet sorghum using very high gravity (VHG) conditions. *Renewable Energy* 2016, 88, 280-287.
24. Lennartsson P.R., Erlandsson P., Taherzadeh M.J. Integration of first and second generation bioethanol processes and the importance of by-products. *Bioresource Technology*, 2014, 165, 3-8.
25. Lennartsson P.R., Niklasson C., Taherzadeh M.J. A pilot study on lignocellulose to ethanol and fish feed using NMMO pretreatment and cultivation with zygomycetes in an air-lift reactor. *Bioresource Technology*, 2011, 102, 4425-4432.
26. Liang Y., Zhao X., Strait M., Wen Z. Use of dry-milling thin stillage for producing eicosapentaenoic acid (EPA) by the fungus *Pythium irregulare*. *Bioresource Technology*, 2012, 111, 404-409.
27. Melikoglu M., Webb C. Use of waste bread to produce fermentation products, w: *Food industry wastes. Assessment and recuperation of commodities* (red. Webb C., Kosseva M.R.). Elsevier Science Publisher, Amsterdam, 2013, 63-74.
28. Millati R., Edebo L., Taherzadeh M.J. Performance of *Rhizopus*, *Rhizomucor* and *Mucor* in ethanol production from glucose, xylose and wood hydrolyzates. *Enzyme and Microbial Technology*, 2005, 36, 294-300.
29. Mitra D., Rasmussen M.L., Chand P., Chintareddy V.R., Yao L., Grewell D., Verkade J.G., Wang T., van Leeuwen J. Value-added oil and animal feed production from corn-ethanol stillage using the oleaginous fungus *Mucor circinelloides*. *Bioresource Technology*, 2012, 107, 368-375.
30. Nair R.B., Lundin M., Brandberg T., Lennartsson P.R., Taherzadeh M.J. Dilute phosphoric acid pretreatment of wheat bran for enzymatic hydrolysis and subsequent ethanol production by edible fungi *Neurospora intermedia*. *Industrial Crops and Products*, 2015, 69, 314-323.
31. Pietrzak W., Kawa-Rygielska J. Ethanol fermentation of waste bread using granular starch hydrolyzing enzyme: effect of raw material pretreatment. *Fuel*, 2014, 134, 250-256.
32. Pietrzak W., Kawa-Rygielska J. Simultaneous saccharification and ethanol fermentation of waste wheat-rye bread at very high solids loading: effect of enzymatic liquefaction conditions. *Fuel*, 2015, 147, 236-242.
33. Pietrzak W., Kawa-Rygielska J., Błażewicz J., Pęksa A. Enzymatyczna hydroliza natywnej skrobi ziemniaczanej. VIII Konferencja Naukowa Ziemiak Spożywczy i Przemysłowy oraz Jego Przetwarzanie, Wrocław 2014.

34. Pietrzak W., Kawa-Rygielska J., Król B., Lennartsson P.R., Taherzadeh M.J. Ethanol, feed components and fungal biomass production from field bean (*Vicia faba* var *equina*) seeds in an integrated process. *Bioresource Technology*, 2016, 216, 69-76.
35. Quigley T.A., Kelly C.T., Doyle E.M., Fogarty W.M. Patterns of raw starch digestion by the glucoamylase of *Cladosporium gossypii* ATCC 38026. *Process Biochem*, 1998, 33(6), 677-681.
36. Radmanesh F., Mirmohamadsadeghi S., Karimi K., Zamani A. Modeling of high-concentration ethanol production by *Mucor hiemalis*. *Chemical Engineering and Technology*, 2015, 38(10), 1802-1808.
37. Rasmussen M.L., Khana S.K., Pometto III A.L., van Leeuwen J. Water reclamation and value added animal feed from corn-ethanol stillage by fungal processing. *Bioresource Technology*, 2014, 151, 284-290.
38. Satari B., Karimi K., Taherzadeh M.J., Zamani A. Co-production of fungal biomass derived constituents and ethanol from citrus waste free sugars without auxiliary nutrients in airlift bioreactor. *International Journal of Molecular Sciences*, 2016, 17, 302.
39. Satari B., Karimi K., Zamani A. Oil, chitosan and ethanol production by dimorphic fungus *Mucor indicus* from different lignocelluloses. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2015, w druku (DOI: 10.1002/jctb.4776).
40. Shariffa Y.N., Karim A.A., Fazilah A., Zaidul I.S.M. Enzymatic hydrolysis of granular native and mildly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub-gelatinization temperature. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23, 434-440.
41. Sharma V., Moreau R.A., Singh V. Increasing the value of hominy feed as a coproduct by fermentation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2008, 149, 145-153.
42. Sharma V., Raush K.D., Tumbleson M.E., Singh V. Comparison between granular starch hydrolyzing enzyme and conventional enzyme for ethanol production from maize starch with different amylose:amylopectin ratios. *Starch/Stärke*, 2007, 59, 549-556.
43. Sotiropoulos A., Vourka I., Erotokritou A., Novakovic J., Panaretou V., Vakalis S., Thanos T., Moustakas K., Malamis D. Combination of decentralized waste drying and SSF techniques for household biowaste minimization and ethanol production. *Waste Management*, 2016, w druku (DOI: 10.1016/j.wasman.2016.03.047).
44. Vidal Jr B.C., Raush K.D., Tumbleson M.E., Singh V. Kinetics of granular starch hydrolysis in corn dry-grind process. *Starch/Stärke*, 2009, 61, 448-456.
45. www.stl.se, <http://www.stl.se/etanolix1#.VyG50DF1aNM> (dotep on-line: 28.04.2016 r.)
46. Xiros C., Christakopoulos P. Enhanced ethanol production from brewer's spent grain by a *Fusarium oxysporum* consolidated system. *Biotechnology for Biofuels*, 2009, 2, 4.
47. Zhang Z., O'Hara I.M., Mundree S., Gao B., Ball A.S., Zhu N., Bai Z., Jin B. Biofuels from food processing wastes. *Current Opinion in Biotechnology*, 2016, 38, 97-105.

TRENDY W PRODUKCJI TŁUSZCZÓW ROŚLINNYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono aktualne trendy na rynku olejów i tłuszczów roślinnych. Przeanalizowano aktualny światowy, europejski i polski rynek surowców oleistych i olejów jadalnych. Zwrócono uwagę na aspekty dotyczące wartości żywieniowej i wykorzystania produkowanych przez przemysł tłuszczowy olejów oraz zmian w technologii otrzymywania tłuszczów roślinnych. Stwierdzono, że panujące tendencje na rynku tłuszczów roślinnych i stosowane modyfikacje technologii produkcji olejów jadalnych i tłuszczów roślinnych są zgodne z zaleceniami lekarzy, żywieniowców i oczekiwaniami konsumentów. Światowy rynek olejów roślinnych już od 10 lat zdominowany jest przez olej palmowy. Kolejne po nim są olej sojowy, rzepakowy i słonecznikowy. Spośród nich to rafinowany olej rzepakowy uznawany jest obecnie za najzdrowszy spośród dostępnych olejów jadalnych. Obecna na rynku margaryna miękka kubkowa, do smarowania pieczywa, charakteryzuje się niższą zawartością tłuszczu i izomerów *trans* kwasów tłuszczowych, a wyższą nienasyconych kwasów tłuszczowych niż oferowana przez przemysł w poprzednich dekadach. Często również współczesna margaryna zawiera składniki o działaniu prozdrowotnym i oferowana jest w szerokim asortymencie. Jednocześnie produkowane obecnie produkty tłuszczowe w coraz większym stopniu zaspokajają oczekiwania konsumenta dotyczące zarówno cech sensorycznych, jak i wartości żywieniowej. Europejski rynek tłuszczów roślinnych jest otwarty na potrzeby współczesnego społeczeństwa, zwracającego coraz większą uwagę na zdrowy styl życia i na zrównoważone technologie chroniące środowisko naturalne. Producenci żywności mając na uwadze te potrzeby modyfikują i rozwijają swoje technologie.

Rynek surowców oleistych i olejów jadalnych

Rośliny oleiste odgrywają bardzo ważną rolę w światowym rolnictwie, gospodarce żywnościowej i przetwórstwie przemysłowym. Są surowcem do produkcji tłuszczów konsumpcyjnych i technicznych, stanowią cenne źródło białka spożywczego i paszowego, a niektóre dostarczają dodatkowo włókno roślinne. Światowa produkcja nasion oleistych wykazuje wieloletni trend wzrostowy, choć podlega wahaniom. W skali globalnej rośnie bowiem popyt na żywność i energię odnawialną [Rosiak, 2014].

Podstawę światowej produkcji surowców oleistych stanowi 5 jednorocznych upraw polowych: soja, rzepak, bawełna, orzech ziemny, słonecznik oraz 3 wieloletnie kultury

drzewiaste: palma oleista, palma kokosowa i oliwki [Wroniak, 2006; Ratusz i Wroniak, 2014]. Średnia produkcja najważniejszych surowców oleistych w ostatnich latach wyniosła około 824,8 mln ton/rok, w tym nasion oleistych 537,0 mln ton/rok (Tab. 1).

Tabela 1. Światowa produkcja najważniejszych surowców oleistych [mln ton] (opracowanie na podstawie FAS, USDA [2016] oraz FAOSTAT [2016])

Surowce	2001/02	2005/06	2009/10	2012/13	2014/2015
Soja	185,1	222,8	260,4	268,6	319,7
Rzepak	36,0	46,7	61,1	64,1	71,4
Bawełna	36,4	42,5	39,5	46,4	44,3
Arachid	33,8	32,6	35,9	39,8	39,8
Słonecznik	21,4	29,8	32,1	35,0	39,6
Ziarna palmy	7,2	9,5	12,4	15,1	16,6
Kokos (kopra)	5,2	5,4	5,9	5,9	5,5
Palma (owoc)*	135,9	173,3	227,0	235,0	267,5
Oliwka (owoc)*	15,7	14,5	19,0	16,8	20,3
Ogółem	476,7	577,1	693,3	725,7	824,8
(w tym nasiona)	(325,1)	(389,3)	(447,3)	(474,74)	(537,0)

Uprawy roślin oleistych charakteryzują się znaczną koncentracją, zwłaszcza w przypadku palmy oleistej, soi oraz rzepaku (Tab. 2). Światowe plantacje palmy oleistej w około 90% skoncentrowane są w Malezji i Indonezji. Ponad 80% światowej produkcji soi uzyskuje się w USA, Brazylii i Argentynie, a prawie 90% światowej produkcji rzepaku w UE, Chinach, Kandy i Indiach. Przy dominującej pozycji soi w światowej produkcji nasion oleistych, wszelkie zmiany w jej zbiorach u największych i nielicznych producentów i eksporterów mają istotny wpływ na rynek rzepaku w Europie i na świecie [Rosiak, 2014].

Tabela 2. Główni producenci surowców oleistych na świecie [FAOSTAT, 2016]

Surowce oleiste	Regiony uprawy
Palma oleista	Indonezja, Malezja, Tajlandia, Kolumbia, Nigeria, Filipiny
Soja	USA, Brazylia, Argentyna, Chiny, Indie, Paragwaj, Kanada
Rzepak	Kanada, Chiny, Indie, UE (Francja, Niemcy, Wielka Brytania, Polska), Ukraina, Rosja
Bawełna	Chiny, USA, Pakistan, Indie, Uzbekistan i Turcja
Arachid	Chiny, Indie, USA, Nigeria
Słonecznik	Ukraina, Rosja, UE (Austria, Francja, Włochy), Argentyna
Palma kokosowa	Filipiny, Indonezja, Malezja, Indie
Oliwki	UE (Hiszpania, Włochy, Grecja), Tunezja, Turcja, USA, Australia
Len	Kanada, Chiny, USA, Indie

Podstawą światowej produkcji olejów jest palma oleista, soja, rzepak, słonecznik, bawełna, orzech ziemny, kokos. Średnia produkcja najważniejszych olejów to ponad 177 mln ton rocznie (Tab. 3).

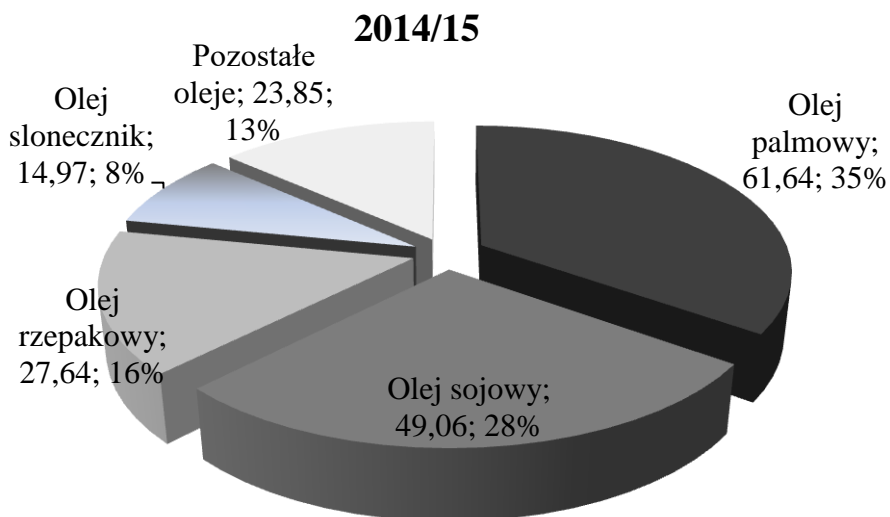
Tabela 3. Światowa produkcja najważniejszych olejów roślinnych [mln ton] (FAS, USDA, 2016)

Rodzaj oleju	2001/02	2005/06	2009/10	2012/13	2014/15
Palmowy	25,4	34,3	45,9	56,4	61,6
Sojowy	28,9	34,0	38,8	43,1	49,1
Rzepakowy	13,0	16,2	22,6	25,7	27,6
Słonecznikowy	7,5	10,4	12,3	12,9	15,0
Arachidowy	5,1	4,7	4,9	6,7	7,4
Bawełniany	3,8	4,7	4,6	5,5	5,5
Palmowy (pestki)	3,1	4,2	5,6	5,2	5,1
Kokosowy	3,2	3,3	3,6	3,7	3,4
Oliwa z oliwek	2,7	2,3	3,1	2,5	2,4
Ogółem	92,9	114,1	141,4	161,7	177,2

Od wielu lat zarówno produkcja, jak i konsumpcja olejów stale rośnie. Około 35% wszystkich produkowanych na świecie olejów, stanowi olej palmowy (62 mln ton/rok), za nim jest sojowy ok. 28% udziału (49 mln ton/rok), następnie rzepakowy ok. 16% (28 mln ton/rok) i słonecznikowy ok. 8% (15 mln ton/rok) (Rys. 1). Pozostałe rodzaje olejów tj. arachidowy, bawełniany, z ziaren palmy i kokosowy stanowią poniżej 4% udziału każdy. Olej palmowy i sojowy stanowią 63%, a rzepakowy i słonecznikowy 24% światowej produkcji i konsumpcji olejów roślinnych [FAOSTAT, 2016; FAS, USDA, 2016].

Obserwowany wzrost produkcji oleju palmowego, sojowego i rzepakowego spowodowany jest przeznaczeniem ich na cele paliwowe, szczególnie w Indiach i Chinach. Na świecie ilość produkowanych olejów, m.in. oliwkowego, olejów orzechowych, czy lnianego, głównie tłoczonych na zimno jest niewielka, jednak wartość tej produkcji jest znacząco wyższa, ponieważ oleje te są kilkakrotnie droższe od produkowanych masowo olejów rafinowanych [Wroniak, 2006].

W Europie najbardziej popularnymi olejami są: rzepakowy, słonecznikowy sojowy oraz oliwa z oliwek, natomiast do produkcji margaryn i tłuszczów specjalistycznych najczęściej używa się oleju palmowego. Oleje tłoczone na zimno stanowią margines rynku olejów jadalnych, ale w ciągu ostatnich lat nabierają znaczenia ze względu na minimalny stopień przetworzenia, cechy sensoryczne - charakterystyczny smaki i aromat oraz wysoką wartość żywieniową [Wroniak, 2014].



Rysunek 1. Światowa produkcja wybranych olejów w sezonie 2014/2015 [mln ton] [FAS, USDA, 2016]

Charakterystyka wybranych surowców oleistych i olejów jadalnych

Palma oleista uprawiana jest w klimacie tropikalnym. Głównymi producentami są Maleszja, Indonezja, Nigeria, Tajlandia, Kolumbia. Wydajność tłuszczu z plantacji palmowych jest bardzo wysoka i sięga rocznie 7-8 t/ha. Olej palmowy tłoczony z gotowanego lub parowanego miąższu zawiera około 40% kwasów nasyconych i około 40-45% kwasów monoenowych (głównie oleinowego). W temperaturze pokojowej ma konsystencję półpłynną, barwę ciemnożółtą lub pomarańczową, swoisty zapach i delikatny smak. Olej ten charakteryzuje się wyjątkowo wysoką zawartością karotenoidów (300-2000 mg/kg), głównie β -karotenu. W Europie jest powszechnie używany do produkcji margaryny, zamiast tłuszczów częściowo utwardzonych, jako tłuszcz naturalnie „beztransowy”. Na rynku można go spotkać w mieszankach z innymi olejami np. z olejem rzepakowym. Z kolei tłuszcz z ziaren palmowych, jest stały w temperaturze pokojowej - zawiera ponad 82% kwasów tłuszczowych nasyconych i należy do grupy olejów laurynowych (zawiera ok. 48% tego kwasu). Rafinowany tłuszcz z ziaren palmowych jest śnieżnobiały, ceniony szczególnie w produkcji lodów i substytutów masła kakaowego [McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009; Ratusz i Wroniak, 2014].

Soja to roślina jara uprawiana w klimacie umiarkowanym, tropikalnym i subtropikalnym. Głównymi producentami soi są USA, Chiny, Brazylia, Argentyna, Indie. Około 80% produkcji nasion soi na świecie stanowi soja genetycznie modyfikowana. Olej sojowy jest drugim pod względem wielkości produkcji na świecie, po oleju palmowym. A biorąc pod uwagę tylko oleje z nasion oleistych zajmuje pierwsze

miejsce. Jest powszechnie używany do celów spożywczych na całym świecie, szczególnie w USA, krajach Ameryki Południowej i Chinach. Olej sojowy charakteryzuje się wysoką zawartością kwasów polienowych (ok. 60%), w tym również deficytowego kwasu linolenowego 18:3 (ok. 7%). Jest drugim pod tym względem po oleju rzepakowym. Kwasy monoenowe stanowią ok. 20%, a nasycone ok. 15% [McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009; Ratusz i Wroniak, 2014].

Rzepak należy on do rodziny roślin krzyżowych, występuje w odmianach ozimych i jarych, uprawiany jest głównie w klimacie umiarkowanym. Głównymi producentami rzepaku są: Unia Europejska, a w niej Francja, Niemcy, Wielka Brytania i Polska (rzepak ozimy) oraz Kanada, Chiny, Indie (rzepak jary). Rzepak zajmuje obecnie trzecie miejsce w światowej produkcji olejów i tłuszczów. Przyczynami wzrostu popularności tego surowca na świecie są przede wszystkim: bardzo wysoka wartość żywieniowa i użytkowa oleju, mnogość odmian, bardzo dobra wydajność oleju i wysoka wartość paszowa śruty. Od początku lat 90. ubiegłego wieku zarówno w Polsce jak i w krajach UE i Kanadzie uprawiane są wyłącznie odmiany podwójnie ulepszone, które zawierają <2% kwasu erukowego i <0,25% (25 $\mu\text{mola/g}$ s.m. beztl.) glukozyolanów. Olej rzepakowy jest bardzo dobrym olejem jadalnym, ma cenny żywieniowo skład kwasów tłuszczowych [Krzymański, 2009]. Zawiera bardzo mało kwasów tłuszczowych nasyconych (7%), dużo kwasów monoenowych (58%) i polienowych (30%), w tym deficytowy kwas α -linolenowy (10%) z rodziny kwasów *n-3* (jeden z niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych) [McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009; Krzymański, 2009]. Charakteryzuje się korzystnym, z żywieniowego punktu widzenia, stosunkiem kwasów *n-6* do *n-3*, tj. 2:1. Zawartość steroli jest najwyższa wśród dostępnych na rynku olejów. Olej ten ma również dużo tokoferoli (60-70 mg/100 g), głównie γ -tokoferolu i α -tokoferolu. Oświadczenie zdrowotne wydane przez Food and Drug Administration USA (2006) podaje, że spożywanie 1,5 łyżki (19 g) oleju rzepakowego dziennie może obniżyć ryzyko chorób układu sercowo-naczyniowego z powodu wysokiej zawartości kwasów nienasyconych. Olej rzepakowy rafinowany jest obecnie szeroko używanym, uniwersalnym olejem jadalnym: do sałatek, gotowania, smażenia, produkcji majonezów i sosów. Jest głównym składnikiem ciekłym osnowy tłuszczowej w margarynach kubkowych. W ostatnich latach zwraca się szczególnie uwagę na odmiany rzepaku wysokooleinowe (>70%), ze względu na wyższą stabilność oksydacyjną uzyskanego oleju, który mógłby być wykorzystywany do celów smażalniczych. Oprócz wykorzystania spożywczego olej pochodzący z tłoczni rolniczych jest wykorzystywany do produkcji biopaliwa [Ratusz i Wroniak, 2014].

Słonecznik to roślina jara, która rośnie w klimacie tropikalnym i umiarkowanym. Głównymi producentami są Ukraina, Rosja, UE. To czwarty pod względem wielkości produkcji olej jadalny na świecie. Olej słonecznikowy rafinowany jest nadal

powszechnie stosowany jako olej sałatkowy. Największy popyt na niego przypadał na lata 80. XX w., kiedy to pojawiły się pierwsze margaryny miękkie. W składzie kwasów tłuszczowych zawiera głównie kwas linolowy z rodziny *n-6* (60-70%), a nie zawiera praktycznie linolenowego (*n-3*) [McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009], co wypada niekorzystnie w świetle obecnych poglądów żywieniowych. Olej słonecznikowy ma również niską stabilność oksydacyjną. Bardziej odporny na utlenianie jest olej z wysokooleinowych (>80%) odmian słonecznika, który znajduje się na rynku USA od 1998 r. Charakteryzuje się on niską zawartością kwasu linolowego (5-9%) i kwasów nasyconych <10% [Ratusz i Wroniak, 2014].

Oliwka jest drzewem wiecznie zielonym, rosnącym w klimacie śródziemnomorskim i subtropikalnym. Ponad 95% drzew oliwnych uprawianych jest w basenie Morza Śródziemnego, a około 80% produkcji oliwy z oliwek pochodzi z krajów Unii Europejskiej (Hiszpania, Włochy, Grecja, Portugalia i Francja). Istotnymi producentami są także kraje Bliskiego Wschodu (Turcja, Syria, Liban, Izrael) oraz Północnej Afryki (Tunezja, Algieria, Maroko, Libia, Egipt). Oliwa *extra virgin* jest jednym z droższych olejów na świecie i jest ceniony jako olej do sałatek, a także do gotowania i smażenia. Oliwa z oliwek to nieodłączny składnik diety śródziemnomorskiej. Ma charakterystyczny zapach, gorzki i pikantny smak oraz wysoką wartość żywieniową. Jest cenna żywieniowo ze względu na skład kwasów tłuszczowych (bardzo wysoką zawartość kwasu oleinowego >70%) oraz wysoką zawartość naturalnych przeciwutleniaczy, szczególnie polifenoli, wpływających na wysoką stabilność oksydacyjną oliwy i jej specyficzne cechy organoleptyczne [McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009]. W Unii Europejskiej, EFSA [2012] wydała oświadczenie, że polifenole oliwy z oliwek przyczyniają się do ochrony lipidów we krwi przed stresem oksydacyjnym [Ratusz i Wroniak, 2014].

Palma kokosowa rośnie w klimacie tropikalnym i subtropikalnym. Uprawiana jest w południowej Afryce i Azji. Najwięksi producenci to Filipiny, Indonezja, Malezja i Indie. Tłuszcz kokosowy jest stały w temperaturze pokojowej (zawiera ponad 90% nasyconych kwasów tłuszczowych), bardzo stabilny, odporny na procesy jęłczenia. Podobnie jak olej z ziaren palmowych należy do grupy olejów laurynowych (50% tego kwasu). Olej kokosowy w kuchni azjatyckiej wykorzystywany jest do bezpośredniej konsumpcji, oraz gotowania i smażenia, natomiast w krajach zachodnich ma szerokie zastosowanie w produkcji lodów, margaryny, tłuszczów kuchennych, piekarskich i cukierniczych, zamienników masła kakaowego [McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009; Ratusz i Wroniak, 2014].

Skład chemiczny olejów jadalnych i ich wartość żywieniowa

Oleje produkowane są na drodze tłoczenia i/lub ekstrakcji, a następnie rafinacji chemicznej lub fizycznej. Oleje spożywcze znajdują zastosowanie jako dodatki do sałatek, do smażenia oraz do produkcji margaryn kubkowych miękkich. Oleje ciekłe, po poddaniu modyfikacjom, już jako tłuszcze stałe, są wykorzystywane do produkcji margaryny kostkowej, tłuszczów piekarskich, cukierniczych, smaźalniczych, czy zamienników tłuszczu kakaowego. Oprócz wykorzystania spożywczego oleje znajdują zastosowanie do produkcji biopaliw, ale również farmaceutyków, kosmetyków, detergentów, farb, tworzyw sztucznych [Wroniak, 2006; Ratusz i Wroniak, 2014]. Oleje rafinowane to w 99% triacyloglicerole. Pozostały 1% to związki towarzyszące lipidom, frakcja niezmydlająca się: głównie sterole, skwalen, tokoferole. Rafinacja olejów powoduje redukcję zawartości tokoferoli i steroli od 10 do 70% i całkowite usunięcie barwników, związków fenolowych, fosfolipidów, niepełnych acylogliceroli, wolnych kwasów tłuszczowych, produktów utlenienia, białka, enzymów, mikroorganizmów. Dominującymi kwasami tłuszczowymi są (Tab. 4):

- kwasy nienasycone: monoenowe - kwas oleinowy C18:1 (oleje: oliwkowy 77-83%, rzepakowy 58-63%, arachidowy 49%),
- kwasy polienowe: z rodziny *n-6* – kwas linolowy C18:2 (olej słonecznikowy 65%, sojowy 51%),
- rzadziej kwasy polienowe z rodziny *n-3* – kwas linolenowy C18:3 (olej lniany 53%, rzepakowy 10%, sojowy 7%),
- z kwasów nasyconych dominuje głównie kwas palmitynowy C16:0 (olej palmowy ok. 45% i od 6 do 20% w innych olejach), kwas laurynowy C12:0 i mirystynowy C14:0, w tłuszczach stałych (z ziaren palmy oleistej i kokosowy).

Tabela 4. Główne grupy kwasów tłuszczowych w wybranych olejach jadalnych [%] (opracowanie własne na podstawie McKevith, 2005; Dubois i in., 2007; Foster i in., 2009)

Oleje/kwasy tłuszczowe [%]	Nasycone	Monoenowe	Polienowe	<i>n-6</i>	<i>n-3</i>	Udział <i>n-6/n-3</i>
rafinowane stołowe						
Palmowy	47,8	37,1	10,4	10,1	0,3	34:1
Sojowy	15,6	21,3	58,8	54,5	7,3	7:1
Rzepakowy	6,6	63,3	29,3	19,7	9,6	2:1
Słonecznikowy	12,0	20,5	63,3	63,2	0,1	632:1
tłoczone, nierafinowane						
Oliwkowy	14,3	73,0	8,2	7,5	0,7	10:1
Lniany	9,4	20,2	66,0	12,7	53,0	1:4
stałe w temp. pokojowej						
Kokosowy	86,5	6,0	1,5	1,5	0,1	15:1
Z ziaren palmowych	81,5	11,4	1,6	1,6	0,1	16:1

Z żywieniowego punktu widzenia najważniejsze są kwasy polienowe, w tym niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodzin *n-6* i *n-3*. Szczególnie cenne są kwasy z rodziny *n-3*, których wykorzystanie jest limitowane zbyt dużą podażą w diecie kwasów *n-6*. Dlatego istotne są proporcje kwasów *n-6* do *n-3* (najlepiej 4:1 lub 5:1). Czynnikiem podwyższającym ryzyko tych chorób są kwasy nasycone (C12:0, C14:0, C16:0) oraz kwasy o konfiguracji *trans* obecne w częściowo utwardzonych tłuszczach roślinnych, jak również tłuszczach zwierzęcych [Dubois i in., 2007].

Produkty tłuszczowe – główne trendy

W ostatnich 10 latach, w globalnym aspekcie wpływu diety i aktywności fizycznej na zdrowie człowieka, europejski sektor tłuszczowy starał się poprawić profil kwasów tłuszczowych w olejach i tłuszczach roślinnych. Polegało to na zmniejszaniu udziału izomerów *trans* TFA i nasyconych kwasów tłuszczowych SFA na korzyść zwiększania udziału monoenowych MUFA i polienowych kwasów tłuszczowych PUFA. Taki trend doprowadził do rozwoju sektora zdrowszych, alternatywnych olejów i produktów tłuszczowych [Fediol, 2016]. Zaobserwowano, że średnia zawartość kwasów tłuszczowych *trans* w produktach tłuszczowych obniżyła się z 5,3 (1998 r.) do 1% (2008 r.). W przypadku udziału kwasów SFA najpierw obserwowano wzrost z 20 do ponad 30% (2003 r.), a następnie zaobserwowano niewielki spadek do 27,3% SFA (2008 r.). W tym czasie zaobserwowano zwiększenie udziału MUFA z 35 do ponad 40%, natomiast nie wykazano pozytywnych zmian w udziale PUFA (tylko obniżenie z 35 do 30% puli kwasów). Obniżenie udziału izomerów *trans* TFA w tłuszczach był spowodowany zastąpieniem ich w produktach kwasami nasyconymi SFA. W konsekwencji obecnie w produkcji tłuszczów roślinnych można zaobserwować tendencję zastępowania tłuszczów stałych (palmowego) olejami ciekłymi. Jednakże takie zmiany pociągają za sobą olbrzymie koszty [Fediol, 2016].

Aktualny trend w produkcji tłuszczów roślinnych to dalsze zwiększanie udziału kwasów tłuszczowych MUFA i PUFA. Dokonuje się tych zmian poprzez następujące innowacje [Fediol, 2016]:

- mieszanie różnych olejów i tłuszczów, w celu poprawy wartości żywieniowej, (szczególnie wzbogacenie w deficytowe kwasy z rodziny *n-3*). Przykładem są dostępne na rynku mieszanki olejów popularnych czy margaryn z olejami o korzystniejszym składzie kwasów tłuszczowych, w tym również z olejami tłoczonymi na zimno;
- częściowe lub całkowite zastępowanie tłuszczów stałych tłuszczami ciekłymi, w produkcji poszczególnych wyrobów tłuszczowych, by zwiększyć udział kwasów nienasyconych w żywności;

- wykorzystywanie nowych typów olejów, bogatych w kwasy monoenowe (słonecznikowy i rzepakowy);
- modyfikowanie surowców oleistych w celu otrzymania z nich olejów wysokooleinowych, charakteryzujących się wyższą stabilnością oksydacyjną, również w czasie smażenia. Przykładem są tu dostępne na rynku europejskim oleje wysokooleinowe: słonecznikowy i rzepakowy. Można je wykorzystywać samodzielnie lub w mieszankach z innymi olejami np. w połączeniu z oleiną palmową.

Do najważniejszych tendencji obserwowanych w technologii margaryny i innych tłuszczów stołowych można zaliczyć [Flaczyk i Korczak, 2000; Krygier i in., 2010]:

- obniżanie zawartości tłuszczu w emulsjach tłuszczowych;
- produkcja emulsji tłuszczowych z dodatkiem zamienników tłuszczu pochodzenia białkowego i węglowodanowego;
- obniżanie zawartości izomerów *trans* w tłuszczach roślinnych;
- wzbogacanie margaryny w substancje o działaniu prozdrowotnym (np. stanole, kwasy *n-3*, ALA czy DHA).

Na świecie, także w Polsce, obserwuje się tendencję obniżania zawartości tłuszczu w margarynach. W krajach UE w latach osiemdziesiątych 75-80% rynku tłuszczów stołowych stanowiły emulsje tłuszczowe zawierające 80% tłuszczu. Natomiast obecnie 75-80% rynku stanowią emulsje tłuszczowe zawierające około 40% tłuszczu. Na rynku krajowym sytuacja jest podobna: obserwuje się bogaty asortyment tłuszczów stołowych zawierających od 40 do 60% tłuszczu, a coraz skromniejszy, zawierających 60 do 80% tłuszczu. Obniżaniu zawartości lipidów w tłuszczach stołowych służy także produkcja emulsji tłuszczowych z dodatkiem zamienników tłuszczu pochodzenia białkowego i węglowodanowego. Węglowodanowe zamienniki to modyfikowane skrobie: kukurydziana, z ziemniaków, manioku, cykorii oraz hydrokoloidy. Jako zamienniki białkowe stosuje się głównie żelatynę oraz albuminy jaja lub mleka. Technologia produkcji mieszanek tłuszczu mlecznego i tłuszczów roślinnych powoduje, że otrzymany produkt charakteryzuje się obniżoną zawartością tłuszczu (w stosunku do masła), dobrymi cechami organoleptycznymi i podwyższoną zawartością niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Dzięki technologii przeestryfikowania istnieje możliwość obniżenia poziomu izomerów *trans* w tłuszczach do produkcji margaryn. W krajowych margarynach zawartość izomerów *trans* na przestrzeni ostatnich pięciu lat systematycznie obniża się [Flaczyk i Korczak, 2000; Krygier i in., 2010].

Dodatkowo na europejskim rynku tłuszczów pojawił się trend dotyczący olejów egzotycznych, co związane jest z ekspansją kuchni etnicznych z krajów azjatyckich. Tu największym zainteresowaniem cieszy się olej kokosowy i w mniejszym stopniu sezamowy. Dodatkowo coraz liczniejsi konsumenci szukają produktów

niskoprzetworzonych (oleje tłoczone na zimno) czy produktów ekologicznych (z surowców z certyfikowanych upraw organicznych) [Internet 1; Internet 2]. Takie tendencje można zaobserwować w ostatnich latach również w Polsce, szczególnie w ofercie małych producentów olejów tłoczonych na zimno i wśród konsumentów szczególnie dbających o zdrowie [Wroniak, 2006]. Jednak takie oleje stanowią tylko margines rynku tłuszczów roślinnych (prawdopodobnie kilka %), przy czym biorąc pod uwagę ceny tych produktów może okazać się, że jest on zdecydowanie większy. Stąd też można zauważyć zainteresowanie dużych, wiodących firm produkcją i dystrybucją właśnie olejów tłoczonych na zimno i ich mieszanek z olejami rafinowanymi [Internet 3]. Przedstawione powyżej kierunki zmian na rynku olejów i tłuszczów roślinnych można zaobserwować u wszystkich producentów tłuszczów, nie tylko w Europie. Firma Bunge to jeden największych producentów na rynku produktów oleistych i tłuszczów w 2015 roku w Polsce. Kolejne miejsca w zestawieniu największych firm zajmują odpowiednio: Unilever Group, SM Mlepol, SM Mlekovita, ZT Bielmar Sp. z o.o. [Internet 3].

Podsumowując można zaobserwować, że panujące trendy na rynku tłuszczów roślinnych i stosowane modyfikacje technologii produkcji olejów jadalnych margaryny są zgodne z zaleceniami lekarzy, żywieniowców i oczekiwaniami konsumentów. Produkowany na szeroką skalę rafinowany olej rzepakowy uznawany jest za najzdrowszy spośród innych dostępnych olejów jadalnych. Natomiast produkowana obecnie margaryna miękka, kubkowa charakteryzuje się niższą zawartością tłuszczu i izomerów *trans*, a wyższą nienasyconych kwasów tłuszczowych niż w poprzednich dekadach. Często margaryna zawiera składniki o działaniu prozdrowotnym. Jednocześnie produkowane obecnie produkty w coraz większym stopniu zaspokajają oczekiwania konsumenta dotyczące zarówno cech sensorycznych jak i wartości żywieniowej.

Literatura

1. Dubois V., Breton S., Linder M., Fanni J., Parmentier M. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2007, 109, 710-732.
2. Fediol 2016: Fediol Nutrition Factsheet. Innovation in processing and reformulation of vegetable oils and fats. <http://www.fediol.be/data/1324550245Factsheet%20Innovation%20in%20processing%20%26%20reformulation%209Dec11.pdf> (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
3. Flaczyk E., Korczak J. Współczesne trendy w produkcji tłuszczów stołowych. *Nowa Medycyna* 12/2000 <http://www.czytelniamedyczna.pl/1584,wspolczesne-trendy-w-produkcji-tluszczow-stolowych.html> (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
4. FAOSTAT (2016). <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> <http://faostat.fao.org/site/636/DesktopDefault.aspx?PageID=636#ancor> (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
5. FAS, USDA, Foreign Agricultural Service, USDA. (2016). <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx> (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
6. Foster R., Williamson C.S., Lunn J. Culinary oils and their health effects. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*, 2009, 34, 4-47.
7. Gunstone F.D. Vegetable oils. In: Bailey's industrial oil and fat products. Vol. 1. Edible oil and fat products: chemistry, properties, and health effects. Ed. F. Shahidi, Wiley & Sons, New Jersey, 2005, 213-267.

8. Internet 1. Vegetable oils market trends. Global Industry Analysts, <http://www.strategyr.com/MarketResearch/infographTemplate.asp?code=MCP-2226>, (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
9. Internet 2. Which trends offer opportunities on the European vegetable oils market? <https://www.cbi.eu/market-information/vegetable-oils/trends-vegetable-oils/> (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
10. Internet 3. Portal spożywczy. <http://www.portalspozywczy.pl/oleje-i-tluszcze> (dostęp on-line: 12.06.2016 r.)
11. Krzymański J. Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju Warszawa, 2009.
12. Krygier K. Współczesna margaryna, aspekty technologiczne i żywieniowe. Red K. Krygier WNT, Warszawa, 2010.
13. Matthäus B. Oil technology. In: Technological innovations in major world oil crops, Vol. 2: Perspectives (Ed. S.K. Gupta). Springer Science Business Media, 2012, 23-92.
14. Mc Kevith B. Nutritional aspects of oilseeds. British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin, 2005, 30, 13-26.
15. Praca zbiorowa: Food fats and oils. Institute of shortening and edible oils, Washington, 2006, 1-37, <http://aocs.files.cms-plus.com/ResourcesPDF/FFO.pdf>.
16. Ratusz K. Wroniak M. Surowce oleiste w: Wybrane zagadnienia z technologii żywności pochodzenia roślinnego (pod red. Mitek M., Leszczyński K.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2014, 143-155.
17. Rosiak E. Krajowy rynek rzepaku na tle rynku światowego Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie problemy rolnictwa światowego 2014, 14 (XXIX) Zeszyt 1, 86-96.
18. Wroniak M. Charakterystyka surowców oleistych i olejów jadalnych w: Wybrane zagadnienia z technologii żywności, (red. Mitek M., Słowiński M.), Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2006, 150-164.
19. Wroniak M., Krygier K. Oleje tłoczone na zimno. Przemysł Spożywczy, 2006, 7, 30-32, 34.

WYKORZYSTANIE SUROWCÓW ROŚLINNYCH DO AROMATYZOWANIA DESTYLATÓW ROLNICZYCH

Wprowadzenie

Produkcja napojów alkoholowych jest bez wątpienia jednym z najstarszych procesów biotechnologicznych. Początkowo powstawały one na skutek fermentacji cukrów do etanolu przez natywną mikroflorę z powierzchni surowców. Destylaty zyskały na znaczeniu dzięki arabskim alchemikom, którzy około VII wieku rozwinęli sztukę separacji „ducha wina”. Destylaty, dla poprawy ich właściwości leczniczych oraz organoleptycznych wzbogacano w dodatki smakowe i zapachowe pochodzenia roślinnego. Obecne sposoby wytwarzania napojów alkoholowych są pochodną wielowiekowej ewolucji technicznej oraz tradycji [Jacques i in., 2003; Historia wódki 2016]. W ostatnich latach, w celu zwiększenia sprzedaży, prowadzone są próby wprowadzania „niszowych” wyrobów alkoholowych wytwarzanych w oparciu o prostą destylację oraz użycie ziołowych dodatków smakowo-zapachowych, w związku z tym, w ramach niniejszych badań podjęto się oceny otrzymywania destylatów aromatyzowanych podczas procesu odpędu. Związki smakowo-zapachowe można podzielić na związane z surowcami użytymi podczas produkcji oraz z procesami chemicznymi i biochemicznymi zachodzącymi podczas fermentacji i dalszych etapów produkcji. Poza głównymi produktami fermentacji – etanolem, glicerolem i dwutlenkiem węgla, podczas tego procesu powstają również związki uboczne należące do grupy estrów, aldehydów, ketonów wyższych alkoholi i kwasów organicznych. Mimo że występują one w śladowych ilościach (najczęściej poniżej 1 g/dm³), to jednak odznaczają się często niskimi progami wyczuwalności sensorycznej i nadają destylatowi charakterystycznych cech. Dominującym związkiem karbonylowym tworzonym podczas fermentacji jest aldehyd octowy powstający podczas rozkładu kwasu pirogronowego. Akroleina powstająca w wyniku działania bakterii mlekowych jak i podczas destylacji (z odwodnienia glicerolu) nadaje destylatowi nuty pieprzowo-chrzanowej, podczas gdy diacetyl tworzony przez bakterie mlekowe nadaje nut „maślanych”. Inne znane związki karbonyłowe występujące w destylatach to m.in. aceton, acetoina oraz keton metyloetylowy. Alkohole aromatyczne i alifatyczne (poza etanolem) również mogą wpływać na właściwości sensoryczne destylatów. Z grupy tej najczęściej w destylatach identyfikuje się metanol, 1-butanol, 2-butanol, 1-propanol, 2-metylo-1-propanol,

2-metylobutanol, 3-metylobutanol i 2-feniloetanol. Zazwyczaj ich aromat kojarzony jest z „przypaloną” materią organiczną, ale np. alkohol 2-feniloetylowy odznacza się wonią różaną.

Estry to grupa związków ubocznych charakteryzująca się silnym, zazwyczaj korzystnym, wpływem na smak i zapach destylatów. Niskowrzące estry alkoholu etylowego (mleczan 2-metylo etylu, kaprylan etylu, kapronian etylu) i estry kwasu octowego (octan etylu, octan izoamylu, octan izobutyli) są jednymi z istotniejszych czynników aromatu destylatów. Estry kwasów tłuszczowych zawierających 14-18 atomów węgla wykazują znacznie niższą lotność, ale również mogą wpływać na aromat destylatu, np. odpowiadają za aromat „stearynowy” w przypadku szkockich whisky [Reineccius, 1994; Bauer-Christoph i Christoph, 2007].

Do znanych na całym świecie wyrobów alkoholowych otrzymywanych przez destylację należą m.in. brandy, wódka, tequila, destylaty owocowe i zbożowe, rum, cachaca czy gin. Nazwa brandy odnosi się do „palonego wina” co dosyć dobrze opisuje proces jej produkcji od destylacji wina do jego maturacji w beczkach dębowych, co wpływa na finalny smak i zapach. Na końcowy smak i zapach brandy wpływa proces maturacji podczas, której destylat winny jest wzbogacany w składniki fenolowe i garbnikowe pochodzące z beczek dębowych. Znanym alkoholem o wydatnych cechach sensorycznych jest gin, uzyskiwany z udziałem jagód jałowca oraz często dodatkiem kolendry, anyżu i arcydzięgla. Spośród innych wyrobów otrzymywanych w wyniku destylacji lub z wykorzystaniem destylatów, i odznaczających się wydatnymi cechami sensorycznymi, zalicza się również anyżówkę, pastis, rakiję, ouzo, śliwovicę, kirch czy calvados [Maarse i Van der Berg, 1944; Kołdowski, 1955; Aylott, 2003; Bauer-Christoph i Christoph, 2007; The differences between...2016].

Maturacja jest jednym z ostatnich, ale często kluczowym procesem technologicznym wnoszącym charakterystyczne cechy sensoryczne gotowych wyrobów spirytusowych. Podczas dojrzewania zachodzi wzrost stężenia estrów etylowych kwasów tłuszczowych, co odbywa się kosztem koncentracji alkoholu. Substraty zawarte w ścianach drewnianej beczki: hemicelulozy, taniny, ligniny przy udziale substancji mineralnych ulegają konwersji do związków o pożądanej nucie zapachowej. W szczególności produkty dekompozycji lignin – wanilina i pochodne, wnoszą istotne składniki finalnego aromatu. Na skutek oksydacji i tworzenia substancji o charakterze kwasowym spada często pH, co wzmaga produkcję estrów i acetalu. Z drewna przechodzą do destylatów również oktalaktony, gwajakol, krezole wnosząc modyfikując finalne właściwości sensoryczne finalnego trunku [Maarse i Van der Berg, 1944; Burglund, 2004; Bauer-Christoph i Christoph, 2007].

Cel i zakres badań

Celem opisanych badań była ocena aromatyzacji destylatów rolniczych z wykorzystaniem kory cynamonowca dodawanych do kolby destylacyjnej, bądź umieszczanych w „nasadce destylacyjnej” na drodze par spirytusu, między kolbą destylacyjną i chłodnicą.

Materiały

Materiał badawczy stanowił spirytus zbożowy żytni o mocy 92% oraz suszona kora cynamonowca w postaci kawałków o największym wymiarze mieszczącym się z zakresie 1-4 mm

Metody

Destylacja

Spirytus zbożowy rozcieńczano do mocy 40% (v/v) wodą demineralizowaną. Roztwór w ilości 800 cm³ wlewano do kolby destylacyjnej. Korę cynamonowca w dwóch dawkach (2 lub 4 g), dodawano wprost do kolby lub umieszczano w szklanej nasadce między kolbą a chłodnicą. Po zamontowaniu chłodnicy prowadzono destylację odbierając 10 frakcji destylatu o objętości 50 cm³ każda. Uzyskane próby były poddane analizie zapachowej oraz chromatograficznej GC+MS.

Analiza chromatograficzna

Frakcje 1, 3, 5, 7 i 10 z serii uzyskiwanych destylatów poddano ocenie chromatograficznej po rozcieńczeniu do zawartości 40% alkoholu. W badaniach wykorzystano chromatograf gazowy (Agilent 7890A) sprzężony z detektorem MS (Agilent MSD 5975C) z pojedynczym kwadrupolem, z użyciem kolumny kapilarnej HP-5 MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm). Parametry analizy zaprezentowane zostały w artykule Balcerek i in. [2016].

Ocena dystrybucji aromatu podczas destylacji

W ocenie dystrybucji aromatu podczas destylacji brało udział 4 testerów, którzy korzystali z 10-punktowej skali intensywności aromatu cynamonowego (1 – aromat najslabszy, 10 – aromat najmocniejszy). Odniesieniem były: dla aromatu najslabszego roztwory etanolu o mocy 40%, a dla aromatu najmocniejszego macerat cynamonu w spirytusie 40%, przygotowany przez 2miesięczną macerację 5 g rozdrobnionej kory cynamonowca w 40% wodnym roztworze etanolu.

Ocena wpływu metody destylacji i dawki surowca na doznania sensoryczne

W celu oceny wpływu destylacji i dawki surowca na cechy sensoryczne, sporządzono równocenną (v/v) mieszaninę frakcji 2, 3 i 4 (ocenionych jako odznaczające się silnym aromatem cynamonowym). Próbkę rozcieńczono do jednakowej, 40% (v/v) zawartości alkoholu). Ocena organoleptyczna obejmowała ocenę barwy, klarowności, zapachu i smaku, punktowanych odpowiednio w skali 0-2; 0-2; 0-4 i 0-12.

Przyjęte skrótowe oznaczenia metod destylacji i dawki surowca:

KMD – metoda destylacji z bezpośrednim umieszczeniem w kolbie destylacyjnej 2 g kory cynamonu,

KDD – metoda destylacji z bezpośrednim umieszczeniem w kolbie destylacyjnej 4,5 g kory cynamonu,

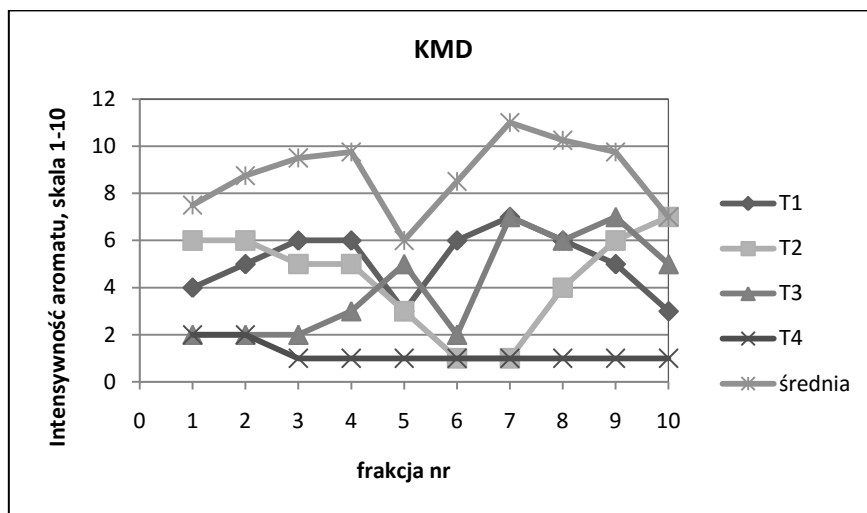
NMD – metoda destylacji z nasadką destylacyjną zawierającą 2 g kory cynamonu,

NDD – metoda destylacji z nasadką destylacyjną zawierającą 4,5 g kory cynamonu.

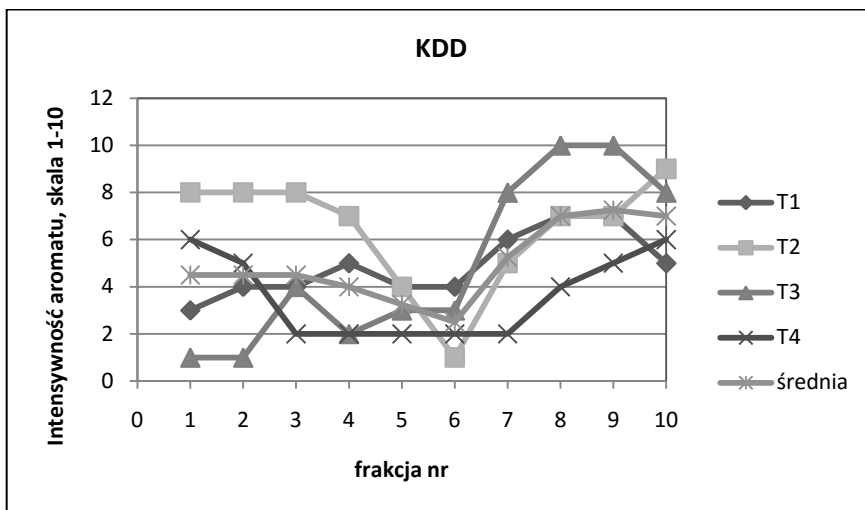
Wyniki – omówienie i dyskusja

Aromatyzacja destylatu z wykorzystaniem suszonej kory cynamonowca

Dystrybucję aromatu podczas destylacji przedstawiono na rysunkach 1-4.

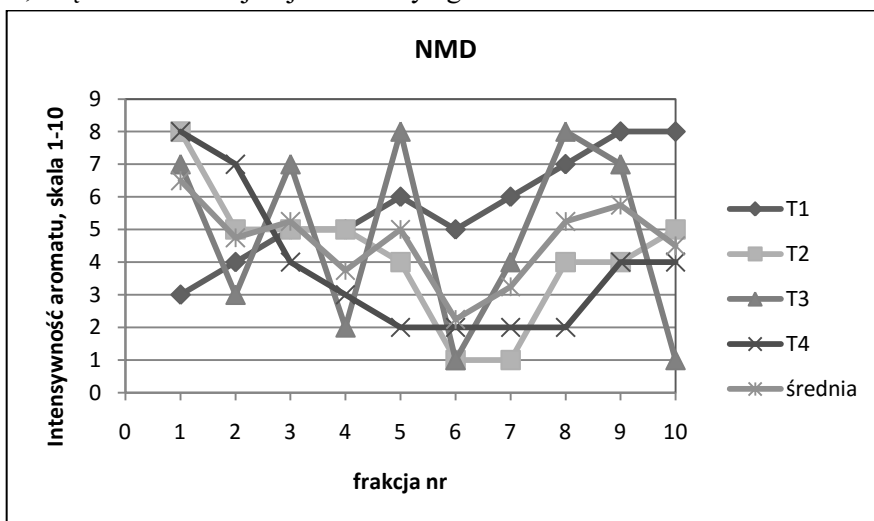


Rysunek 1. Intensywność aromatu cynamonowego we frakcjach destylatu ("KMD" – metoda destylacji z bezpośrednim umieszczeniem w kolbie destylacyjnej 2 g kory cynamonowca)

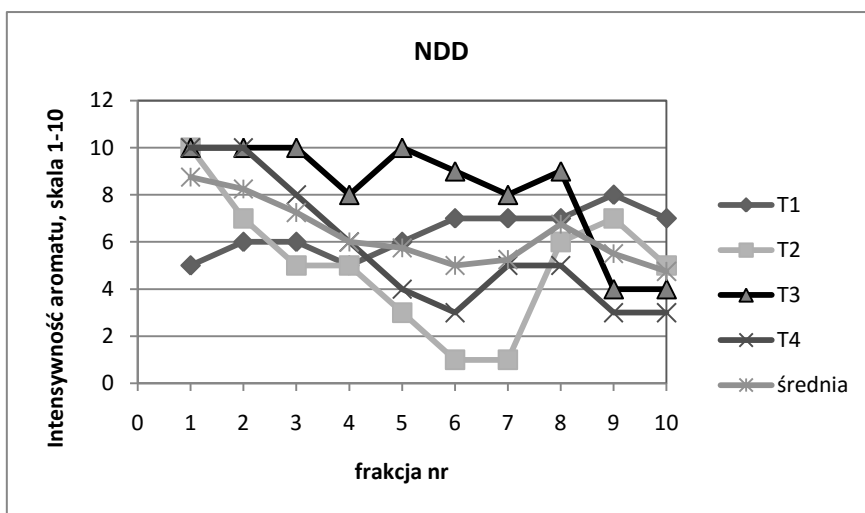


Rysunek 2. Intensywność aromatu cynamonowego we frakcjach destylatu ("KDD" – metoda destylacji z bezpośrednim umieszczeniem w kolbie destylacyjnej 4,5 g kory cynamonowca)

Zaobserwowano pewne różnice w intensywności dystrybucji pików aromatu cynamonowego podczas destylacji z użyciem dwóch dawek cynamonu umieszczonych bezpośrednio w kolbie destylacyjnej. Średnia intensywność aromatu dla żadnej z frakcji dla "małej dawki" nie przekroczyła wartości 5 pkt. Najwyższe wartości obserwowano dla 4 końcowych frakcji. Dla "dużej dawki" obserwowano większą intensywność aromatu w destylatach. Widoczne są również silne różnice w ocenie pomiędzy poszczególnymi testerami, większe dla mniejszej dawki użytego surowca.



Rysunek 3. Intensywność aromatu cynamonowego we frakcjach destylatu ("NMD" – metoda destylacji z nasadką destylacyjną zawierającą 2 g kory cynamonowca)



Rysunek 4. Intensywność aromatu cynamonowego we frakcjach destylatu (“NDD” – metoda destylacji z nasadką destylacyjną zawierającą 4,5 g kory cynamonowca)

W przypadku zastosowania aromatyzacji z użyciem nasadki zaobserwowano najwyższą, średnią intensywność aromatu dla frakcji 1 – 6,5 i 8,8 punktu, dla “małej” (2 g) i “dużej” (4,5 g) dawki. Dla dawki 2 g najwyższą punktację osiągnęły frakcje 1 i frakcje 7-10, podczas gdy dla dawki 4,5 g najintensywniejszy aromat obserwowano dla frakcji 1-3. Analiza sensoryczna wskazała, że intensywność aromatu zależała od użytej dawki kory cynamonowca. W tabeli 1 przedstawiono wyniki oceny organoleptycznej mieszaniny frakcji 2-4.

Tabela 1. Wyniki oceny organoleptycznej destylatów aromatyzowanych cynamonem w zależności od metody i dawki użytego surowca

Oceniający	Mieszanina frakcji 2, 3 i 4					
	Metoda i dawka	Barwa	Klarowność	Zapach	Smak	SUMA
T1	NMD	2	2	3,8	5.5	13,3
	NDD	2	2	4	6	14
	KMD	2	2	3	4	11
	KDD	2	2	3	4	11
T2	NMD	2	2	1,5	9	14,5
	NDD	2	2	2	8	14
	KMD	2	2	1	5	10
	KDD	2	2	1,2	7	12,2
T3	NMD	2	2	3	11	18
	NDD	2	2	4	10	18
	KMD	2	2	2,5	9	15,5
	KDD	2	2	1,5	11	16,5

Niezależnie od metody i dawki surowca, wszystkie próby uzyskały maksymalną punktację za barwę i klarowność. Wyniki wskazują na wyższą ocenę aromatu próbek uzyskanych z użyciem nasadki, niż dla metody, w której próbka była umieszczana bezpośrednio w kolbie destylacyjnej. Destylaty uzyskane z użyciem większej dawki surowca odznaczały się nieznacznie wyższą oceną aromatu. W przypadku smaku różnice nie były zauważalne.

Tabela 2. Analiza GC frakcji destylatów aromatyzowanych podczas destylacji, z surowcem umieszczonym w kolbie destylacyjnej

Składnik	stężenie wykrytych substancji w poszczególnych frakcjach destylatu [mg/dm ³ spirytusu 100%]									
	Frakcja 1		Frakcja 3		Frakcja 5		Frakcja 7		Frakcja 10	
	KMD	KDD	KMD	KDD	KMD	KDD	KMD	KDD	KMD	KDD
alkohol izobutylowy	669,1	703,0	728,9	728,1	638,0	642,9	218,0	235,8	12,0	13,6
aldehid izowalerianowy	0,7	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
1-butanol	1,0	1,5	0,7	0,5	1,2	0,9	1,0	0,8	-	-
acetal dietylowy aldehydu octowego	123,6	111,4	7,5	2,4	-	-	-	-	-	-
3-metylo-1-butanol	51,3	52,3	71,5	71,7	96,3	89,1	34,9	47,1	-	-
2-metylo-1-butanol	36,2	38,7	49,0	48,1	58,0	53,4	17,5	21,0	-	-
acetal dietylowy aldehydu propionowego	0,4	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal dietylowy aldehydu masłowego	1,7	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
1R- α -pinen	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α -tujen	-	10,4	0,7	2,5	-	0,9	-	-	-	-
izoterpinolen	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kamfen	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal dietylowy aldehydu izowalerianowego	7,9	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal dietylowy aldehydu walerianowego	5,1	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal amylo-etylowy aldehydu octowego	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β -tujen	-	3,6	-	0,3	-	-	-	-	-	-
γ -terpinen	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-
4-metylo-1-pentanylo benzen	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
D-limonen	0,4	1,4	-	0,3	-	0,2	-	12,4	-	-
eukaliptol	3,5	4,5	3,4	5,8	-	0,5	-	-	-	-
α -terpineol	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-
aldyhyd trans-cynamonowy	-	-	-	-	-	-	1,0	1,8	16,3	4,8
aldehid cynamonowy	-	0,5	0,2	2,6	3,3	12,4	214,0	702,8	3303,0	11805,7
octan izobornylu / octan bornylu	-	-	-	0,6	-	0,4	-	-	-	-
alkohol α -etylobenzylowy	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	-	-
cynamonian etylu	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5	-	-
α -kubeben / cis-muroła-3,5-dien	0,4	1,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
octan cynamylu	-	-	-	-	-	-	0,6	2,7	41,2	62,4

„-“ nie wykryto

“KMD”-metoda destylacji z bezpośrednim umieszczeniem w kolbie destylacyjnej 2 g kory cynamonu

“KDD”- metoda destylacji z bezpośrednim umieszczeniem w kolbie destylacyjnej 4,5 g kory cynamonu

Tabela 3. Analiza GC frakcji destylatów aromatyzowanych korą cynamonowca z wykorzystaniem nasadki aromatyzującej

Składnik	stężenie wykrytych substancji w poszczególnych frakcjach destylatu [mg/dm ³ spirytusu 100%]									
	Fracja 1		Fracja 3		Fracja 5		Fracja 7		Fracja 10	
	NMD	NDD	NMD	NDD	NMD	NDD	NMD	NDD	NMD	NDD
alkohol	560,0	617,5	632,0	628,9	583,9	530,6	321,2	246,7	15,4	10,6
aldehyd	0,8	1,1	0,2	-	-	-	-	-	-	-
1-butanol	1,1	1,4	0,9	1,0	0,9	0,9	0,7	0,9	-	-
acetal dietylowy aldehydu	85,6	84,2	13,6	8,6	-	-	-	-	-	-
3-metylo-1-butanol	57,1	68,5	85,8	91,6	102,0	94,9	66,8	45,6	-	-
2-metylo-1-butanol	38,1	45,3	52,5	55,3	62,0	53,5	35,2	22,6	-	-
acetal dietylowy aldehydu	0,4	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal dietylowy aldehydu	1,3	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-
α-tujen	0,6	1,4	0,6	0,5	-	0,3	-	1,6	-	-
acetal dietylowy aldehydu	6,4	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal dietylowy aldehydu	5,8	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-
acetal amylo- etylowy aldehydu	1,4	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
eukaliptol	1,0	6,5	0,7	3,7	0,1	2,4	-	-	-	1,6
aldehyd trans- aldehyd	5,8	4,3	5,8	4,2	4,7	4,0	4,4	5,3	17,4	24,1
	296,6	169,1	330,3	207,0	268,3	212,0	281,9	357,3	1352,3	1814,7
octan izobornylu / octan bornylu	0,4	1,3	0,3	0,3	-	0,2	-	-	-	-
alkohol α-	-	0,2	0,5	0,6	0,7	0,7	1,2	2,1	-	-
cynamonian etylu	-	0,6	-	0,6	-	0,5	-	0,5	-	-
α-kubeben / cis-muroła-3,5-dien	2,0	0,7	0,5	-	0,3	-	-	-	-	-
β-trans-farnezen	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-
β-kariofilen	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
kumaryna	-	0,2	-	3,3	-	5,4	-	16,1	-	198,1
octan cynamylu	1,0	2,4	0,4	-	0,1	-	0,2	-	-	-

„-“ nie wykryto

“NMD”-metoda destylacji z nasadką destylacyjną zawierającą 2 g kory cynamonu

“NDD”-metoda destylacji z nasadką destylacyjną zawierającą 4,5 g kory cynamonu

Analizy GC+MS pozwoliły na potwierdzenie obecności w uzyskiwanych destylatach substancji lotnych charakterystycznych dla destylatów zbożowych jak również pochodzących z lotnych składników kory cynamonowca. W odbieranych frakcjach występowały, charakterystyczne dla tego surowca związki, takie jak: aldehyd cynamonowy, octan cynamylu oraz beta-kariofilen. Do związków występujących w wysokich stężeniach, w obu typach destylatów był aldehyd cynamonowy (najwyższe

stężenie w ostatnich frakcjach prób KDD i NDD), alkohol izobutylový (maks. w 3 frakcji KMD i NMD), acetal dietylový aldehydu octowego (maks. w 1 frakcji NMD i KMD), 3-metylo-1-butanol (max. w piątej frakcji KMD i NMD) i 2-metylo-1-butanol (max. w piątej frakcji destylatów otrzymanych metodami KMD i NMD). Porównując konkretne wartości można zauważyć, że poziom alkoholu izobutylového oznaczony we frakcjach 1, 3 i 5 dla metody z użyciem nasadki destylacyjnej był znacząco niższy niż w przypadku umieszczenia cynamonu bezpośrednio w kolbie destylacyjnej. Aldehyd izowalerianowy pojawiał się tylko w 1 i 2 frakcji obu metod aromatyzacji, podczas gdy 1-butanol był obecny w próbkach uzyskanych oboma metodami aromatyzacji i stężenie nie ulegało znaczącym zmianom od frakcji 1 do 8. Obecność aldehydu octowego odnotowano dla obu metod aromatyzacji, we frakcjach 1-3, przy czym dla metody z umieszczeniem surowca bezpośrednio w kolbie destylacyjnej były to wyniki nieznacznie wyższe. W przypadku alkoholi: 3-metylo-1-butanolu i 2-metylo-1-butanolu można było zaobserwować narastanie ich koncentracji we frakcjach 1-5, po czym stężenie tych związków ulegało obniżeniu (frakcja 7 i 10). Stężenia acetylu dietylového aldehydu propionowego i acetylu dietylového aldehydu masłowego nie ulegały zmianie we frakcjach 1 i 2, niezależnie od metody aromatyzacji destylatu. Najwyższe stężenie α -tujenu występowało we frakcji 2. destylatu, przy czym dla metody z użyciem nasadki było ono ok. 10-krotnie niższe niż w przypadku metody bezpośredniej aromatyzacji w kolbie destylacyjnej. Aldehyd izowalerianowy oraz acetal dietylový aldehydu walerianowego były obecne na porównywalnym poziomie, w próbkach frakcji 1. obu metod aromatyzacji. Stężenie niektórych związków, jak na przykład aldehydu cynamonowego i jego odmiany “trans”, rosło w kolejnych frakcjach, co jest szczególnie widoczne dla wyników destylatów otrzymanych po dodaniu cynamonu wprost do kolby destylacyjnej (KMD i KDD). Na podstawie stężeń octanu cynamylu w poszczególnych frakcjach można zauważyć, że o ile w przypadku metody z użyciem nasadki znajdował się on we wszystkich analizowanych frakcjach, o tyle w przypadku gdy materiał roślinny był umieszczony wprost w kolbie destylacyjnej, to octan cynamylu destylował dopiero we frakcjach 7-10. Na podstawie wzrostu stężeń aldehydu cynamonowego i octanu cynamylu widać, że zwiększenie dawki surowca z 2 g do 4,5 g powodowało wzrost stężenia tych substancji w analogicznych frakcjach odbieranego destylatu, nie był to jednak przyrost wprost proporcjonalny.

Kora cynamonowca jest bogata w różne składniki lotne takie jak wspomniane już wyżej: aldehyd cynamonowy, octan cynamylu czy β -kariofilen, ale również kwas cynamonowy, eugenol i wiele innych substancji nadających temu materiałowi oryginalną nutę zapachową. Stężenia substancji charakterystycznych dla surowca niezbyt ściśle korelowały z oceną intensywności aromatu cynamonowego poszczególnych frakcji ocenianych przez testerów. O ile stężenie aldehydu cynamonowego było najwyższe

w przypadku ostatnich frakcji (7-10) destylatów, niezależnie od metody aromatyzacji, o tyle testerzy wyczuwali również silny aromat cynamonowy w przypadku w frakcji 1-3. Można to wytłumaczyć tym, że na bukiet zapachu identyfikowanego jako “cyamonowy” składa się paleta związków występujących, często w niewykrywalnym dla chromatografu stężeniu, niemniej jednak wnoszących, ze względu na niski próg wyczuwalności, swój niezbywalny wkład dla bukietu aromatu cynamonowego [Kulesza i in., 1961; Jayaprakasha i in., 2002; Visweswara Rao i Gan, 2014].

Podsumowanie

W trakcie badań porwóvano metodę aromatyzowania destylatu zbożowego korą cyamonowca z wykorzystaniem metody “tradycyjnej”, polegającej na umieszczeniu materiału roślinnego w kolbie destylacyjnej oraz metody z wykorzystaniem nasadki na surowiec zlokalizowanej pomiędzy kolbą destylacyjną, a chłodnicą. Analiza (GC+MS) pozwoliła na zidentyfikowanie substancji lotnych obecnych w destylacie. Destylat odbierano dzieląc go na 10 frakcji o identycznej objętości co pozwoliło, po ocenie sensorycznej i aparaturowej na wskazanie, w których frakcjach znajdują się konkretne związki lotne, w tym - wnoszące aromat cyamonowy do destylatu. Otrzymane wyniki mogą być podstawą do opracowania metody aromatyzacji podczas destylacji, z użyciem jedynie wybranych, pożądaných sensorycznie, frakcji destylatu. Przeprowadzone badania wykazały, że obecność, oraz szczytowe stężenie aromatu cyamonowego w konkretnej frakcji destylatu zależało od metody aromatyzacji oraz jego dawki. Wskazane jest, aby dla każdego surowca roślinnego opracować oddzielną recepturę pozyskiwania destylatu o pożądaných cechach sensorycznych.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju przyznanych na podstawie decyzji nr PBS2/B8/9/2013.

Literatura

1. Aylott R.I. Vodka, Gin and Other Flavored Spirits. Fermented Beverage Production in: Fermented Beverage Production ed. Lea A.G.H, Piggot J.R. vol. 13 Springer Science-Business Media, New York 2003 .
2. Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Strąk E., Patelski P., Dziekońska U. Comparison of fermentation results and quality of the agricultural distillates obtained by application of commercial amylolytic preparations and cereal malts. Eur. Food Res. Technol. 2016, 242, 321-335.
3. Bauer-Christoph C., Christoph N. Flavour of Spirit Drinks: Raw Materials, Fermentation, Distillation and Ageing in: Flavour and Fragrances, ed. Berger G.H Springer 2007.
4. Berglund K.A. Artisan Distilling. A guide for small distilleries. 2004 <http://www.artisandistilling.org/ARTISANDISTILLING1.0.0.pdf> [dostęp online 20.04.2016]
5. Historia wódki. http://alkohole.mojdrink.pl/O_Alkoholach-Wodki/511/Historia_wodki. (dostęp online 10.04.2016).
6. Jacques K.A., Lyons T.P, Kelsall D.R. The Alcohol Textbook 4 ed. Nottingham University Press, Nottingham 2003.
7. Jayaprakasha K.G., Rao L.J., Sakariah K.K. Chemical Composition of Volatile Oil from *Cinnamomum zeylanicum* Buds. 2002

http://jonnsaromatherapy.com/pdf/GCMS_Cinnamomum_zeylanicum_2002_01.pdf. (dostęp online 21.04.2016)

8. Kołodowski M., Tałałał S., Wysocka-Rumińska A., Wiszniewski J. Rośliny olejkowe i olejki naturalne. PWRiL 1955.
9. Kulesza J., Góra J., Tyczkowski A. Chemia i technologia związków zapachowych. WPL 1961.
10. Maarse H., Van den Berg F. Flavour of distilled beverages. Understanding Natural Flavors 1944.
11. Reineccius G. Source book of flavors. 2nd ed. Springer-Science+Business Media.BV, Dordrecht 1994.
12. The differences between Rum and Cachaça 2014. <http://www.mapadacachaca.com.br/en/articles/differences-rum-cachaca/> (dostęp online 20.04.2016).
13. Visweswara Rao P., Gan H.S., Cinnamon: A multifaceted Medicinal Plant. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014, vol. 2014, Article ID 642942, 12 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/642942> (dostęp online 22.04.2016).

OCENA WPŁYWU SPOSOBU NEUTRALIZACJI HYDROLIZATÓW LIGNOCELULOZOWYCH NA WYDAJNOŚĆ HYDROLIZY ORAZ FERMENTACJI ETANOLOWEJ

Wprowadzenie

W związku z polityką energetyczną państw, dotyczącą zwiększenia produkcji paliw odnawialnych, przewidywany jest wzrost wykorzystania mieszanek paliwowych z udziałem bioetanolu. Spośród wielu zalet stosowania biopaliw (takich jak bioetanol czy biodiesel) wymienia się uniezależnienie państw od importowanej ropy naftowej, pobudzenie gospodarki rolnej, oraz zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza ze względu na powstawanie mniejszych ilości gazów cieplarnianych, w porównaniu do tradycyjnych paliw kopalnych. Obecnie większość biopaliw wytwarzana jest z takich surowców jak pszenica, kukurydza, burak cukrowy czy trzcina cukrowa. Produkcja paliw z tych surowców jest jednak dyskusyjna pod względem etycznym, gdyż mogą być one także wykorzystywane w celu wytwarzania pożywienia dla ludzi bądź zwierząt. Z tego względu coraz większą uwagę przykłada się do tzw. biopaliw II generacji. Produkcja bioetanolu II generacji nie konkuruje z biomasą przeznaczoną na żywność i pasze, ponieważ jest on produkowany z surowców odpadowych i niejadalnych, takich jak: drewno i drewnopochodne materiały odpadowe, słomę i inne odpady produkcji rolnej, rośliny energetyczne oraz różnego rodzaju odpady organiczne, np. wytloki, gnojowica i odpady komunalne. Niewątpliwą zaletą biopaliw drugiej generacji jest możliwość wykorzystania do ich produkcji całych roślin (łodygi, łupiny, liście), a nie tylko ich części, jak w przypadku pierwszej generacji biopaliw. Jednakże przekształcenie biomasy lignocelulozowej na etanol jest procesem bardziej skomplikowanym niż jego otrzymywanie z surowców skrobiowych, co wynika to ze złożonej struktury kompleksu lignocelulozowego. Dlatego też niezbędne jest stosowanie etapu wstępnej obróbki, poprzedzającego hydrolizę enzymatyczną. Ma on na celu poprawę efektywności hydrolizy poprzez usunięcie hemicelulozy i lignin, rozluźnienie struktury celulozy oraz zwiększenie porowatości biomasy [Chandra i in., 2007]. Efektami tych zmian są: rozwinięcie powierzchni kontaktu, dekrystalizacja celulozy i jej częściowa depolimeryzacja, rozpuszczenie hemiceluloz, a także zmiany w strukturze lignin bądź ich rozpuszczenie [Margeot i in., 2009]. Obecność lignin

i hemicelulozy ogranicza dostęp enzymów celulolitycznych do włókien celulozy, zmniejszając tym samym wydajność całego procesu i powstawanie cukrów prostych [Sumphanwanich i in., 2008]. Wśród stosowanych metod wstępnej obróbki za uwagę zasługują obróbka z wykorzystaniem rozcieńczonego kwasu. W metodzie tej wykorzystywane są głównie kwasy nieorganiczne (siarkowy, solny, azotowy), które zwiększają porowatość biomasy dzięki rozpuszczeniu i usunięciu frakcji hemicelulozowej, a uzyskane z niej cukry (głównie ksyloza), mogą być przekształcone na etanol z użyciem odpowiednich drożdży [Mosier i in., 2005]. Wadą tej metody jest możliwość tworzenia produktów rozkładu kompleksu lignocelulozowego, takich jak kwas mlekowy, kwas octowy, furfural czy 5-hydroksymetylofurfural, które wpływają hamująco na kolejne etapy procesu, tj. hydrolizę enzymatyczną i fermentację. Powstawanie tych związków zależy w głównej mierze od zastosowanego stężenia kwasu, temperatury i czasu obróbki [Chum i in., 1990; Klinke i in., 2004]. Niezależnie od warunków prowadzonej obróbki wstępnej, uzyskane hydrolizaty odznaczają się niskimi wartościami pH i należy je doprowadzić do odpowiednich wartości wymaganych w trakcie hydrolizy enzymatycznej. Można ten etap przeprowadzić na dwa sposoby: neutralizując próbę przy pomocy wodorotlenku, albo intensywnie przemywając wodą destylowaną do osiągnięcia neutralnego pH przesączu. Obydwie metody mają swoje dobre i złe strony. W przypadku stosowania neutralizacji, nie dochodzi do strat cukrów, natomiast w hydrolizacie pozostają toksyczne produkty rozkładu lignocelulozy. Z kolei przemywanie biomasy wodą powoduje wymycie uzyskanych podczas wstępnej obróbki cukrów, pochodzących w dużej mierze z hemicelulozy, ale pozwala również usunąć inhibitory fermentacji.

Celem badań przedstawionych w pracy była ocena wpływu sposobu neutralizacji hydrolizatów, uzyskanych w wyniku wstępnej obróbki biomasy osiki i kisonki kukurydzianej rozcieńczonym kwasem siarkowym, na postępek i wydajność hydrolizy enzymatycznej oraz fermentacji.

Materiały i metody

W badaniach wykorzystano wióry osikowe stanowiące odpad tartaczny oraz kisonkę kukurydzianą. Surowce zanalizowano pod kątem zawartości suchej substancji [Ehrman, 1994a], celulozy [Modrzejewski i in., 1977], hemicelulozy [Arasimovich i Ermakov, 1987], lignin [Templeton i Ehrman, 1995], popiołu [Ehrman, 1994b] i substancji ekstrakcyjnych [Ehrman, 1994c]. Biomasę wysuszono na powietrzu i przechowywano w temperaturze pokojowej.

Wstępną obróbkę przeprowadzono zawieszając 15 g surowca w 150 ml 2% H_2SO_4 (obciążenie substratem 10% w/v), po czym próby inkubowano w 121°C przez

1 godzinę (z wykorzystaniem autoklawu). Po tym czasie próby ostudzone i doprowadzono pH do wartości 4,8 za pomocą NaOH (w wariacie z neutralizacją) lub przemywano wodą destylowaną do uzyskania neutralnego odczynu odcieku, po czym wartość pH doprowadzono za pomocą buforu cytrynianowego do 4,8 (w wariacie z przemywaniem). Po zakończeniu obróbki pobrano próbki celem oznaczenia ilości uwolnionych cukrów redukujących oraz powstałych produktów rozkładu lignocelulozy.

Wstępnie obrobioną biomasę poddano następnie hydrolizie enzymatycznej z wykorzystaniem komercyjnego preparatu celulolitycznego Cellic cTec2 (Novozymes A/S, Dania) w dawce 20 FPU/g celulozy. Preparat ten odznacza się wysoką aktywnością celulolityczną, hemicelulolityczną oraz aktywnością β -glukozydazy, optymalne warunki jego działania to temperatura 50°C i pH w zakresie 4,8-5,0. Dodatkowo dodano roztwór antybiotyków w celu zapobieżenia rozwoju niepożądanego mikroflory. Hydrolizę prowadzono w 50°C przez 72 godziny. Okresowo w czasie reakcji pobierano próbki do określenia stężenia uwolnionych cukrów redukujących metodą HPLC.

Po zakończeniu hydrolizy enzymatycznej, próby poddano fermentacji z użyciem drożdży gorzelniczych *Saccharomyces cerevisiae* rasy Thermosacc Dry w ilości 0,5 g/l. Dodatkowo jako źródło mikroelementów stosowano fosforan diamonu w dawce 0,2 g/l. Fermentację prowadzono w temperaturze ok. 30°C przez 72 godziny. Po zakończeniu fermentacji pobrano próby w celu określenia stężenia pozostałych cukrów redukujących metodą HPLC.

Analizę HPLC wykonano na chromatografii cieczowej Agilent 1260 Infinity (Agilent Technologies, USA) z detektorem refraktometrycznym (RID). Związki rozdzielano na kolumnie Hi-Plex H (7,7 × 300 mm, 8 μ m; Agilent Technologies, USA), w temperaturze 60°C, stosując jako fazę ciekłą 0,005 M roztwór H₂SO₄ o szybkości przepływu 0,7 ml/min. Przed przystąpieniem do oznaczenia próby przepuszczono przez filtry strzykawkowe o średnicy 30 mm, z membraną GF/PTFE, o średnicy porów 0,2 μ m. Stężenie poszczególnych związków określono na podstawie pomiaru pola powierzchni pików w odniesieniu do pola powierzchni pików roztworów wzorcowych.

Wszystkie próby wykonano w trzech powtórzeniach. Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 10 PL (ANOVA, $p < 0,05$).

Omówienie i dyskusja wyników

Analiza składu chemicznego surowców lignocelulozowych

Badaną biomasę analizowano pod kątem zawartości najważniejszych strukturalnych polisacharydów (celulozy i hemicelulozy) oraz lignin. Dodatkowo biomasę kiszonki kukurydzianej badano pod kątem zawartości skrobi, ponieważ surowiec ten uzyskuje się poprzez zakiszenie całych roślin, łącznie z ziarnem. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny surowców lignocelulozowych

	Wióry osikowe	Kiszonka kukurydziana
Sucha substancja [%]	94,01±1,63 ^b	39,74±0,95 ^a
Celuloza [% s.s.]	57,57±0,55 ^b	12,68±0,26 ^a
Hemiceluloza [% s.s.]	23,58±0,16 ^a	28,34±0,96 ^b
Ligniny [% s.s.]	13,99±0,09 ^b	11,48±0,11 ^a
Skrobia [% s.s.]	n.a.	36,42±0,61

n.a. – nie analizowano

a,b – różne litery w wierszach wskazują statystycznie istotne różnice między średnimi (Anova, $p < 0,05$)

Uzyskane wyniki pokazują, że wybrane surowce odznaczają się wysoką zawartością polisacharydów strukturalnych – zarówno w przypadku biomasy osiki, jak i kiszonki kukurydzianej, ich sumaryczna zawartość jest bliska 80% suchej masy.

Efektywność hydrolizy enzymatycznej

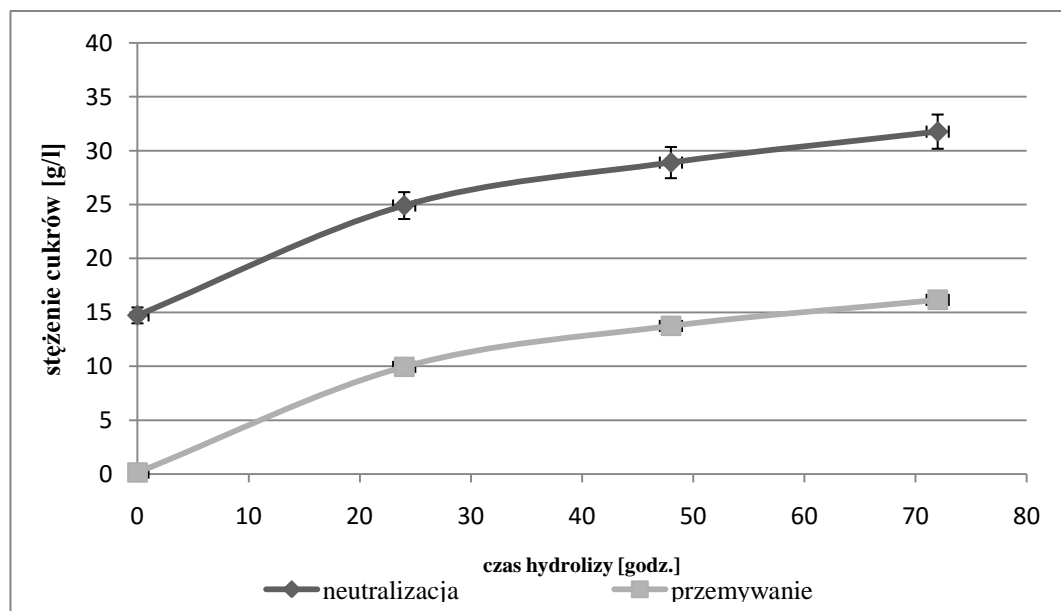
W ramach eksperymentów badano, jaki wpływ na przebieg hydrolizy enzymatycznej ma sposób neutralizacji prób otrzymanych w wyniku wstępnej obróbki oraz jaki jest otrzymany profil cukrowy hydrolizatów. W tym celu, próby po wstępnej obróbce kwasowej, poddano 72-godzinnej hydrolizie enzymatycznej z użyciem komercyjnego preparatu celulolitycznego Cellic cTec2. W odstępach 24-godzinnych pobierano próbki i analizowano jej pod kątem stężenia cukrów redukujących. Wyniki przedstawiono na rysunkach 1. i 2. Ponadto w tabelach 2. i 3., przedstawiono stężenie poszczególnych monosacharydów obecnych w otrzymanych hydrolizatach (glukoza, ksyliza, arabinoza) oraz celobiozy (dwucukru zbudowanego z glukozy powstającego w trakcie hydrolizy).

Tabela 2. Stężenie poszczególnych mono- i disacharydów powstałych podczas hydrolizy enzymatycznej wiórów osikowych

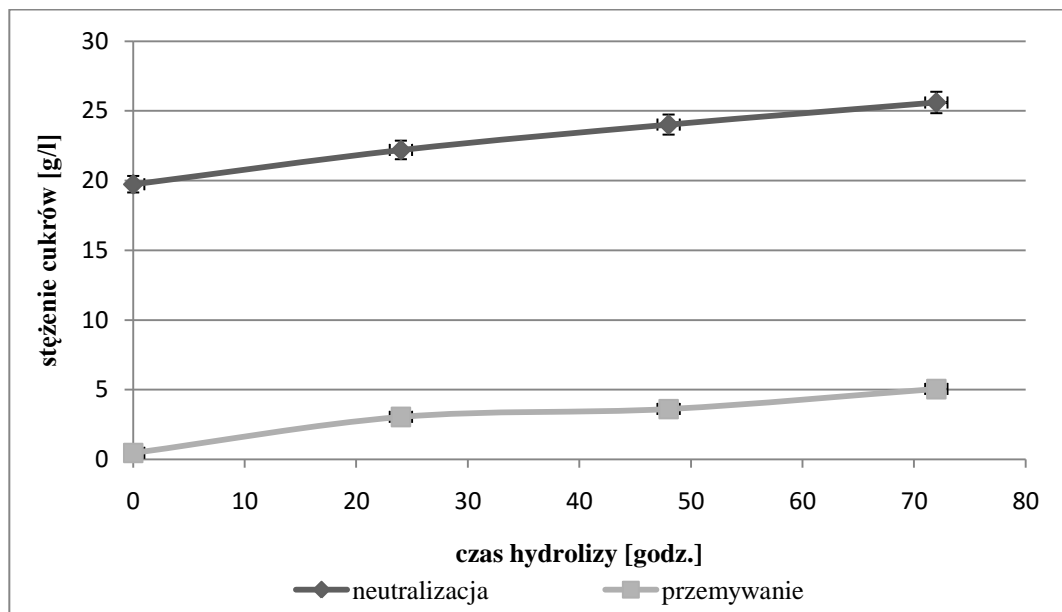
Sposób neutralizacji	Czas [h]	Celbioza	Glukoza	Ksyloza	Arabinoza
		g/l			
NEUTRALIZACJA	0	1,201±0,012 ^{bd}	1,356±0,042 ^{ba}	13,030±0,528 ^{ba}	0,295±0,009 ^{ba}
	24	0,951±0,019 ^{bc}	10,588±0,358 ^{bb}	14,015±0,682 ^{bab}	0,315±0,012 ^{ba}
	48	0,512±0,010 ^{bb}	13,548±0,517 ^{ac}	15,040±0,621 ^{bb}	0,315±0,011 ^{ba}
	72	0,347±0,021 ^{aa}	15,842±0,426 ^{bd}	15,622±0,607 ^{bc}	0,326±0,028 ^{ba}
PRZEMYWANIE	0	0,012±0,001 ^{aa}	0,062±0,003 ^{aa}	0,080±0,008 ^{aa}	0,000±0,000 ^{aa}
	24	0,250±0,038 ^{ab}	9,384±0,158 ^{ab}	0,569±0,056 ^{ab}	0,000±0,000 ^{aa}
	48	0,355±0,011 ^{ac}	12,856±0,821 ^{ac}	0,893±0,035 ^{ac}	0,000±0,000 ^{aa}
	72	0,394±0,015 ^{bd}	14,499±0,528 ^{ad}	1,665±0,033 ^{ad}	0,000±0,000 ^{aa}

a-f – różne litery w kolumnach wskazują statystycznie istotne różnice między średnimi w tej samej godzinie hydrolizy w zależności od sposobu neutralizacji (Anova, $p < 0,05$)

A-F – różne litery w kolumnach wskazują statystycznie istotne różnice między średnimi w czasie hydrolizy dla danego sposobu neutralizacji (Anova, $p < 0,05$)



Rysunek 1. Dynamika hydrolizy wiórów osikowych poddanych wstępnej obróbce kwasowej, a następnie hydrolizie enzymatycznej



Rysunek 2. Dynamika hydrolizy kiszonki kukurydzianej poddanej wstępnej obróbce kwasowej, a następnie hydrolizie enzymatycznej

Tabela 3. Stężenie poszczególnych mono- i disacharydów powstałych podczas hydrolizy enzymatycznej biomasy kiszonki kukurydzianej

Sposób neutralizacji	Czas [h]	Celobioza	Glukoza	Ksyloza	Arabinoza
		g/l			
NEUTRALIZACJA	0	0,459±0,013 ^{aD}	15,598±0,932 ^{bA}	3,701±0,058 ^{bA}	0,434±0,029 ^{bA}
	24	0,354±0,015 ^{aB}	17,632±0,699 ^{bB}	4,125±0,198 ^{bB}	0,434±0,021 ^{bA}
	48	0,402±0,016 ^{aC}	18,621±0,583 ^{bC}	4,965±0,091 ^{bC}	0,435±0,038 ^{bA}
	72	0,225±0,010 ^{bA}	19,962±1,008 ^{bD}	5,198±0,201 ^{bD}	0,446±0,024 ^{bA}
PRZEMYSWANIE	0	1,916±0,058 ^{bD}	0,282±0,016 ^{aA}	0,175±0,016 ^{aA}	0,005±0,000 ^{aBC}
	24	1,358±0,081 ^{bC}	2,680±0,102 ^{aB}	0,358±0,028 ^{aB}	0,004±0,001 ^{aAB}
	48	0,569±0,031 ^{bB}	3,180±0,128 ^{aC}	0,428±0,018 ^{aC}	0,006±0,001 ^{aC}
	72	0,005±0,001 ^{aA}	4,509±0,211 ^{aD}	0,536±0,031 ^{aD}	0,004±0,000 ^{aA}

a-f – różne litery w kolumnach wskazują statystycznie istotne różnice między średnimi w tej samej godzinie hydrolizy w zależności od sposobu neutralizacji (Anova, $p < 0,05$)

A-F – różne litery w kolumnach wskazują statystycznie istotne różnice między średnimi w czasie hydrolizy dla danego sposobu neutralizacji (Anova, $p < 0,05$)

Na podstawie przedstawionych wyników można zauważyć, że w przypadku biomasy wiórów osikowych, w wyniku wstępnej obróbki powstało ok 15 g/l cukrów, z czego 90% stanowi ksyloza, która została uwolniona w wyniku hydrolizy hemicelulozy zawartej w surowcu. Frakcja hemicelulozowa jest bardzo podatna na działanie kwasów i podczas obróbki wstępnej została prawie w całości rozłożona do cukrów prostych. W wyniku działania kompleksu celulolitycznego uzysk cukrów pięciowęglowych był stosunkowo niewielki i wyniósł ok. 1,5 g/l dla ksylozy i 0,03 g/l dla arabinozy. W wyniku przemywania biomasy przed hydrolizą enzymatyczną, z roztworu wymyte zostało 99% dostępnej ksylozy i w całości arabinoza. Biorąc pod uwagę glukozę, podczas wstępnej obróbki uwolnione zostało niecałe 1,5 g/l tego cukru, natomiast podczas hydrolizy enzymatycznej powstało dodatkowo ok 14,5 g/l, zarówno w przypadku neutralizacji wodorotlenkiem, jak i w przypadku przemywania wodą do neutralnego pH.

Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane dla kiszonki kukurydzianej można zauważyć, że podczas obróbki wstępnej uzyskano 3,7 g/l ksylozy i 0,4 g/l arabinozy, związki te powstały w wyniku hydrolizy hemicelulozy. Uzyskano także wysokie stężenia glukozy (ok. 15,5 g/l), jednak powstała ona w wyniku rozkładu zawartej w biomase skrobi, która jest znacznie bardziej podatna na działanie kwasu niż celuloza. Dalsza hydroliza enzymatyczna zwiększyła uzysk glukozy jedynie o ok. 4,5 g/l, zarówno w przypadku neutralizacji (osiągając stężenie prawie 20 g/l), jak i przemywania (uzyskując 4,5 g/l). Mała zawartość arabinozy we wszystkich próbach może świadczyć o niskiej zawartości arabinianów w hemicelulozie.

Lu i in. [2007] stosowali obróbkę kwasem siarkowym w stężeniach 2%, 4% i 6% wobec słomy kukurydzianej, w temperaturze 80°C, 100°C i 120°C. Wykazali oni, że optymalne warunki dla wstępnej obróbki tego surowca to działanie 2-procentowym kwasem w temperaturze 120°C przez 43 minuty. W wyniku tych działań uzyskali 77-procentową wydajność uwalniania ksylozy, i zaledwie 8% glukozy we frakcji ciekłej, natomiast otrzymana frakcja stała poddana hydrolizie enzymatycznej pozwoliła na uzyskanie 42 g glukozy/100 g surowca.

Obecność produktów degradacji kompleksu lignocelulozowego

Po zakończeniu obróbki z wykorzystaniem kwasu siarkowego, przed rozpoczęciem hydrolizy enzymatycznej, pobrano próby uzyskanych roztworów celem określenia stężenia powstałych związków. W tabeli 3. przedstawiono zawartość produktów rozkładu kompleksu lignocelulozowego, znanych ze swych inhibujących właściwości, tj. kwasu mlekowego, mrówkowego, octowego, furfuralu, 5-hydroksymetylofurfuralu (5-HMF) i aldehydu 4-hydroksybenzoesowego (aldehyd

4-HB). Związki te są najczęściej spotykane w dużych ilościach w hydrolizatach biomasy po obróbce kwasowej.

Tabela 3. Stężenie poszczególnych produktów degradacji kompleksu lignocelulozowego, powstałych podczas hydrolizy enzymatycznej wiórów osikowych i biomasy kiszonki kukurydzianej

Związek [g/l]	WIÓRY OSIKOWE		KISZONKA KUKURYDZIANA	
	Neutralizacja	Przemywanie	Neutralizacja	Przemywanie
Kwas mlekowy	0,019±0,001 ^b	0,005±0,000 ^a	1,906±0,010 ^b	0,017±0,002 ^a
Kwas mrówkowy	0,137±0,024 ^b	0,024±0,007 ^a	0,000±0,000 ^a	0,000±0,000 ^a
Kwas octowy	3,266±0,118 ^b	0,017±0,003 ^a	0,914±0,095 ^b	0,036±0,007 ^a
Furfural	3,156±0,152 ^b	0,004±0,001 ^a	0,048±0,005 ^b	0,011±0,001 ^a
5-HMF	0,096±0,016 ^b	0,001±0,000 ^a	0,034±0,001 ^b	0,008±0,002 ^a
Aldehyd 4-HB	0,951±0,082 ^b	0,018±0,002 ^a	0,157±0,005 ^b	0,004±0,000 ^a

5-HMF – 5-hydroksymetylofurfural; Aldehyd 4-HB – aldehyd 4-hydroksybenzoesowy

a-f – różne litery w wierszach wskazują statystycznie istotne różnice między średnimi dla danego surowca w zależności od sposobu neutralizacji (Anova, $p < 0,05$)

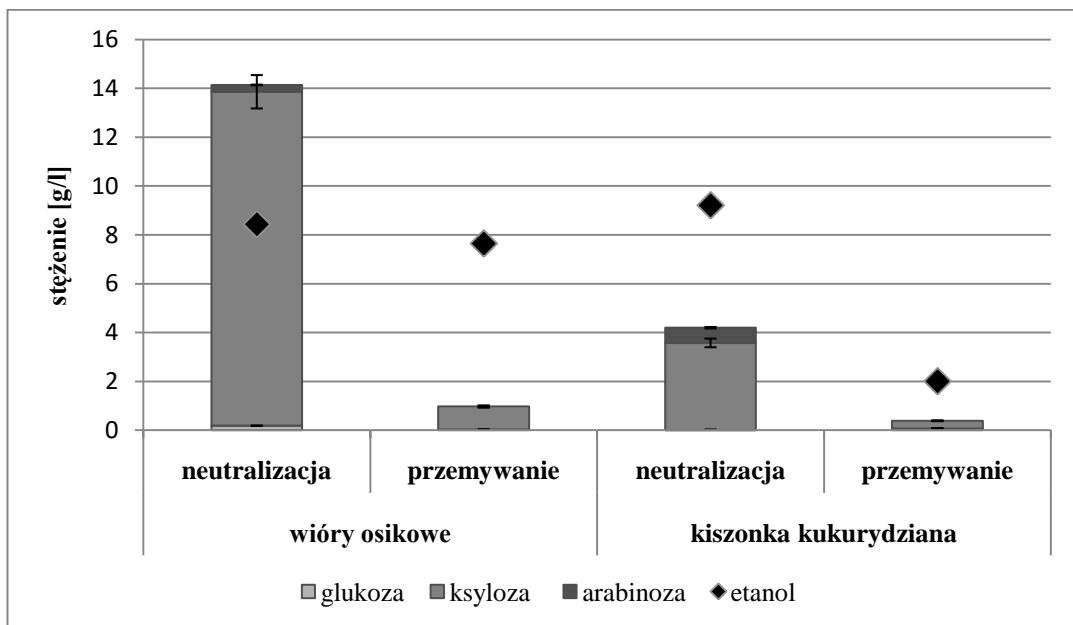
Obróbka kwasowo-termiczna jest jedną z najczęściej stosowanych metod wstępnego przygotowania surowców lignocelulozowych do hydrolizy enzymatycznej. Najczęściej do jej przeprowadzenia stosuje się kwas siarkowy (w stężeniu 0,05-5%) w podwyższonej temperaturze. W tych warunkach następuje zwiększenie dostępności celulozy dla enzymów hydrolitycznych, jednak jednocześnie znaczna część ligniny jest uwalniana i wytrącana z jednoczesną hydrolizą niektórych polisacharydów, głównie hemiceluloz. Hydroliza hemiceluloz prowadzi do uwolnienia cukrów prostych, które mogą być degradowane do produktów takich jak: furfural (z pentoz) i 5-hydroksymetylofurfural (z heksoz), ponadto z grup acetylowych hemiceluloz uwalniany jest kwas octowy. Związki te wpływają hamująco na proces hydrolizy oraz hamują wzrost mikroorganizmów odpowiedzialnych za fermentację alkoholową. Powstawanie furfuralu i hydroksymetylofurfuralu wiąże się ponadto ze stratą cukrów podlegających fermentacji, co skutkuje obniżeniem wydajności procesu [Da Costa Sousa i in., 2009; Kootstra i in., 2009]. W próbach otrzymanych po wstępnej obróbce biomasy osiki uzyskano wysokie stężenia kwasu octowego i furfuralu (powyżej 3 g/l), stężenie aldehydu 4-hydroksybenzoesowego wynosiło niecały 1 g/l, natomiast

ilości kwasu mlekowego i mrówkowego były stosunkowo niewielkie, odpowiednio 0,019 i 0,137 g/l. Przemycanie biomasy po wstępnej obróbce pozwoliło na usunięcie z roztworu ok. 90% powstałych produktów rozkładu kompleksu lignocelulozowego.

W przypadku obróbki kiszonki kukurydzianej powstały znacznie mniejsze ilości prawie wszystkich badanych związków w porównaniu z hydrolizatami wiórów osikowych. Wyjątek stanowił kwas mlekowy, którego stężenie w próbach uzyskanych z kiszonki było 100-krotnie wyższe niż w tych otrzymanych z biomasy osiki.

Fermentacja uzyskanych hydrolizatów

Otrzymane w poprzednich etapach badań hydrolizaty z biomasy osiki oraz kiszonki kukurydzianej poddano 72-godzinnej fermentacji z wykorzystaniem drożdży gorzelniczych *Saccharomyces cerevisiae* rasy Thermosacc Dry w ilości 0,5 g/l. Po tym czasie w próbach oznaczono stężenie etanolu oraz niewykorzystanych cukrów redukujących. Wydajność fermentacji zależy jednak nie tylko od zawartości dostępnych substancji redukujących, ale także od zawartości pozostałych związków, tj. produktów rozkładu lignocelulozy. Podatność roztworu na fermentację zależna jest więc od stężenia substancji w nim rozpuszczonych, powstałych podczas wstępnej obróbki oraz obecnych w wyjściowym substracie. Na rysunku 3. przedstawiono stężenie monosacharydów niewykorzystanych podczas fermentacji.



Rysunek 3. Stężenie pozostałych po fermentacji monosacharydów oraz etanolu powstałego podczas fermentacji hydrolizatów z wiórów osikowych i biomasy kiszonki kukurydzianej

Z przedstawionych danych wynika, że stężenie ksylozy i arabinozy po fermentacji nie uległo zmianie w stosunku do ich ilości przed fermentacją, czego można się było spodziewać, zważywszy, że do fermentacji zostały użyte drożdże niewykazujące zdolności do fermentacji tych cukrów. Natomiast glukoza została wykorzystana w ok. 99% niezależnie od użytego surowca, oraz od stosowanej metody przygotowania biomasy do hydrolizy, tj. neutralizacji lub przemywania biomasy wodą. Pozwala to przypuszczać, że pomimo obecności w próbach poddanych neutralizacji przy pomocy wodorotlenku sodu, produktów rozkładu kompleksu lignocelulozowego, ich stężenia nie były na tyle wysokie, aby hamować proces fermentacji etanolowej.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania pokazują, że zastosowanie obróbki kwasem siarkowym pozwala uzyskać wysoki uzysk substancji redukujących.
2. W zależności od stosowanego surowca stosunek cukrów sześciowęglowych do pięciowęglowych jest różny i zależy od składu surowca naturalnego.
3. Stosowanie do obróbki 2% kwasu siarkowego nie prowadzi do powstania produktów rozkładu kompleksu lignocelulozowego w ilościach hamujących hydrolizę enzymatyczną i fermentację.

Literatura

1. Arasimovich V.V., Ermakov A.I. Measurement of the total content of hemicelluloses. In: Ermakov A.I. (Red. Methods for biochemical studies of plants). Agropromizdat, Leningrad, 1987, pp.164-165.
2. Chandra R.P., Bura R., Mabee W.E., Berlin A., Pan X., Sessler J.N. Substrate pretreatment: the key to effective enzymatic hydrolysis of lignocellulosics?. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 2007, 108, 67-93.
3. Chum H.L., Johnson D.K., Black S.K., Overend R.P. Pretreatment-catalyst effects and the combined severity parameter. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 1990, 24-25, 1-14.
4. Da Costa Sousa L., Chundawat S.P.S., Balan V., Dale B.E. 'Cradle-to-grave' assessment of existing lignocellulose pretreatment technologies. *Current Opinion in Biotechnology*, 2009, 20, 339-347.
5. Ehrman T. Standard method for determination of total solids in biomass. Chemical Analysis and Testing Task, Laboratory Analytical Procedure LAP-001. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, 1994a.
6. Ehrman T. Standard method for ash in biomass. Chemical Analysis and Testing Task, Laboratory Analytical Procedure LAP-005. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, 1994b.
7. Ehrman T. Standard method for the determination of extractives in biomass. Chemical Analysis and Testing Task, Laboratory Analytical Procedure LAP-010. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, 1994c.
8. Klinke H.B., Thomsen A.B., Ahring B.K. Inhibition of ethanol-producing yeast and bacteria by degradation products produced during pre-treatment of biomass. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2004, 66, 10-26.

9. Kootstra A.M.J., Beftink H.H., Scott E.L., Sanders J.P.M. Comparison of dilute mineral and organic acid pretreatment for enzymatic hydrolysis of wheat. *Biochemical Engineering Journal*, 2009, 46, 126-131.
10. Lu X.B., Zhang Y.M., Yang J., Liang Y. Enzymatic hydrolysis of corn stover after pretreatment with dilute sulfuric acid. *Chemical Engineering and Technology*, 2007, 30 (7), 938-944.
11. Margeot A., Hahn-Hagerdal B., Edlund M., Slade R., Monot F. New improvements for lignocellulosic ethanol. *Current Opinion in Biotechnology*, 2009, 20(3), 372-380.
12. Miller G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determining reducing sugars. *Analytical Chemistry*, 1959, 31, 426-428.
13. Modrzejewski K., Olszewski J., Rutkowski J. *Metody badań w przemyśle celulozowo-papierniczym. Test methods for pulp and paper industry*, Łódź, 1977.
14. Mosier N., Wyman C., Dale B., Elander R., Lee Y.Y., Holtzapple M., Ladisch M. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 2005, 96, 673-686.
15. Sumphanwanich J., Leepipatpiboon N., Srinorakutara T, Akaracharanya A. Evaluation of dilute-acid pretreated bagasse, corn cob and rice straw for ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Annals of Microbiology*, 2008, 58(2), 219-225.
16. Templeton D., Ehrman T. Determination of acid-insoluble lignin in biomass. *Chemical Analysis and Testing Task, Laboratory Analytical Procedure LAP-003, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, 1995.*

OWOCE CZARNEGO BZU (*SAMBUCUS NIGRA* L.) – CHARAKTERYSTYKA I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

Streszczenie

Czarny bez jest jedną z najstarszych roślin leczniczych. W owocach tej rośliny głównymi składnikami bioaktywnymi są antocyjany, kwasy organiczne, witamina C, witaminy z grupy B oraz węglowodany. Wykazują one właściwości przeciwwirusowe, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne. Ekstrakty z owoców czarnego bzu odznaczają się dużą zawartością rozpuszczalnych fenoli oraz flawanoli i tym samym wysoką zdolnością neutralizacji wolnych rodników tlenowych. Występujące w owocach antocyjany odgrywają istotną rolę w przemyśle spożywczym. Z jednej strony są związkami o charakterze prozdrowotnym, a z drugiej pełnią funkcję naturalnego barwnika produktów spożywczych, nie budząc przy tym zastrzeżeń konsumentów. W wielu krajach preparaty z czarnego bzu występują jako samodzielne produkty spożywcze lub znalazły zastosowanie jako dodatki do żywności. W niniejszym opracowaniu przedstawiono zagadnienia związane z charakterystyką, właściwościami i zastosowaniem spożywczym owoców czarnego bzu.

Słowa kluczowe: czarny bez, owoce, składniki aktywne, właściwości.

Wprowadzenie

Czarny bez (*Sambucus nigra* L.) to gatunek rośliny z rodziny piżmaczkowatych (*Adoxaceae*), dawniej zaliczany był również do rodziny bzowatych (*Sambucaceae*), a także przewiertniowatych (*Caprifoliaceae*). W systematyce wymienianych jest ok. 20 gatunków rodzaju *Sambucus*. Gatunek *Sambucus nigra* L. występuje powszechnie w Europie, Azji Centralnej, obu Amerykach i Afryce Północnej. Owoce czarnego bzu (*Sambuci fructus*) używane były w medycynie naturalnej już w starożytności jako środek napotny, moczopędny, ściągający, przeczyszczający, a także przeciw ukąszeniom żmij, oparzeniom i wrzodom. Starożytni Rzymianie używali czarnego bzu do farbowania włosów. Plemiona słowiańskie stosowały przetwory z czarnego bzu jako środek leczniczy na febrę. Ponadto jagody były wykorzystywane jako przyprawa lub barwnik, a także znalazły zastosowanie przy produkcji wina i ciast. Obecnie ekstrakty z owoców są stosowane przede wszystkim jako środki przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne i przeciwzapalne. Badania wykazały również ich właściwości antyoksydacyjne, immunomodulujące i insulinopodobne. *Sambucus nigra* jest jedną z ważnych roślin

dostarczających zarówno surowca zielarskiego, jak i używanego w przemyśle spożywczym [Kozłowski, 2002; Wierzbicki, 2002, Anonymous, 2005; Janda-Ulfig, 2007; Kohlmünzer, 2010; Radziewicz 2013].

Występowanie

W Polsce występują dwa gatunki dzikiego bzu, tj.: bez czarny (*Sambucus nigra* L.) i bez koralowy (*Sambucus racemosa* L.). Bez koralowy rośnie w górach i sięga aż po regiel kosodrzewiny. Natomiast czarny bez jest szeroko rozpowszechniony i występuje w stanie dzikim na terenie całego kraju. Ma niewielkie wymagania glebowe, dlatego spotkać go można w lasach, zaroślach, nadrzeczach, na nieużytkach. Najczęściej na stanowiskach wilgotnych, nasłonecznionych, chociaż może występować też w miejscach silnie zacienionych. Na skutek powszechnej eutrofizacji (wzbogacania siedlisk w składniki pokarmowe), wynikającej z nadmiernego stosowania nawozów, czarny bez jest obecnie jedną z najbardziej ekspansywnych roślin rodzimych. Można również spotkać wyhodowane odmiany tego gatunku wprowadzane do uprawy na plantacjach.

Krzew czarnego bzu mierzy około 4 m (może osiągać wysokość nawet 10 m). Ma drobne, żółtawobiałe, 5-krotne kwiaty, zebrane w szerokie, płaskie baldachy o średnicy 10-20 cm. *Sambucus nigra* kwitnie w maju i czerwcu, natomiast owoce dojrzewają zwykle od lipca/sierpnia do października [Kozłowski, 2002; Wierzbicki, 2002; Stoilova i in., 2007; Kohlmünzer, 2010]. W lecznictwie stosuje się prawie wszystkie części tej rośliny (owoce, kwiatostany, korę, korzenie, liście), natomiast do celów spożywczych wykorzystywane są owoce i kwiaty [Dyduch, 2014; Młynarczyk i in., 2016].

W niniejszym opracowaniu przedstawiono charakterystykę, właściwości fitoterapeutyczne oraz możliwości zastosowania owoców czarnego bzu w przemyśle spożywczym.

Charakterystyka owoców czarnego bzu

Owoce czarnego bzu (*Sambuci fructus*) to małe, kuliste, 6-nasienne pestkowce, o średnicy 6-8 mm, zebrane w zwisające, ciężkie owocostany na czerwonej szypułce. W trakcie dojrzewania zmieniają barwę z zielonej, przez czerwonawą do czarnofioletowej w pełnej dojrzałości, co następuje zwykle na przełomie sierpnia i września. Dojrzałe owoce wydzielają krwistoczerwony, mdły sok. Ciemna barwa owoców i uzyskanego z nich soku wynika ze znacznej koncentracji antocyjanów [Wierzbicki, 2002; Dyduch, 2014]. Owoce czarnego bzu znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, a ich wykorzystanie nie ogranicza się już jedynie do aspektów związanych z zielarstwem czy lecznictwem [Kozłowski, 2002; Kołodziej i Drożdżał, 2011; Kohlmünzer, 2010].

Owoce czarnego bzu zawierają w składzie wiele substancji bioaktywnych, w tym znaczne ilości antocyjanów, tj. 0,2-1% (Tab. 1). Wśród tych składników występują głównie: cyjanidyno-3-O-glikozyd, cyjanidyno-3,5-O-diglikozyd, cyjanidyno-3-O-sambubiozyd oraz sambucyna [Kołodziej i Drożdżał, 2011].

Tabela 1. Składniki bioaktywne owoców bzu czarnego [Sidor i Gramza-Michałowska, 2015; Veberic i in. 2009; Vulić i in., 2008; Wierzbiński, 2002; Wójcik, 2002]

Grupa związków	Nazwa związku
Antocyjany	<ul style="list-style-type: none"> • cyjanidyno-3-O-glukozyd (chryzantemina; 65,7% wszystkich antocyjanów), • cyjanidyno-3-O-sambubiozyd (32,4% wszystkich antocyjanów), • cyjanidyno-3,5-O-diglukozyd, • cyjanidyno-3-O-sambubiozyd-5-O-glukozyd,, • cyjanidyno-3-O-rutynozyd, • pelargonidyno-3-O-glukozyd, • pelargonidyno-3-O-sambubiozyd, • delphinidyno-3-O-rutynozyd,
Flawonole	kwercetyna, kemferol, izoramnetyna i ich pochodne
Kwasy fenolowe	chlorogenowy, neochlorogenowy, kryptochlorogenowy
Kwasy organiczne	cytrynowy, jabłkowy, szikimowy, fumarowy
Witaminy	wit. C (18 mg/100 g), witaminy z grupy B: B ₂ (65 mg/100 g), B ₆ (0,25 mg/100 g), niacyna (1,48 mg/100 g), biotyna (1,8 mg/100 g), kwas foliowy (17 mg/100 g), kwas pantotenowy (0,18 mg/100 g),
β-katoten	(0,36 mg/100 g)
Składniki mineralne	K (305 mg/100 g), P (57 g/100 g), Ca (35 mg/100 g),
Węglowodany	cukry proste (glukoza, fruktoza) oraz pektyny

Zawartość poszczególnych składników występujących w owocach czarnego bzu jest ściśle zależna od odmiany rośliny, klimatu, warunków glebowych, a także sposobu transportu i warunków przechowywania [Radziejewicz, 2013]. W Tabeli 2 przedstawiono skład chemiczny wybranych owoców jagodowych.

W niedojrzałych owocach występuje sambunigrina – glikozyd cyjanogeny, który może być w pewnym stopniu czynnikiem limitującym przemysłowe wykorzystanie tego surowca. Sambunigrina (glukozyd benzaldehydocyjanohydrynowy) ma potencjalne działanie toksyczne, m.in. wywołuje podrażnienia przewodu pokarmowego, biegunki, wymioty, mdłości i bóle brzucha. Z tego powodu zbiorów dokonuje się po osiągnięciu pełnej dojrzałości owoców. Badania wskazują również, że dokonanie zbiorów owoców 14 dni po osiągnięciu fazy 10% dojrzałości baldachów oraz zastosowana obróbka termiczna, bądź suszenie podczas przerobu, całkowicie zabezpiecza konsumenta przed szkodliwym działaniem tego związku [Kaack i in., 2006].

Tabela 2. Porównanie składu chemicznego wybranych owoców (w 100 g świeżej masy)

Owoce	Woda	Wartość energetyczna [kcal]	Wit. A [IU]	Wit. B ₆ [mg]	Wit. C [mg]	P [mg]	Fe [mg]
Czarna jagoda	84	27	54	1,052	9,7	12	0,28
Żurawina	87	46	60	0,057	13,3	13	0,25
Czarny bez	80	73	600	0,230	36,0	39	1,60
Winogrono	81	69	66	0,086	10,8	20	0,36
Morwa	89	43	214	0,030	21,0	22	0,62
Malina	86	52	33	0,055	26,2	29	0,69
Truskawka	91	32	12	0,047	58,8	24	0,42

[Na podstawie: Charlebois, 2007]

W owocach bzu czarnego występują również olejki eteryczne w ilości ok. 0,01%, o bogatym profilu, w skład którego wchodzi ok. 53 związków [Kołodziej i Drożdżał, 2011]. Owoce bzu czarnego cechuje również znaczna kwasowość tj. 0,85-1,43% kw. cytrynowego oraz odczyn pH w zakresie 3,8-4,1 [Lee i Finn, 2007].

Właściwości lecznicze owoców czarnego bzu (*Sambuci fructus*)

Czarny bez jest jedną z najstarszych roślin leczniczych. Przypisywano mu wiele cudownych właściwości. O zainteresowaniu tą rośliną świadczą wykopaliska z epoki kamiennej, gdzie był wykorzystywany w celach leczniczych. Grecki lekarz Hipokrates dokładnie opisywał lecznicze działanie wszystkich części czarnego bzu. Zalecał on preparaty z tej rośliny jako środek na przeczyszczenie, a także jako lek moczopędny [Janda-Ulfig, 2007].

W ziołarstwie stosowane są głównie wysuszone kwiaty (*Sambuci flos*), a także owoce (*Sambuci fructus*), rzadziej kora bzu czarnego (*Sambuci cortex*). Badania naukowe samych kwiatów i owoców oraz wyizolowanych z nich związków aktywnych potwierdziły działanie napotne, przeciwzapalne, diuretyczne, wykrztuśne, antywirusowe i antybakteryjne, immunostymulujące, antyoksydacyjne oraz polegające na obniżaniu poziomu lipidów, cholesterolu i cukru we krwi, przy czym badania toksykologiczne nie wykazały żadnych efektów ubocznych (kategoria GRAS, pod warunkiem wykorzystania owoców dojrzałych i poddanych obróbce termicznej, tj. wolnych od sambunigriny) [Zielińska-Pisklak i in., 2013].

Owoce czarnego bzu wykazują działanie napotne, a w nieco większych dawkach przeczyszczające, ułatwiając tym samym usuwanie szkodliwych metabolitów z organizmu. Owoce, opóźniając reakcję organizmu pochodzącą z ośrodkowego układu nerwowego, wykazują działanie przeciwbólowe. Jest ono słabsze niż w przypadku stosowania środków przeciwbólowych (np. 160 razy słabsze niż morfiny), ale

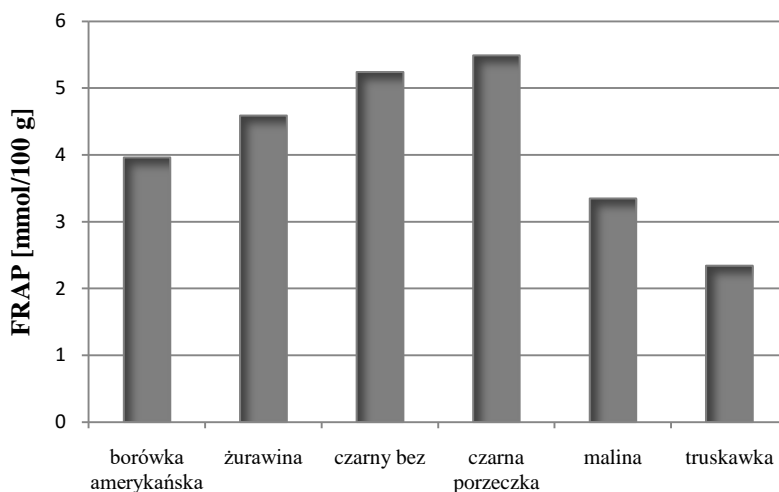
jednocześnie nie daje skutków ubocznych w postaci uzależnienia. Pozytywne rezultaty uzyskano przy dolegliwościach migrenowych, nerwobólach, bólach reumatycznych, stanach zapalnych nerwu trójdzielnego i kulszowego oraz po zabiegach dentystrycznych. Po kilku dniach stosowania soku z owoców czarnego bzu uzyskiwano nawet trwałe ustąpienie objawów. Dodatkowo owoce, wchodząc w skład mieszanek ziółowych, pozwalają regulować pracę układu trawiennego, moczowo-płciowego, immunologicznego, stymulować czynność wątroby i nerek oraz poprawiać wydalanie toksyn bakteryjnych po kuracji antybiotykowej. Owoce są jednym ze składników preparatów stosowanych m.in. w zaparciach i w chorobach skóry, głównie łuszczycy oraz przy obrzękach. Są podstawą mieszanek o działaniu przeciwzapalnym i napotnym, pomocnych zwłaszcza przy przeziębieniu i kaszlu [Hearst i in., 2010; Wierzbicki, 2002; Wójcik, 2002].

Właściwości antyoksydacyjne

Właściwości antyoksydacyjne owoców bzu czarnego wynikają w głównej mierze ze znacznej zawartości związków o charakterze polifenoli. Związki te działają przeciwutleniająco poprzez hamowanie wytwarzania reaktywnych rodników tlenowych, dodatkowo mogą również zwiększać aktywność niektórych enzymów, m.in. peroksydazy glutationowej, reduktazy glutationowej, S-transferazy glutationowej, katalazy w jelicie cienkim, wątrobie i płucach. Polifenole mają silniejsze działanie przeciwutleniające niż witamina C, tokoferol czy karoten.

Związki polifenolowe są szeroko rozpowszechnione w świecie roślinnym, a ich obecność w owocach czarnego bzu, daje możliwość wykorzystania ich jako substancji roślinnej wzbogacającej produkty spożywcze w antyutleniacze. Należą do tej grupy m.in. antocyjany, flawonoidy, kwasy fenolowe oraz taniny. Ekstrakty z owoców czarnego bzu odznaczają się dużą zawartością rozpuszczalnych fenoli oraz flawanoli i tym samym wysoką zdolnością neutralizacji wolnych rodników tlenowych [Einbonda i in., 2004; Leja i in. 2007; Bratu i in. 2012]. Wysoką korelację zawartości związków fenolowych ogółem w owocach czarnego bzu zbieranych na terenie Polski, oznaczoną na poziomie 26,8-44,8 mg/g s.m., a aktywnością przeciwutleniającą zmierzoną jako siła redukująca FRAP (średnio 27,3 mmol Fe²⁺/100 g s.m.) oraz zdolność eliminacji rodnika DPPH[·] (średnio 10,3% redukcja ilości rodnika DPPH[·]) stwierdzili w badaniach Kołodziej i Drożdżał [2011].

Owoce czarnego bzu wykazują wysoką zdolność antyoksydacyjną w porównaniu do innych małych owoców jagodowych (borówka amerykańska, malina, truskawka) i różnych ekstraktów kwiatowych, a porównywalną do czarnej porzeczki i żurawiny [Halvorsen i in. 2002; Cejpek i in., 2009]. Poniżej przedstawiono zdolności antyoksydacyjne wybranych owoców jagodowych (Rys. 1).



Rysunek 1. Całkowita zdolność przeciwutleniająca różnych drobnych owoców, zmierzona za pomocą metody FRAP [na podstawie: Halvorsen i in. 2002]

Wykorzystanie owoców bzu czarnego w przemyśle spożywczym

W przemyśle spożywczym owoce czarnego bzu znajdują zastosowanie głównie do produkcji soków, dżemów, galaretek oraz są wykorzystywane jako źródło barwnika. Czarnofioletową barwę owocom bzu czarnego nadają antocyjany, które z jednej strony są związkami o charakterze prozdrowotnym, a z drugiej pełnią znaczącą funkcję jako naturalny barwnik produktów spożywczych.

W ostatnich latach, kiedy stosowanie barwników syntetycznych może się wiązać z ujemnym wpływem na aktywność i zdolność skupiania uwagi u dzieci, a naturalne barwniki pochodzenia zwierzęcego (koszenila) są często wiązane z występowaniem reakcji alergicznych, wzrasta popyt na barwniki pochodzenia roślinnego, takie jak antocyjany, karotenoidy i chlorofile. Szczególnie, pierwsza wspomniana grupa związków, obecna w znacznej koncentracji w dojrzałych owocach bzu czarnego, wykazuje w tym zakresie duży potencjał, ze względu na możliwość nadawania produktom atrakcyjnej czerwono-purpurowej barwy oraz rozpuszczalność w wodzie [Szalóki-Dorkó i in., 2015]. Antocyjany wykazują jednak znaczną wrażliwość na szereg czynników środowiskowych, takich jak: światło, wysoka temperatura, obecność tlenu oraz jonów metali przejściowych. Barwniki z owoców czarnego bzu, w stosunku do innych owoców (aronia, czerwone winogrona), charakteryzują się stosunkową wysoką odpornością w czasie obróbki termicznej, zachowując pożądaną barwę dla produktów żywnościowych [Mitka i in., 2003; Czapski i Walkowiak-Tomczak, 2008]. Ponadto, ze względu na znaczne ilości barwników antocyjanowych występujących w soku z czarnego

bzu, wysuszonego metodą rozpyłową, może on służyć jako naturalny barwnik w postaci proszku. Taka technologia suszenia owoców czarnego bzu jest stosowana w przemyśle zielarskim od dawna [Peroń i in., 2010]. Ponadto pigmenty te mogą być w przemyśle spożywczym stosowane w formie koncentratów i ekstraktów [Szalóki-Dorkó i in., 2014]. Barwniki antocyjanowe nie są odporne na długie przechowywanie. Zazwyczaj z upływem czasu następuje ich utlenianie i polimeryzacja, co objawia się zmianą barwy produktów [Patras i in., 2010]. Przykładowo przechowywanie soku z czarnego bzu przez 30 dni spowodowało obniżenie zawartości polifenoli o 40%, czemu towarzyszyła zmiana parametrów barwy oraz obniżenie ilości antocyjanów monomerycznych [Casati i in., 2012]. Z kolei, w trakcie dojrzewania wina z czarnego bzu, zaobserwowano znaczne obniżenie się zawartości antocyjanów, skorelowane ze zmniejszeniem całkowitej zawartości polifenoli, potencjału antyoksydacyjnego oraz zmianą tonu barwy: od jasnoczerwonego w stronę odcienia czerwono-brązowego [Schmitzer i in., 2010]. Na stabilność antocyjanów wpływ mają także takie czynniki jak sama struktura tych związków oraz zawartość pozostałych składników w produkcie [Szalóki-Dorkó i in., 2014], jak również pH, temperatura przechowywania, światło, tlen, obecność enzymów, jonów metali, białek [Patras i in., 2010].

Na rynku krajowym można spotkać samodzielne produkty z owoców czarnego bzu, tj.: soki, syropy, nalewki, wina, dżemy, konfitury, marmolady, galaretki czy składniki suszu kompotowego i herbat ziołowych, a także występujące jako naturalne dodatki do takich produktów jak mleczne napoje fermentowane (owoce leśne, jagoda), pełniąc w nich funkcję barwnika roślinnego. Owoce mogą również pełnić funkcję aromatu produktów spożywczych (wino, soki owocowe, dżemy czy marmolady). Sok z owoców charakteryzuje się znaczną kwasowością i zawiera, oprócz dużej ilości barwników, także cukier w ilości ok. 10%. Z tego powodu jest przed spożyciem rozcieńczany wodą (1:4) oraz dosładzany [Lee i Finn, 2007; Kaack i Christensen, 2008; Kaack i in., 2008; Peroń i in., 2010]. Sok otrzymany wyłącznie z owoców czarnego bzu charakteryzuje się gorzkim, kwaśnym i cierpkim smakiem i dlatego, w celu poprawy walorów sensorycznych, może być mieszany z innymi sokami owocowymi i warzywnymi, np. winogronowym, z czarnej porzeczki, jabłkowym, pomarańczowym, marchwiowym [Vítová i in., 2015].

Ponieważ antocyjany są bardziej stabilne w środowisku kwaśnym, nadają się szczególnie do barwienia produktów spożywczych o niskim pH, takich jak: napoje, lody wodne, sosy, artykuły cukiernicze, galaretki oraz jogurty [Szalóki-Dorkó i in., 2015; Vítová i in., 2015]. Jak wykazały badania, przeciery otrzymane z owoców czarnego bzu mogą być z powodzeniem dodawane do jogurtów i kefirów, w ilości 10%, wzmacniając znacznie ich właściwości prozdrowotne, poprzez podniesienie potencjału

antyoksydacyjnego, nie wpływając jednocześnie na poziom mikroflory startowej [Liszka i in., 2014; Liszka i Najgebauer-Lejko, 2015].

Jakość produktów spożywczych otrzymanych z owoców czarnego bzu w znacznej mierze zależy od jakości surowca (odmiany, warunków klimatyczno-glebowych wzrostu rośliny, stopnia dojrzałości owoców), ale również od procesów przetwórczych takich jak: wyciskanie, ogrzewanie i chłodzenie, obróbka enzymatyczna, filtracja, klaryfikacja [Lee i Finn, 2007; Szalóki-Dorkó i in., 2014]

Podsumowanie

Właściwości prozdrowotne, tj.: przeciwutleniające, przeciwbakteryjne, przeciwzapalne, diuretyczne, czy immunomodulacyjne owoców czarnego bzu, zdolność nadawania produktom z ich udziałem atrakcyjnej barwy i aromatu, jak również powszechność występowania tej rośliny w stanie dzikim oraz niewielkie wymagania w uprawie stwarzają możliwość do wykorzystania jej owoców na ogromną skalę. Dzięki istotnej koncentracji substancji bioaktywnych preparaty zielarskie z czarnego bzu cieszą się niesłabnącą popularnością. Owoce czarnego bzu stanowią przede wszystkim skoncentrowane źródło antocyjanów o silnych właściwościach przeciwutleniających. Produkty z dodatkiem czarnego bzu mogą występować pod postacią suplementu diety, bądź żywności funkcjonalnej, zwiększając jej walory prozdrowotne. Surowce z czarnego bzu w Polsce wykorzystuje się przede wszystkim w przemyśle zielarskim i farmaceutycznym. Jako uzupełnienie produktów spożywczych są rzadziej stosowane, jednak możliwości jakie daje ta roślina pozwalają sądzić, że skala ich wykorzystania będzie się powiększać.

Projekt został sfinansowany ze środków przyznanych na działalność statutową przez MNiSW.

Literatura

1. Anonymous. *Sambucus nigra* (elderberry): monograph. Altern. ed. Rev., 2005, 10(1), 51-55.
2. Bratu M. M., Elena Doroftei E., Negreanu-Pirjol T., Hostina C., Porta S. Determination of antioxidant activity and toxicity of *Sambucus nigra* fruit extract using alternative methods. Food Technol. Biotechnol., 2012, 50(2), 177-182.
3. Casati, C. B., Sánchez, V., Baeza, R., Magnani, N., Evelson, P., Zamora, M. C. Relationships between colour parameters, phenolic content and sensory changes of processed blueberry, elderberry and blackcurrant commercial juices. Int. J. Food Sci. & Technol., 2012, 47(8), 1728-1736.
4. Cejpek K., Maloušková I., Konečný M., Velíšek J. Antioxidant activity in variously prepared elderberry foods and supplements. Czech J. Food Sci., 2009, 27, 45-48.
5. Charlebois D. Elderberry as a medicinal plant. Issues in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 2007, 284-292.
6. Czapski J., Walkowiak-Tomczak D. Kinetyka zmiany barwy antocyjanów w czasie ogrzewania roztworów barwników z aronii, czerwonych winogron i czarnego bzu. Acta Agrophysica, 2008, 12(3), 625-636.
7. Dyduch J. Bez czarny – charakterystyka biologiczna, wykorzystanie w ziołolecznictwie, kosmetyce i gospodarstwach domowych. Cz. I. Episteme, 2014, 25, 21-27.

8. Einbonda L. S., Reynertsona K. A., Luo X. D., Basileb M. J., Kennelly E. J. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. *Food Chem.*, 2004, 84, 23-28.
9. Halvorsen, B.L., K. Holte, M.C.W. Myhrstad, I. Barikmo, E. Hvattum, S.F. Remberg, A.-B. Wold, K. Haffner, H. Baugerod, L.F. Andersen, J.O. Moskaug, D.R.J. Jacobs, and R. Blomhoff. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J. Nutr.*, 2002, 132, 461-471.
10. Hearst C., McCollum G., Nelson D., Ballard L. M., Millar B. C., Goldsmith C. E., Rooney P., J., Loughrey A., Moore J., E., Rao J. R. Antibacterial activity of elder (*Sambucus nigra L.*) flower or berry against hospital pathogens. *J. Med. Plants Res.*, 2010, 4(17), 1805-1809.
11. Janda-Ulfig K.: *Dziki bez - czyli wiejska apteczka Panacea*, 2007, 1(18), 16-17.
12. Kaack K., Christensen L. Effect of packing materials and storage time on volatile compounds in tea processed from flowers of black elder (*Sambucus nigra L.*). *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, 227, 1259-1273.
13. Kaack K., Christensen L., P., Hughes M., Eder R. Relationship between sensory quality and volatile compounds of elderflower (*Sambucus nigra L.*) extracts. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, 223, 57-70.
14. Kaack K., Frette X., Christensen L.: Selection of elderberry (*Sambucus nigra L.*) genotypes best situated for the preparation of juice. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, 226, 843-855.
15. Kohlmünzer S. *Farmakognozja. Podręcznik dla studentów farmacji*. Wyd. Lek. PZWL, 2010, Warszawa.
16. Kołodziej B., Drożdżal K. Właściwości przeciwutleniające kwiatów i owoców bzu czarnego pozyskiwanego ze stanu naturalnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 4(77), 36-44.
17. Kozłowski J. Rośliny bogate w barwniki oraz ich znaczenie i zastosowanie. *Cz. I. Wiad. Ziel.*, 2002, 5, 9-12.
18. Lee J., Finn C. E. Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, 87, 2665-2675.
19. Leja M., Mareczek A., Nanaszko B.: Antyoksydacyjne właściwości owoców wybranych gatunków dziko rosnących drzew i krzewów. *Roczniki Akademii Rolniczej, CCCLXXXIII*, 2007, 41, 327-331.
20. Liszka K., Grega T., Najgebauer-Lejko D. Charakterystyka jogurtów z dodatkiem owoców rokitnika i czarnego bzu. *EPISTEME*, 2014, 22, t. I, 353-360.
21. Liszka K., Najgebauer-Lejko D. Wpływ dodatku owoców czarnego bzu i rokitnika na kwasowość, właściwości przeciwutleniające i mikroflorę kefirów. *EPISTEME*, 2015, 26, t. III, 61-68.
22. Mitka K., Nowak K., Kowalski P. Antocyjany - naturalne barwniki środków spożywczych. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2003, 3, 17-18.
23. Patras A., Brunton N. P., O'Donnell C., Tiwari, B. K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 2010, 21(1), 3-11.
24. Peroń S., Surma M., Zdrojewski Z. Charakterystyka suszarnicza owoców czarnego bzu. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, 2(120), 117-123.
25. Radziejewicz J. Czarny bez – roślina z pogranicza magii i medycyny. *Rolniczy Magazyn Elektroniczny*, 2013, 53.
26. Sidor A., Gramza-Michałowska A. Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food – a review. *J. Funct. Food*, 2015, 18, 941-958.
27. Stoilova I., Wilker M., Stoyanova A., Krastanov A., Stanchev V. Antioxidant activity of extract from elder flower (*Sambucus nigra L.*). *Herba Polonica*, 2007, 53 (1), 45-54.
28. Szalóki-Dorkó L., Légrádi F., Abrankó L., Stéger-Máté M., Effects of food processing technology on valuable compounds in elderberry (*Sambucus nigra L.*) varieties. *Acta Biologica Szegediensis*, 2014, 58(1), 45-48.
29. Szalóki-Dorkó L., Stéger-Máté M., Abrankó L. Evaluation of colouring ability of main European elderberry (*Sambucus nigra L.*) varieties as potential resources of natural food colourants. *Int. J. Food Sci. & Technol.*, 2015, 50(6), 1317-1323.
30. Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., Schmitzer, V. European elderberry (*Sambucus nigra L.*) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chem.*, 2009, 114(2), 511-515.
31. Vítová E., Sūkaldová K., Mahdalova M., Butorová, Babák L., Matějček A. Comparison of Flavour and Volatile Flavour Compounds of Mixed Elderberry Juices. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2015, 63(1), 147-152.
32. Vulić J.J., Vračar L.O., Šumić Z.M. Chemical characteristics of cultivated elderberry fruit. *Acta Periodica Technologica*, 2008, (39), 85-90.

33. Wierzbicki A. Dziki bez czarny – pozyskiwanie surowca i jego zastosowanie. Wiad. Zielar. 2002, 4, 8-10.
34. Wójcik J. Nowe wskazania lecznicze *Sambucus nigra* L. Wiad. Zielar., 2002, 4, 11-12.
35. Zielińska-Pisklak, Szeleszczuk Ł., Młodzianka A. Bez czarny (*Sambucus nigra*) – domowy sposób nie tylko na grypę. Lek Pol., 2013, 23(6-7), 1-4.

WYKORZYSTANIE NIEKONWENCJONALNYCH METOD PODCZAS PRODUKCJI SOKÓW MARCHWIOWYCH

Streszczenie

W pracy omówiono wykorzystanie nietypowych metod obróbki wstępnej stosowanych w celu zwiększenia wydajności oraz poprawienia wartości odżywczej i cech organoleptycznych soków marchwiowych. Scharakteryzowano zastosowanie ultradźwięków, promieniowania mikrofalowego, zamrażania i następnie rozmrażania oraz elektrop plazmolizy. Wykazano, że zastosowanie wymienionych metod obróbki powoduje wzrost wydajności oraz, w zależności od rodzaju metody, zwiększenie ilości suchej masy oraz poziomu niektórych związków bioaktywnych m.in. pektyn, karotenoidów, polifenoli i flawonoidów.

Produkcja i spożycie świeżych oraz przetworzonych warzyw w Polsce

Polska jest czwartym pod względem wielkości produkcji producentem warzyw w Unii Europejskiej, przy czym wśród krajów UE, Polska zajmuje pierwsze miejsce w produkcji kapusty i marchwi. W ciągu ostatnich 10 lat zbiory warzyw gruntowych kształtowały się na poziomie 4-5 mln ton, przy czym dominowała kapusta, cebula, pomidory, marchew i buraki ćwikłowe. Po akcesji Polski do UE zaobserwowano wzrost eksportu świeżych warzyw, który w 2014 r. osiągnął poziom 256 mln euro i był ponad 2,6 razy większy niż w 2004 r. Najbardziej dynamiczny wzrost eksportu w latach 2004-2014 odnotowano w przypadku marchwi i papryki [Strojewska, 2015; Trajer, 2015].

Spożycie owoców i warzyw odgrywa znaczącą rolę w życiu człowieka. Zgodnie z zaleceniami Krajowej Unii Producentów Soków (KUPS), obok świeżych, także przetwory z owoców i warzyw powinny być nieodłącznym elementem zbilansowanej diety każdego człowieka. Według specjalistów ze Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), codziennie należy spożywać 5 porcji owoców i warzyw (minimum 400 g), przy czym jedną z nich może stanowić sok lub nektar.

W ostatnich latach (2011-2013) obserwuje się zmniejszenie spożycia świeżych warzyw z około 60 kg do 51 kg/osobę/rok. Najbardziej zmalała konsumpcja ziemniaków oraz warzyw korzeniowych, w tym buraków ćwikłowych i marchwi. Główną przyczyną tego zjawiska jest prawdopodobnie skłanianie się części społeczeństwa w kierunku żywności łatwiejszej do przygotowania, a więc przetworzonej [Jąder i Wawrzyński, 2015]. W 2014 roku spożycie warzyw i ich przetworów w Polsce wyniosło 59 kg/osobę

i było wyższe o 1,4% od najniższego zanotowanego w ostatnim pięcioleciu [Strojewska, 2015].

W Polsce corocznie produkuje się łącznie około 5 mld litrów soków, nektarów i napojów owocowych i warzywnych [Urban, 2015]. W 2014 roku przeważała produkcja napojów i soków pitnych, natomiast najmniej wyprodukowano nektarów owocowo-warzywnych. Spożycie soków warzywnych i owocowo-warzywnych w roku 2014 wynosiło 1,68 l/osobę/rok, co w stosunku do okresu 2000-2004 było zmniejszeniem o 0,31 l/osobę/rok [Strojewska, 2015]. W Europie na pierwszym miejscu pod względem preferowanych smaków są soki oraz nektary pomarańczowe, a na drugim miejscu soki i nektary jabłkowe. Polscy konsumenci preferują soki pomarańczowe (24,6% respondentów) oraz marchwiowe (22,2%), a także jabłkowe (16,4%), wielosmakowe (11,5%) oraz grejpfrutowe (9,2%) [AIJN Market Report, 2014].

Soki marchwiowe jako źródło składników bioaktywnych

Regularne spożywanie soków warzywnych pozwala na uzupełnienie w organizmie niedoboru witamin, związków mineralnych i innych składników bioaktywnych. Składniki mineralne zawarte w sokach warzywnych są łatwo przyswajalne i z uwagi na formę, w jakiej występuje sok, nie obciążają nadmiernie wątroby ani układu trawiennego. Dodatkową zaletą picia soków jest wysoka zawartość w nich prowitamin, w tym szczególnie β -karotenu. Soki warzywne mają charakter alkalizujący, co z uwagi na kwaśny charakter diety większości społeczeństwa, pozwala na wyrównanie gospodarki kwasowo-zasadowej. Ponadto warzywa są bogatym źródłem przeciwutleniaczy, co z kolei umożliwia zwiększenie obrony naszego organizmu przed działaniem wolnych rodników [Płocharski, 2006; Groele, 2010; Czerwińska, 2011].

Marchew z uwagi na wysoką wartość żywieniową oraz dużą przydatność kulinarną jest jednym z najbardziej popularnych warzyw w Polsce. Jej areał upraw szacuje się na ok. 30 tys. ha i zajmuje trzecie miejsce, po kapuście i cebuli. W roku 2010 światowa produkcja marchwi wyniosła 33,6 mln ton, a łączny obszar jej upraw na świecie to 1,165 mln ha. Największym światowym producentem tego warzywa są Chiny, natomiast Polska znajduje się na 5 miejscu po Stanach Zjednoczonych, Rosji i Uzbekistanie [FAMMU/FAPA, 2012].

Marchew jest prosta w uprawie i nie wymaga dużych nakładów finansowych. Charakteryzuje się dużą plennością oraz stabilnością podczas przechowywania i dlatego jest często wykorzystywana do produkcji soków. Marchew jadalna (*Daucus carota*) zawiera błonnik pokarmowy, cukry proste (glukozę i fruktozę), związki karotenoidowe, w tym przede wszystkim β -karoten oraz α -karoten i luteinę (Tab. 1). Zawiera również liczne związki fenolowe z grupy fenolokwasów (kwas chlorogenowy i izochlorogenowy) oraz witaminę C i E [Alasalvar i in., 2001; Yen i in., 2007; Luciano i in., 2009].

Spożywanie soku marchwiowego zwiększa stężenie beta-karotenu w osoczu [Rock, 1998] oraz wpływa na aktywność układu immunologicznego [Watzl i in., 2003]. Zawartość związków biologicznie czynnych w korzeniach marchwi i jej przydatność do produkcji soków jest uzależniona głównie od warunków uprawy oraz od odmiany [Rembiałkowska i Hallmann, 2007]. Oprócz warunków uprawy istotny wpływ na skład chemiczny soku ma odmiana marchwi. Jak wykazali Kidoń i Czapski [2009] sok z marchwi purpurowej odmiany Deep Purple zawiera 2,2 razy więcej związków polifenolowych ogółem, 3,3 razy więcej barwników antocyjanowych oraz ma 2,5 razy wyższą zdolność antyoksydacyjną niż sok z odmiany Purple Haze.

Tabela 1. Zawartość wybranych wyróżników składu chemicznego w sokach marchwiowych, w 100 g soku [Hallmann i in., 2001; Borowska i in., 2004]

Wyróżnik składu chemicznego	
Sucha masa, g	7,47-8,72
Popiół, g	0,18-0,26
Cukry ogółem, g	4,75-5,46
Cukry redukujące, g	1,87-2,15
Kwasy organiczne, g	0,20-0,23
Witamina C, mg	3,02-3,45
Karotenoidy ogółem, mg	4,72-7,96
Beta-karoten, mg	1,52-4,55
Luteina, mg	0,22-0,24
Pektyny, g kwasu galakturonowego	0,30-0,65

Wybrane niekonwencjonalne metody stosowane podczas produkcji soków marchwiowych

Marchew jest zwykle spożywana na surowo w formie surówek, niemniej jednak bardzo dużą popularnością cieszą się także soki marchwiowe. Pozyskiwanie soku marchwiowego ze względu na budowę morfologiczną marchwi jest dość trudne, co skutkuje stosunkowo niską wydajnością [Zadernowski i Oszmiański, 1994; Zadernowski i in., 2003]. W celu zwiększenia ilości wydobywanego soku z tkanki oraz poprawienia walorów sensorycznych i stabilności, marchew przed tłoczeniem poddawana jest obróbce wstępnej, najczęściej enzymatycznej lub termicznej. W ostatnich latach poszukuje się innych metod obróbki miazgi, najczęściej fizycznych, które umożliwią wyeliminowanie obróbki enzymatycznej i ograniczenie wykorzystania wysokiej temperatury. Do metod tych zaliczyć można zastosowanie fali ultradźwiękowych [Sakowski i Janiszewska, 2013], promieniowania jonizującego [Mitchell i in., 1991], promieniowania mikrofalowego [Mitus i Wójtowicz, 1997; Gerard i Roberts, 2004], pola elektrycznego (ogrzewanie omowe) [Praporscic i in., 2006] oraz zamrażania i następnie rozmrażania [Nadulski i Wawryniuk, 2009; Nadulski i in., 2012].

W celu zwiększenia wydajności można zmodyfikować sam proces tłoczenia soku. Jak stwierdził Lewicki [1999] na efektywność tłoczenia istotny wpływ mają m.in. właściwości surowca przeznaczonego do wyciskania, stopień jego rozdrobnienia, grubość tłoczonych warstw, porowatość materiału, lepkość uzyskiwanej cieczy, ciśnienie tłoczenia i dynamika jego zmian oraz rodzaj zastosowanej prasy. Zdaniem Cumming i Gayton [1990] dobre efekty uzyskuje się poprzez zastosowanie tłoczenia w próżni.

Ultradźwięki

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania zastosowaniem ultradźwięków w celu wspomaganie procesów przetwórczych żywności [McClements, 1995]. Badania naukowe pokazują, że zastosowanie ultradźwięków umożliwia zwiększenie wydajności podczas pozyskiwania soku z marchwi oraz zwiększenia ekstrakcji składników ciała stałego z miazgi marchwiowej [Kubus, 2005]. Ultradźwięki mogą także poprawiać jakość produktu, a w niektórych przypadkach umożliwić wytworzenie produktu o nowych właściwościach, których nie można uzyskać innymi metodami [Lebovka i in., 2007]. Zastosowanie obróbki z udziałem ultradźwięków jest zalecane w przypadku surowców zawierających związki wrażliwe na działanie ciepła, ponieważ sama obróbka ultradźwiękami przebiega w temperaturze pokojowej [Fernandes i Rodrigues, 2007].

Zdaniem Kubusa [2005] sonifikacja miazgi marchwiowej przed tłoczeniem powoduje wzrost zawartości suchej masy w soku marchwiowym, przy czym jest on uzależniony od odmiany marchwi, od intensywności ultradźwięków ($6,8$, $16,2$ i $22,4$ W/cm^2) oraz czasu obróbki (5 , 10 i 15 minut). Istotnie statystyczny przyrost ilości suchej masy w soku przy natężeniu $6,8$ W/cm^2 zauważono tylko przy czasie obróbki wynoszącym 15 minut dla odmiany Nevis. Przy natężeniu $16,2$ W/cm^2 istotne zmiany wykazano zarówno podczas obróbki trwającej 10 minut, jak i 15 minut dla obu odmian. Z kolei przy natężeniu $22,4$ W/cm^2 statystycznie istotne zmiany zaobserwowano dla czasu 10 i 15 minut dla odmiany Nanda i dla wszystkich prób sonifikowanych dla odmiany Nevis. Cytowani autorzy większą wydajność tłoczenia uzyskali dla marchwi odmiany Nanda, niż odmiany Nevis, która z kolei charakteryzowała się większą zawartością suchej masy w soku. Z kolei Jabbar i in. [2014] wykazali, że zastosowanie przed tłoczeniem marchwi blanszowania w wodzie lub w roztworze kwasu cytrynowego ($4,5\%$) i następnie poddanie soku działaniu ultradźwięków (natężenie 48 W/cm^2 , 2 minuty, $15^\circ C$) powoduje wzrost ilości karotenoidów ogółem o $0,79$ - $1,02$ $\mu g/ml$, likopenu o $0,60$ - $0,67$ $\mu g/ml$ oraz luteiny o $0,46$ - $0,58$ $\mu g/ml$, natomiast zmniejszenie ilości kwasu chlorogenowego o $1,92$ - $0,85$ $\mu g/ml$, cukrów oraz składników mineralnych, w stosunku do soku tłoczonego bez omówionej powyżej obróbki.

Zamrażanie i rozmrażanie

Jedną z nowoczesnych metod obróbki wstępnej warzyw przed tłoczeniem może być zastosowanie zamrażania i rozmrażania. Nadulski i in. [2013] oraz Nadulski i Wawryniuk [2009] wykazali, że zamrożenie rozdrobnionej marchwi w temperaturze -18°C , następnie jej rozmrożenie i doprowadzenie do temperatury otoczenia zwiększa wydajność tłoczenia o około 20-40%, w stosunku do marchwi nie poddanej takiej obróbce. Ponadto zdaniem Nadulskiego i Wawryniuka [2009] zamrażanie i rozmrażanie przed dwukrotnym tłoczeniem soku z marchwi i z selera powoduje wzrost zawartości suchej masy w wyciekach.

Mikrofałe (MW)

Promieniowanie mikrofalowe jest wykorzystywane od dawna w produkcji żywności. Najczęściej jest ono stosowane do blanszowania [Bernaś i Jawoska, 2015], gotowania, pasteryzacji czy suszenia [Rayman i Baysal, 2011]. Badania wskazują, że zastosowanie ogrzewania mikrofalowego przed tłoczeniem soku jabłkowego może zwiększyć wydajność soku oraz ilość polifenoli i flawonoidów [Gerard i Roberts, 2004]. Najlepszy efekt cytowali autorzy wykazali przy zastosowaniu ogrzewania mikrofalowego w temperaturze 60°C , przy częstotliwości 2450 MHz, 1500 W.

Elektroplazmoliza (EP)

Elektroplazmoliza jest jedną z nowocześniejszych metod obróbki elektrycznej surowca, która z uwagi na efektywne niszczenie błon komórkowych może być stosowana w produkcji soków. Metoda ta powoduje zwiększenie wydajności i jakości soków owocowych, a więc potencjalnie może mieć także zastosowanie podczas produkcji soków marchwiowych [Rayman i Baysal, 2011]. Cytowani autorzy wykazali, że zastosowanie przed tłoczeniem soków marchwiowych obróbki obejmującej elektroplazmolizę powoduje zwiększenie wydajności o 9,5% oraz zwiększenie poziomu ekstraktu, ilości polifenoli, pektyn, kwasów i β -karotenu oraz aktywności przeciwutleniającej. Największy wzrost ilości karotenoidów zanotowano przy zastosowaniu metody kombinowanej, będącej połączeniem elektroplazmolizy i promieniowania mikrofalowego.

Podsumowanie

Sok marchwiowy cechuje się wysoką wartością żywieniową, bowiem zawiera znaczące ilości m.in. błonnika pokarmowego, karotenoidów oraz związków fenolowych. Spożywanie soku marchwiowego może redukować ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe, układu krążenia, chorobę Alzheimera oraz wpływać pozytywnie na aktywność układu immunologicznego, wygląd skóry oraz wzrok. Z uwagi na fakt, iż

pozyskiwanie soku marchwiowego jest dość trudne stosuje się różne metody zwiększania wydajności. Do nietypowych metod obróbki surowca można zaliczyć m.in. zastosowanie fal ultradźwiękowych, promieniowania jonizującego, promieniowania mikrofalowego, pola elektrycznego oraz zamrażania i następnie rozmrażania.

Literatura

1. AIJN Market Report. 2014. AIJN European Fruit Juice Association.
2. Alasalvar C., Grigor J.M., Zhang D., Quantick P.C., Shahidi F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2001, 49, 1410-1416.
3. Angel G., Maria I., Franciso A., Federic F. Influence of industrial processing on orange juice flavanone solubility and transformation to chalcones under gastrointestinal condition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51, 3024-3028.
4. Bernaś E., Jaworska G. Effect of microwave blanching on the quality of frozen *Agaricus bisporus*. *Food Science and Technology International*, 2015, 21(4), 245-255.
5. Borowska J., Szajdek A., Zadernowski R. Jakość żywieniowa soków przecierowych i napojów. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2004, 3, 28-29.
6. Cumming D.B., Gayton R.R. The development and testing of a vacuum assisted juice extraction process. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1990, 14, 415-422.
7. Czerwińska D. Smakowite źródło zdrowia. *Przegląd Gastronomiczny*, 2011, 5, 6-7.
8. FAMMU/FAPA. 2012. Polska w pierwszej dziesiątce największych globalnych producentów marchwi. <http://www.portalspozywczy.pl/owoce-warzywa/wiadomosci/polska-w-pierwszej-dziesiate-najwiekszych-globalnych-producentow-marchwi,67379.html> (dostęp on-line: 28.04.2016 r.).
9. Fernandes F.A.N., Rodrigues S. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 2007, 82, 261-267.
10. Gerard K.A., Roberts J.S. Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 2004, 37, 551-557.
11. Groele B. Soki klarowne, naturalnie mętne, przecierowe lub z dodatkiem przecieru. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2010, 7-8, 33/3.
12. Hallmann E., Sikora M., Rembiałkowska E., Marszałek K., Lipowski J. Wpływ procesu pasteryzacji na wartość odżywczą soku marchwiowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2011, 56(3), 133-137.
13. Jabbar S., Abid M., Hu B., Wu T., Hashim M.H., Lei S., Zhu X., Zeng X. Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication treatments. *LWT*, 2014, 55, 16-21.
14. Jąder K., Wawrzyniak J. Zmiany w spożyciu owoców i warzyw oraz ich przetworów w Polsce w latach 1999–2013 a zjawisko zrównoważonej konsumpcji. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 2015, 3(37), 427-435.
15. Jia M., Zhang Q.H., Min D.B. Pulsed electric field processing effects on flavor compounds and microorganisms of orange juice. *Food Chemistry*, 1996, 65, 445-451.
16. Kidoń M., Czapski J. Ocena zmian zawartości składników bioaktywnych oraz zdolności antyoksydacyjnej soków z marchwi purpurowej podczas przechowywania. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 3, 848-853.
17. Kobus Z. Wpływ wstępnej obróbki ultradźwiękowej na proces tłoczenia soku marchwiowego. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, 11, 219-226.
18. Lebovka N.I., Praporscic I., Vorobiev E. Combined treatment of apples by pulsed electric fields and by heating at moderate temperature. *Journal of Food Engineering*, 2004, 65, 211-217.
19. Lebovka N.I., Synkaryk N.V., Vorobiev E. Pulsed electric field enhanced drying of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78, 606-613.
20. Lewicki P.P. *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*, WNT, Warszawa, 1999.
21. Luciano J.Q., Isabel O.S., Robert S.F., Afonso M.R., Olga M.B. Comparative study on antioxidant properties of carrot juice stabilized by high intensity pulsed electric field or heat treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009, 89, 2636-2642.

22. Ma T., Tian C., Luo J., Zhou R., Sun X., Maa J. Influence of technical processing units on polyphenols and antioxidant capacity of carrot (*Daucus carrot* L.) juice. *Food Chemistry*, 2013, 141, 1637-1644.
23. Martin R., Monika S., Sybille N., Reinhold C. The role of process technology in carrot juice cloud stability. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 2003, 36, 165-172.
24. McClements D.J. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology*, 1995, 6, 293-299.
25. Mitchel G.E., Isaacs A.R., Williams D.J., Mclauchlan R.L., Nottingham S.M., Hammerton K. Low dose irradiation influence on yield and quality of fruit juice. *Journal of Food Science*, 1991, 56(6), 1628-1631.
26. Mitrus M., Wójtowicz A. Możliwości zastosowania mikrofal w procesach przetwarzania żywności. *Podstawy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1997, 1-2, 52-58.
27. Nadulski R., Wawryniuk P. Ocena możliwości wykorzystania zamrażania jako obróbki wstępnej przed tłoczeniem miazg. *Inżynieria Rolnicza*, 2009, 2(111), 123-130.
28. Nadulski R., Zawislak K., Panasiewicz M., Strzałkowska K. Intensyfikacja procesu tłoczenia soków z wybranych warzyw korzeniowych z zastosowaniem techniki mrożenia. *Inżynieria Rolnicza*, 2013, 1(141), 133-141.
29. Nadulski R., Zawislak K., Strzałkowska K., Piekarski D., Starek A. The influence of thermal processing on the course of pressing juice from beetroot. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 2012, 12(1), 163-167.
30. Oszmiański J. 2002. *Technologia i analiza produktów z owoców i warzyw*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław.
31. Płocharski W. Soki – bez nich żyć się już nie da. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2006, 7-8, 16-22.
32. Praporscic I., Lebovka N.I., Ghnimi S., Vorobiev E. Ohmically heated enhanced expression of juice from apple and potato tissues. *Biosystems Engineering*, 2006, 93(2), 199-204.
33. Quitao-Teixeira L.J., Odriozola-Serrano I., Soliva-Fortuny R., Mota-Ramosa A., Martin-Belloso O. Comparative study on antioxidant properties of carrot juice stabilized by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009, 89, 2636-2642.
34. Rayman A., Baysal T. Yield and quality effects of electropulsolysis and microwave applications on carrot juice production and storage. *Journal of Food Science*, 2011, 76(4), C598-C605.
35. Rembiałkowska E., Hallmann E. The influence of cultivation methods on selected quality parameters and nutritive value of carrots (*Daucus carota*). *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 2007, 34, 550-556.
36. Rock C.R., Loyalvo J.L., Emehiser C., Ruffin M., Flatt S.W., Schwartz S.J. Bioavailability of β -carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women. *Journal of Nutrition*, 1998, 128(5), 913-916.
37. Sakowski P., Janiszewska E. Zmiany barwy soku marchwiowego w czasie obróbki ultradźwiękami. *Acta Agrophysica*, 2013, 20(1), 161-171.
38. Strojewska I. Spożycie owoców, warzyw i ich przetworów w Polsce. *Biuletyn Informacyjny Agencji Rynku Rolnego*, 2015, 3, 2-9.
39. Torregrosa F., Cortes C., Esteve M.J., Frigola A. Effect of high-intensity pulsed electric fields processing and conventional heat treatment on orange carrot juice carotenoids. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2005, 53, 9519-9525.
40. Trajer M. Handel zagraniczny na rynku owoców i warzyw. *Biuletyn Informacyjny Agencji Rynku Rolnego*, 2015, 3, 16-19.
41. Ulmer H.M., Heinz V., Ganzle M.G., Knorr D., Vogel R.F. Effects of pulsed electric fields on inactivation and metabolic activity of *Lactobacillus plantarum* in model beer. *Journal of Applied Microbiology*, 2002, 93, 326-335.
42. Urban R. Zastój w sektorze napojów trwa. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2015, 7-8, doi: 10.15199/64.2015.7-8.3.
43. Wang W.C., Sastry S.K. Effects of moderate electrothermal treatments on juice yield from cellular tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2002, 3(4), 371-377.

44. Watzl B., Bub A., Briviba K., Rechkemmer G. Supplementation of a low-carotenoid diet with tomato or carrot juice modulates immune functions in healthy men. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2003, 47(6), 255-261.
45. Yen Y.H., Shih C.H., Chang C.H. Effect of adding ascorbic acid and glucose on the antioxidative properties during storage of dried carrot. *Food Chemistry*, 2007, 107, 265-272.
46. Zadernowski R. , Budrewicz G. , Borowska E.J. , Kaszubski W. 2003. Sok z marchwi naturalnie mętny – kryteria doboru surowca, oraz optymalizacja procesu technologicznego. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2003, 47(5), 15-16.
47. Zadernowski R., Oszmiański J. Wybrane zagadnienia z przetwórstwa owoców i warzyw. Wyd. ART., Olsztyn, 1994.
48. Zhou L., Wang Y., Hu X., Wu J., Liao X. Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2009, 10, 321-327.

GRAŻYNA BORTNOWSKA

*Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

BIOPOLIMERY JAKO EMULGATORY, PRZECIWUTLENIACZE I STABILIZATORY EMULSJI

Streszczenie

Biopolimery (białka i polisacharydy) to składniki o wielofunkcjonalnych właściwościach, których zastosowanie zyskuje coraz większe znaczenie z uwagi na ciągle wzrastającą świadomość żywieniową konsumentów. Charakteryzują się one dużym zróżnicowaniem w zakresie właściwości fizykochemicznych, których dokładne poznanie oraz umiejętne wykorzystanie jest ciągle ważnym wyzwaniem technologicznym. Jednym z istotnych zastosowań biopolimerów są emulsje spożywcze, w których spełniają one funkcje substancji powierzchniowo-czynnych oraz kształtujących specyficzne cechy struktury i tekstury. Biopolimery, szczególnie białka, wykazują również aktywność przeciwutleniającą, co umożliwi zwiększenie trwałości produktu oraz jego właściwości prozdrowotnych.

Ogólna charakterystyka biopolimerów

Biopolimery (białka i polisacharydy) z uwagi na ich wielofunkcjonalne właściwości stanowią grupę składników obecnie coraz częściej stosowanych w produkcji układów emulsyjnych. Białka są liniowymi produktami kondensacji około 20 różnych α -L-aminokwasów połączonych wiązaniami trans-peptydowymi. Ilość oraz sekwencja ułożenia poszczególnych aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym determinuje: masę molekularną, konformację, hydrofobowość, ładunek elektryczny oraz zakres fizycznych i chemicznych interakcji białek. Białka charakteryzują się wielopolarnością, w przeciwieństwie do innych jonowych substancji powierzchniowo-czynnych, które zasadniczo są bipolarne [Hoffmann i Reger, 2014; Bortnowska, 2015]. Do funkcjonalnych właściwości białek zalicza się między innymi oddziaływanie z: wodą, jonami, innymi białkami, sacharydami oraz lipidami, a także obniżanie napięcia powierzchniowego na granicach faz, co umożliwia ich stosowanie jako emulgatorów. Molekuły białek, gdy znajdują się na granicy faz, ulegają częściowemu rozfałdowaniu i ich łańcuchy hydrofobowe przenikają do fazy niepolarnej (oleju, powietrza), natomiast hydrofilowe do fazy polarnej, najczęściej wody, co ułatwia tworzenie makroskopowo jednorodnego układu dyspersyjnego. Ponadto ważnymi cechami białek są: tworzenie struktury żelowej umożliwiającej immobilizację wody w układzie oraz oddziaływanie przeciwutleniające [Salgado i in., 2012; Sikorski, 2014 a; Vavrusova i in., 2015; Ozturk i McClements, 2016]. Technologiczną przydatność do emulgowania lipidów wykazują

zarówno białka zwierzęce: mięśniowe (głównie frakcji miofibrylarnej); mleka (kazeiny, białka serwatki), jaja (głównie żółtka), jak i roślinne (albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny), pozyskiwane między innymi z: pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa, ryżu i kukurydzy [Romero i in., 2012; Nishinari i in., 2014; Sikorski, 2014 b; Sun i in., 2015; Fernandez-Avila i in., 2016]. Polisacharydy występują jako homo- i heteropolimery, przy czym sposób łączenia się poszczególnych merów może być w całym polimerze jednakowy lub zróżnicowany. Substancje te należące do grupy heteropolimerów zawierają niekiedy różne grupy funkcyjne, np. siarczanową (karageny) lub fosforanową (amylopektyna ziemniaczana). Zasadniczo polisacharydy stosowane są w układach emulsyjnych jako stabilizatory (zagęstniki), jednak niektóre z nich np.: mączka chleba świętojańskiego, guma guar, guma arabska, guma ksantanowa, pektyny wykazują aktywność powierzchniowo-czynną, co jest wynikiem obecności kowalentnie, a w niektórych przypadkach fizycznie związanych protein [Tomasik, 2014; Admassu i in., 2015; Ozturk i McClements, 2016; Kaltsa i in., 2016; Sukhotu i in., 2016]. Duże znaczenie, jako preparaty o właściwościach emulgująco-stabilizujących, mają produkty pozyskiwane w wyniku modyfikacji skrobi, którą wykonuje się metodami: fizyczną (oddziaływanie temperatury), enzymatyczną (rozrywanie łańcuchów) oraz chemiczną poprzez np.: (i) depolimeryzację w wyniku działania kwasami, solami, alkaliami; (ii) działanie substancjami utleniającymi; (iii) estryfikację i eteryfikację; (iv) usieciowanie międzycząsteczkowe. Modyfikacji chemicznej poddaje się również inne polisacharydy, np. celulozę i inulinę [Abbas i in., 2010; Tomasik, 2014; Ačkar i in., 2015].

Wybrane właściwości fizykochemiczne biopolimerów

W zależności od pochodzenia, stopnia modyfikacji oraz stężenia w układzie, białka i polisacharydy charakteryzują się zróżnicowaną aktywnością powierzchniowo-czynną. Wykazano, że białka: β -laktoglobulina, albumina osocza, γ -globulina, lizozym, serwatki, mąki sojowej oraz części białkowej jaja, użyte w stężeniu 0,45% (w/w), obniżały napięcie międzyfazowe średnio do około 14 mN/m [Saito i in., 2005]. Natomiast przy stężeniu: 20-40 mg/ml (izolat protein sojowych) do 4 mN/m [Zhang i in., 2015]; 100-1000 mg/ml (owoalbumina) do 6,1-5,2 mN/m [Seta i in., 2012]; 1000 mg/ml (β -laktoglobulina i β -kazeina), odpowiednio do 6,9 i 3,8 mN/m [Seta i in., 2014]. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika ponadto, że aktywność powierzchniowa białek zależy od pH. Romero i in. [2012] wykazali na przykład, że proteiny ryżu (1 mg/ml) przy pH 2 i 8 obniżały napięcie międzyfazowe do poziomu 10,8 i 12,4 mN/m, odpowiednio. Podobne wnioski wynikają z badań Ventureira i in. [2012], którzy zauważyli, że proteiny szarłat (1 mg/ml) obniżały napięcie międzyfazowe przy pH 2 do około 7,8 mN/m, a przy pH 8 do 11,7 mN/m. Według Lewickiego [2006], dla zapewnienia skutecznego procesu emulgowania fazy olejowej, napięcie międzyfazowe

powinno być mniejsze niż 10 mN/m, co wskazuje, że dobór stężenia oraz pH ma istotne znaczenie w produkcji układów emulsyjnych z użyciem białek. Kolejnym parametrem charakteryzującym biopolimery w funkcji emulgatorów jest aktywność emulgowania, często wyrażana indeksem aktywności emulgowania:

$$\text{EAI (m}^2/\text{g)} = (2T)/(\Phi_v \times C)$$

gdzie:

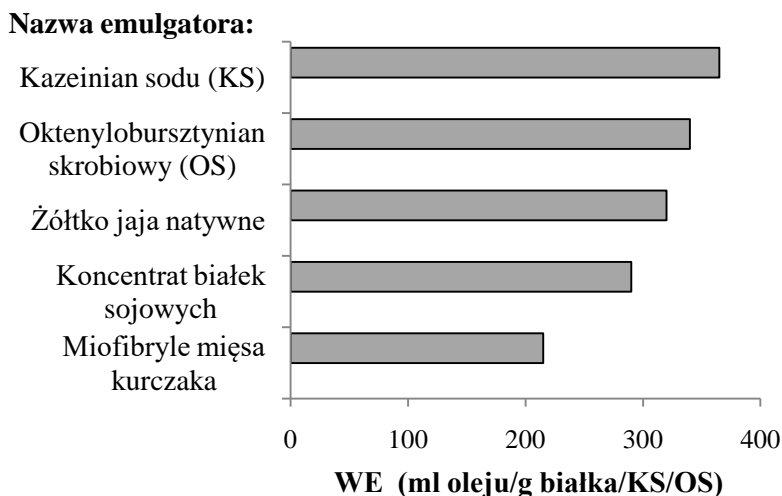
Φ_v – ułamek objętościowy frakcji olejowej;

C – stężenie emulgatora w fazie wodnej przed formowaniem emulsji;

T = 2,303A/L, gdzie: A – absorbcja; L – długość drogi światła w kuwecie [Pearce i Kinsella, 1978].

Z badań wynika, że wartość EAI wynosi około: białka soczewicy, 52 m²/g [Avramenko i in., 2013]; białka soi, w tym: 7S (konglicynina) 51 m²/g oraz 11S (glicynina) 55 m²/g [Matemu i in., 2011]. Salgado in. [2012] wykazali z kolei, że EAI koncentratu białek oleju słonecznikowego zależna była od pH oraz siły jonowej układu i wynosiła odpowiednio około: 99, 61, 85 i 78 m²/g, dla warunków jak następuje: pH 3, 80 mM NaCl; pH 3, 540 mM NaCl; pH 7, 80 mM NaCl i pH 7, 540 mM NaCl. Miarą przydatności emulgatora jest również jego wydajność emulgowania (WE) odnoszona do ilości oleju zemulgowanego przez jednostkę masy emulgatora. Omana i in. [2010] wykazali, że WE białek mięsa kurczaka wynosiła około 190 ml oleju/g białka. Yu i in. [2007] sugerowali z kolei, że WE białek pozyskiwanych z orzeszków ziemnych zależała od przyjętego sposobu ich przygotowania i wynosiła przy zastosowaniu suszenia w podciśnieniu oraz rozpyłowym, odpowiednio: około 87,5 oraz 137,5 ml oleju/g białka. Z badań Han i Lim [2012] wynika, że wartości WE oktenylobursztynianu skrobiowego przy stopniu podstawienia: DS = 0,019 (skrobia woskowa) i 0,022 (skrobia wysokoamylozowa) wynosiły odpowiednio, około 237 i 270 g oleju/g skrobi. Na rysunku 1. zestawiono wydajność emulgowania wybranych emulgatorów.

Wyniki te wskazują, że biopolimery natywne wykazują wystarczającą, technologicznie niezbędną wydajność emulgowania, jakkolwiek odpowiednio modyfikowane chemicznie (kazeinian sodu, oktenylobursztynian skrobiowy) charakteryzują się wyższą wartością tego parametru.



Rysunek 1. Porównanie wydajności emulgowania (WE) wybranych emulgatorów będących biopolimerami naturalnymi lub modyfikowanymi chemicznie. (Olej rzepakowy, pH 7; badania własne, nie publikowane)

Wytwarzanie emulsji z użyciem biopolimerów

Biopolimery, czyli białka i polisacharydy mogą być stosowane do otrzymywania zarówno emulsji prostych (typu olej-w-wodzie), jak również w pewnym zakresie wielokrotnych, nazywanych też emulsjami emulsji. Przed przystąpieniem do homogenizacji fazy lipidowej i wodnej, składniki przeznaczone do wytwarzania emulsji (emulgatory, zagęstniki, witaminy, substancje barwiące i inne) rozpuszcza się w cieczach (olej, woda) odpowiednio do ich hydrofobowości. Dodatkowych zabiegów technologicznych wymagają natywne polisacharydy, np. skrobia, którą poddaje się procesowi żelatynizacji [McClements, 2002; Bortnowska i in., 2013]. Wytwarzanie emulsji typu O/W może być realizowane jedno- lub dwuetapowo. Proces dwuetapowy umożliwia produkcję emulsji o względnie małych cząstkach fazy olejowej. Najpierw z użyciem homogenizatorów lub wysokoobrotowych mieszalników wytwarza się układ emulsyjny o stosunkowo dużych rozmiarach cząstek fazy wewnętrznej, a następnie redukuje się rozmiar kropli używając np.: młynków koloidalnych, homogenizatorów wysokociśnieniowych i innych [McClements i Weiss, 2005; Hebshy i in., 2015]. Podobnie można wytwarzać emulsje, w których powierzchnia międzyfazowa (olej-woda) jest stabilizowana cząstkami ciał stałych, tj.: granule skrobi natywnych, kryształy lipidów, hydrofobiny i inne [Hoffmann i Reger, 2014; Nadin i in., 2014]. Specyficzna natomiast technologia jest wymagana przy produkcji emulsji wielowarstwowych, to znaczy takich w których zdyspergowana faza olejowa pokryta jest więcej niż jedną membraną zawierającą substancje powierzchniowo-czynne oraz polielektrolity. Powłoki wielowarstwowe wytwarza się poprzez sekwencyjne nakładanie warstwa po warstwie na

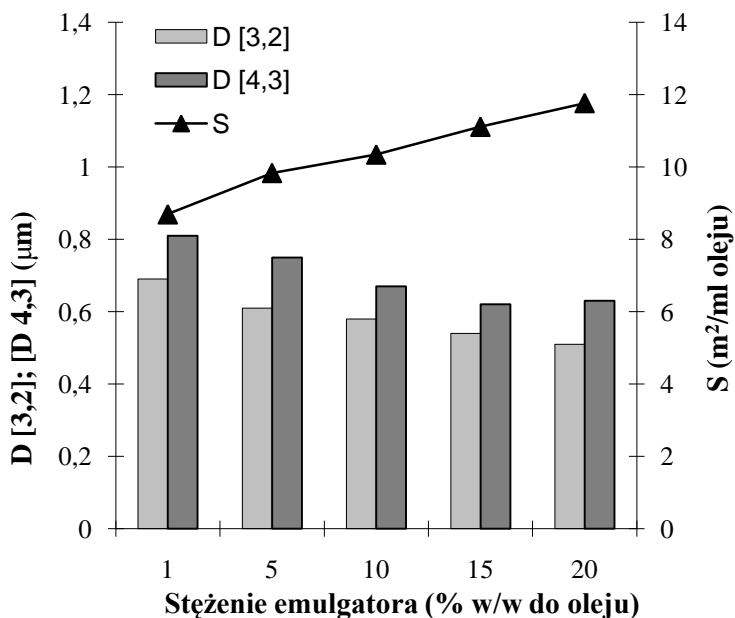
zdyspergowane kuleczki oleju, substancji powierzchniowo-czynnych posiadających przeciwny ładunek elektryczny [McClements, 2015; Bortnowska, 2015]. Często stosowanymi białkami do produkcji emulsji wielowarstwowych typu olej-w-wodzie (M-O/W) są: β -laktoglobulina, albumina osocza, kazeiny, owoalbumina, glicynina sojowa, laktoferyna, żelatyna (Matalanis i in., 2011). Zastosowanie białek do wytwarzania emulsji M-O/W ma szczególne ważne znaczenie, ponieważ w zależności od pH roztworu oraz pI (punkt izoelektryczny) białek można w szerokim zakresie kształtować ładunek elektryczny cząstek zdyspergowanej fazy olejowej. Przy relatywnie wysokim stężeniu jonów H^+ ($pH \ll pI$), grupy aminowe wykazują ładunek dodatni ($-NH_3^+$), natomiast grupy karboksylowe nie wykazują żadnego ładunku ($-COOH$), dlatego sumaryczny ładunek cząsteczek białek jest dodatni. Z kolei przy stosunkowo niskim stężeniu jonów H^+ ($pH \gg pI$), grupy karboksylowe wykazują ładunek ujemny ($-COO^-$), natomiast grupy aminowe są neutralne ($-NH_2$), w konsekwencji cząsteczki białka charakteryzują się sumarycznym ładunkiem ujemnym [Charoen i in., 2012]. Duże znaczenie w formowaniu powłok wielowarstwowych w emulsjach typu M-O/W, mają również polisacharydy jonowe, w tym anionowe, tj.: alginian, pektyny, guma arabska, karagen, guma ksantanowa, guma gellan oraz kationowe, np. chitozan. Ładunek polielektrolitu polisacharydowego kształtowany jest wartościami jego stałej dysocjacji, odnoszonej do wartości pK_a oraz pH roztworu. Polisacharydy anionowe zasadniczo są neutralne pod względem ładunku elektrycznego przy $pH < pK_a$ i jednocześnie wykazują ładunek ujemny przy $pH > pK_a$. Polisacharydy kationowe charakteryzują się brakiem ładunku zewnętrznego przy $pH > pK_a$ oraz dodatnim przy $pH < pK_a$. Ładunek polisacharydów jonowych najczęściej kształtowany jest zmianami tego parametru w zależności od pH takich grup jak: siarczanowe, karboksylowe oraz aminowe [Matalanis i in., 2011; Bortnowska, 2015]. Limitowana dostępność kationowych polisacharydów znacząco ogranicza możliwość wytwarzania powłok wielowarstwowych. Wśród emulsji wielokrotnych praktyczne znaczenie mają układy podwójne typu woda-w-oleju-w-wodzie (W/O/W) oraz olej-w-wodzie-w-oleju (O/W/O), a wśród nich szczególnie emulsje W/O/W z uwagi na ich dużą kompatybilność z większością produktów spożywczych charakteryzujących się obecnością fazy polarnej. W emulsjach tych występują dwie powierzchnie międzyfazowe pomiędzy fazami wodnymi i olejowymi, a to z kolei wymaga doboru emulgatorów o takiej wartości wskaźnika równowagi hydrofilowo-hydrofobowej (HLB), która umożliwi wytwarzanie podukładów typu O/W lub W/O [Dickinson, 2011; Li i in., 2012; McClements, 2015]. Białka i polisacharydy, w tym ich chemicznie modyfikowane pochodne, szczególnie dobrze nadają się do stabilizacji podukładów z wewnętrzną fazą olejową. W porównaniu do substancji powierzchniowo-czynnych o relatywnie małej masie cząsteczkowej tzw. surfaktantów, biopolimery charakteryzują się dodatkowo cechami tj.: mała podatność na dyfuzję

między poszczególnymi fazami oraz możliwość sieciowania, co znacznie zwiększa stabilność fizyczną układu. Jako emulgatory do wytwarzania emulsji podwójnych stosuje się zarówno emulgatory białkowe, tj.: kazeiny w tym kazeinian sodu, białka serwatki, żelatynę, białka nasion strączkowych jak również polisacharydowe, np.: gumę arabską, hydrofobowo modyfikowaną skrobię i inne. Natomiast jako substancje modyfikujące właściwości fizykochemiczne faz wodnych, poprzez wytwarzanie struktur żelowych, najczęściej używa się: pektyny, karagen, alginiany, gumę ksantanową, gumę gellan, mączkę chleba świętojańskiego, maltodekstrynę, celulozę mikrokrystaliczną, gumę arabską i inne. W literaturze przedmiotu sugeruje się również, że do stabilizacji emulsji podwójnych mogą być stosowane białkowo-polisacharydowe kompleksy, w których składniki są połączone wiązaniami kowalencyjnymi lub innymi interakcjami, np. elektrostatycznymi. [Dickinson, 2011; Admassu i in., 2015]. Znaleźć można również szereg doniesień naukowych wskazujących na możliwość zastosowania emulsji W/O/W jako nośników lipofilowych i hydrofilowych labilnych fizycznie oraz chemicznie składników, np.: resweratrolu [Hemar i in., 2010]; witaminy B1 [Benichou i in., 2007]; jonów magnezu [Bonnet i in., 2010]; witaminy E i B₂ [Li i in., 2012]. Wadą emulsji podwójnych jest wyższy niż emulsji prostych koszt wytwarzania (z uwagi na dwuetapowość) jak również to, że są one podatne (szczególnie emulsje W/O/W) na destabilizację z typowym jak dla emulsji O/W mechanizmem.

Wpływ biopolimerów na stabilność fizyczną oraz chemiczną emulsji

Emulsje poddane oddziaływaniu czynników technologicznych oraz podczas przechowywania podlegają szeregu zmianom fizycznym oraz chemicznym. Niestabilność fizyczna wpływa na modyfikację struktury emulsji, natomiast odpowiednia chemiczna powoduje zmiany na poziomie molekularnym, generując w konsekwencji ogólną destabilizację układu. Zasadniczą przyczyną niestabilności fizycznej układów emulsyjnych jest większa niż zero ilość energii swobodnej zgromadzona na powierzchni rozdziału faz co powoduje, że są one termodynamicznie niestabilne. Jednocześnie przy wyższej energii aktywacji niż energia termiczna można wytwarzać układy stabilne kinetycznie w określonym czasie [Genot i in., 2003; Bortnowska i in., 2014]. Do wytwarzania takich układów mogą być stosowane odpowiednio dobrane w zakresie rodzaju i stężenia, białka i polisacharydy [Bortnowska, 2008; Vavrusova i in., 2015]. Jednym z parametrów, do których można odnosić stabilizujące oddziaływanie emulgatorów, w tym białek jest rozmiar cząstek fazy wewnętrznej emulsji, których wielkość w zasadniczy sposób wpływa, na takie procesy destabilizacyjne jak: podstawanie (sedymentacja), flokulacja, koalescencja, ostwaldowskie dojrzewanie emulsji oraz inwersja faz [McClements i Weiss, 2005]. Cząstki fazy zdyspergowanej charakteryzuje się stosując najczęściej średnie średnice, a w tym: objętościowo-

powierzchniową Sautera ($D [3,2] = \sum n_i d_i^3 / \sum n_i d_i^2$) oraz masową de Brouckere'a ($D [4,3] = \sum n_i d_i^4 / \sum n_i d_i^3$), gdzie: n_i liczba kuleczek oleju o średnicy d_i [Bortnowska, 2008]. Z badań wynika, że na kształtowanie wartości tych parametrów znaczący wpływ mają: rodzaj i stężenie emulgatora (Rys. 2), a także czynniki środowiskowe (pH, temperatura) [Romero i in., 2011; Chang i in., 2016]; proporcja biopolimerów (białko/polisacharyd) [Cheng i in., 2015] i inne. Dodatkowo hydrokoloidów polisacharydowych z kolei można w szerokim zakresie modelować właściwości reologiczne układów emulsyjnych [Bortnowska, 2008]. Duże znaczenie w tym zakresie mają skrobie, jakkolwiek sposób użycia zależy od ich składu, w tym szczególnie proporcji amylozy do amylopektyny oraz biopolimeru stosowanego jako emulgator [Bortnowska i in., 2014]. Z przeglądu literatury wynika, że biopolimery, a szczególnie białka (peptydy oraz aminokwasy pozyskiwane zarówno z surowców roślinnych jak i zwierzęcych) oprócz doskonałych właściwości w zakresie stabilizacji układów emulsyjnych oddziałują również przeciwutleniająco.



Rysunek 2. Wpływ stężenia emulgatora (kazeinianu sodu) na rozmiar cząstki fazy wewnętrznej oraz powierzchni międzyfazowej olej-woda (S) w emulsjach typu olej-w-wodzie. (Homogenizacja: 30 s, 14 000 obrotów/min, pH 7; badania własne, nie publikowane)

Mechanizm przeciwutleniającego działania białek związany jest między innymi z wygaszaniem tlenu singletowego oraz chelatowaniem prooksydacyjnych jonów metali [Liu i in., 2015; Farvin i in., 2016]. W literaturze przedmiotu uważa się, że głównymi aminokwasami białek wykazującymi właściwości przeciwutleniające są: cysteina, tyrozyna, tryptofan, fenyloalanina oraz histydyna, przy czym szczególnie

aktywne są grupy tiolowe (-SH) [Tong i in., 2000; Sikorski, 2014a]. W badaniach eksperymentalnych wykazano, że prewencyjne oddziaływanie biopolimerów zależało od wielu czynników. Charoen i in. [2012] zauważyli np., że białka serwatki charakteryzowały się wyższą aktywnością antyoksydacyjną niż hydrofobowo modyfikowana skrobia i guma arabska. Chi i in. [2014] uważają z kolei, że antyoksydacyjna skuteczność hydrolizatów kolagenu pozyskiwanych ze skóry makreli wzrasta ze zmniejszaniem się średniej masy molowej białek kolagenowych. Biorąc powyższe pod uwagę, do wytwarzania układów emulsyjnych z wewnętrzną fazą olejową, priorytetowo powinny być stosowane białka i polisacharydy w formie natywnej lub modyfikowane fizycznie.

Literatura

1. Abbas K.A., Khalil S.K., Hussin A.S.M. Modified starches and their usages in selected food products: a review study. *Journal of Agricultural Science*, 2010, 2(2), 90-100.
2. Aćkar D., Babić J., Jozinović A., Miličević B., Jokić S., Miličević R., Rajić M., Šubarić D. Starch modification by organic acids and their derivatives: A Review. *Molecules*, 2015, 20, 19554-19570.
3. Admassu H., Zhao W., Yang R., Gasmalla M.A.A., Alsir E. Stabilizing food emulsions by protein-polysaccharide conjugates of Maillard reaction-a review *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, 2015, 3(8), 103-108.
4. Avramenko N.A., Lo N.H., Nickerson M.T. The effects of limited enzymatic hydrolysis on the physicochemical and emulsifying properties of a lentil protein isolate. *Food Research International*, 2013, 51, 162-169.
5. Benichou A., Aserin A., Garti N. W/O/W double emulsions stabilized with WPI-polysaccharide complexes. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2007, 294, 20-32.
6. Bonnet M., Cansell M., Placin F., Anton M., Leal-Calderón, F. Impact of sodium caseinate concentration and location of magnesium release from multiple W/O/W emulsions. *Langmuir*, 2010, 26(12), 9250-9260.
7. Bortnowska G. Praca habilitacyjna: Retencja substancji zapachowych w emulsjach spożywczych typu o/w o różnej zawartości fazy olejowej. Wyd. Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, 2008, 253.
8. Bortnowska G., Krzemińska N., Mojka K. Effects of waxy maize and potato starches on the stability and physicochemical properties of model sauces prepared with fresh beef meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 2013, 48, 2668-2675.
9. Bortnowska G., Balejko J., Tokarczyk G., Romanowska-Osuch A., Krzemińska N. Effects of pregelatinized waxy maize starch on the physicochemical properties and stability of model low-fat oil-in-water food emulsions. *Food Hydrocolloids*, 2014, 36, 229-237.
10. Bortnowska G. Multilayer oil-in-water emulsions: formation, characteristics and application as the carriers for lipophilic bioactive food components – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2015, 65(3), 157-166.
11. Chang C., Niu F., Su Y., Qiu Y., Gu L., Yang Y. Characteristics and emulsifying properties of acid and acid-heat induced egg white protein. *Food Hydrocolloids*, 2016, 54, 342-350.
12. Charoen R., Jangchud A., Jangchud K., Harnsilawat T., Decker E.A., McClements D.J. Influence of interfacial composition on oxidative stability of oil-in-water emulsions stabilized by biopolymer emulsifiers. *Food Chemistry*, 2012, 131, 1340-1346.
13. Cheng J., Ma Y., Li X., Yan T., Cui J. Effects of milk protein-polysaccharide interactions on the stability of ice cream mix model systems. *Food Hydrocolloids*, 2015, 45, 327-336.
14. Chi C.-F., Cao Z.-H., Wang B., Hu F.-Y., Li Z.-R. Zhang B. Antioxidant and functional properties of collagen hydrolysates from spanish mackerel skin as influenced by average molecular weight. *Molecules*, 2014, 19, 11211-11230.
15. Dickinson D. Double emulsions stabilized by food biopolymers. *Food Biophysics*, 2011, 6, 1-11.

16. Farvin K.H.S., Andersen L.L., Otte J., Nielsen H.H., Jessen F., Jacobsen C. Antioxidant activity of cod (*Gadus morhua*) protein hydrolysates: Fractionation and characterisation of peptide fractions. *Food Chemistry*, 2016, 204, 409-419.
17. Fernandez-Avila C., Arranz E., Guri A., Trujillo A.J., Corredig M. Vegetable protein isolate-stabilized emulsions for enhanced delivery of conjugated linoleic acid in Caco-2 cells. *Food Hydrocolloids*, 2016, 55, 144-154.
18. Genot C., Meynier A., Riaublanc A. Lipid oxidation in emulsions, in: *Lipid oxidation pathways* (ed. A. Kamal-Eldin). AOCS. Champaign, Illinois, USA, 2003, 191-244.
19. Han J.-A., Lim S.-T. Effect of γ -irradiation on pasting and emulsification properties of octenyl succinylated rice starches. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 90, 1480-1485.
20. Hebshy E., Buffa M., Guamis B., Blasco-Moreno A., Trujillo A.-J. Physical and oxidative stability of whey protein oil-in-water emulsions produced by conventional and ultra high-pressure homogenization: Effects of pressure and protein concentration on emulsion characteristics. *Food Science and Emerging Technologies*, 2015, 32, 79-90.
21. Hemar Y., Cheng L.J., Oliver C.M., Sanguansri L., Agustin M. Encapsulation of resveratrol using water-in-oil-in-water double emulsions. *Food Biophysics*, 2010, 5, 120-127.
22. Hoffmann H., Reger M. Emulsions with unique properties from proteins as emulsifiers. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2014, 205, 94-104.
23. Kaltsa O., Yanniotis I., Mandala I. Stability properties of different fenugreek galactomannans in emulsions prepared by high-shear and ultrasonic method. *Food Hydrocolloids*, 2016, 52, 487-496.
24. Lewicki P.P. Rozdrabnianie cieczy, w: *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego* (red. P.P. Lewicki). WNT. Warszawa, 2006, 151-162.
25. Li B., Jiang Y., Liu F., Chai Z., Li Y., Li Y., Leng X. Synergistic effects of whey protein-polysaccharide complexes on the controlled release of lipid-soluble and water-soluble vitamins in $W_1/O/W_2$ double emulsion systems. *International Journal of Food Science and Technology*, 2012, 47, 248-254.
26. Liu J., Jin Y., Lin S., Jones G.S., Feng Chen F. Purification and identification of novel antioxidant peptides from egg white protein and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 2015, 175, 258-266.
27. Matalanis A., Jones O.G., McClements D.J. Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25, 1865-1880.
28. Matemu A.O., Kayahara H., Murasawa H., Katayama S., Nakamura S. Improved emulsifying properties of soy proteins by acylation with saturated fatty acids. *Food Chemistry*, 2011, 124, 596-602.
29. McClements D.J. Lipid-based emulsions and emulsifiers, in: *Food lipids* (eds C.C. Akoh, D.B. Min). CRC. Taylor & Francis Group. Boca Raton. New York. USA, 2002, 63-101.
30. McClements D.J., Weiss J. Lipid emulsions, in: *Bailey's Industrial oil and fat products* (ed. F. Shahidi). John Wiley & Sons, Inc., 2005, 457-500.
31. McClements D.J. Encapsulation, protection, and release of hydrophilic active components: Potential and limitations of colloidal delivery systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2015, 219, 27-53.
32. Nadin M., Rousseau D., Ghosh S. Fat crystal-stabilized water-in-oil emulsions as controlled release systems. *LWT - Food Science and Technology*, 2014, 56, 248-255.
33. Nishinari K., Fang Y., Guo S., Phillips G.O. Soy proteins: a review on composition, aggregation and emulsification. *Food Hydrocolloids*, 2014, 39, 301-318.
34. Omana D.A., Xu Y., Moayed V., Betki M. Alkali-aided protein extraction from chicken dark meat: Chemicals and Functional properties of recovered proteins. *Process Biochemistry*, 2010, 45, 375-381.
35. Ozturk B., McClements D.J. Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. *Current Opinion in Food Science*, 2016, 7, 1-6.
36. Pearce K.N., Kinsella J.E.: Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1978, 26(3), 716-723.
37. Romero A., Beaumal V., David-Briand E., Cordobés F., Anton M. Interfacial and emulsifying behaviour of crayfish protein isolate. *LWT – Food Science and Technology*, 2011, 44, 1603-1610.
38. Romero A., Beaumal V., David-Briand E., Cordobés F., Guerrero A., Anton M. Interfacial and emulsifying behaviour of rice protein concentrate. *Food Hydrocolloids*, 2012, 29, 1-8.

39. Saito M., Yin L.-J., Kobayashi I., Nakajima M. Preparation characteristics of monodispersed oil-in-water emulsions with large particles stabilized by proteins in straight-through microchannel emulsification. *Food Hydrocolloids*, 2005, 19, 745-751.
40. Salgado P.R., Molina Ortiz S.E., Petrucci S. Mauri A.N. Functional food ingredients based on sunflower protein concentrates naturally enriched with antioxidant phenolic compounds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2012, 89, 825-836.
41. Seta L., Baldino N., Gabriele D., Lupi F.R., de Cindio B. The effect of surfactant type on the rheology of ovalbumin layers at the air/water and oil/water interfaces. *Food Hydrocolloids*, 2012, 29, 247-257.
42. Seta L., Baldino N., Gabriele D., Lupi F.R., de Cindio B. Rheology and adsorption behavior of β -casein and β -lactoglobulin mixed layers at the sunflower oil/water interface. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2014, 441, 669-677.
43. Sikorski Z.E. Białka-budowa i właściwości, w: *Chemia żywności, sacharydy, lipidy i białka* (red. Z.E. Sikorski). WNT. Warszawa, 2014 a, 167-201.
44. Sikorski Z.E. Charakterystyka białek głównych surowców żywnościowych, w: *Chemia żywności, sacharydy, lipidy i białka* (red. Z.E. Sikorski). WNT. Warszawa, 2014 b, 202-254.
45. Sukhotu R., Guo S., Xing J., Hu Q., Wang R., Shi X., Nishinari K., Fang Y., Guo S. Changes in physicochemical properties and stability of peanut oil body emulsions by applying gum arabic. *LWT - Food Science and Technology*, 2016, 68, 432-438.
46. Sun C., Wu T., Liu R., Liang B., Tian Z., Zhang E., Zhang M. Effects of superfine grinding and microparticulation on the surface hydrophobicity of whey protein concentrate and its relation to emulsions stability. *Food Hydrocolloids*, 2015, 51, 512-518.
47. Tomasik P. Sacharydy w żywności-budowa i przekształcenia, w: *Chemia żywności sacharydy, lipidy i białka* (red. Z.E. Sikorski). WNT. Warszawa, 2014, 13-56.
48. Tong L.M., Sasaki S., McClements D.J., Decker E.A. Antioxidant activity of whey in a salmon oil emulsion. *Journal of Food Science*, 2000, 65(8), 1325-1329.
49. Vavrusova M., Pindstrup H., Johansen L.B., Mogens L. Andersen M.L., Andersen H.J., Skibsted L.H. Characterisation of a whey protein hydrolysate as antioxidant. *International Dairy Journal*, 2015, 47, 86-93.
50. Ventureira J.L., Bolontrade A.J., Speroni F., David-Briand E., Scilingo A.A., Ropers M.-H., Boury F., Añón M.C., Anton M. Interfacial and emulsifying properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) protein isolates under different conditions of pH. *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 45, 1-7.
51. Yu J., Ahmedna M., Goktepe I. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food Chemistry*, 2007, 103, 121-129.
52. Zhang Y., Tan C., Abbas S., Eric K., Xia S., Zhang X. Modified SPI improves the emulsion properties and oxidative stability of fish oil microcapsules. *Food Hydrocolloids*, 2015, 51, 108-117.

PORÓWNANIE WYDAJNOŚCI FERMENTACJI ZACIERÓW ŻYTNICH Z WYKORZYSTANIEM METOD BEZCIŚNIENIOWEGO UWALNIANIA SKROBI

Wprowadzenie

Głównymi surowcami stosowanymi w przemyśle gorzelnicznym są surowce skrobiowe, głównie zboża i w mniejszym stopniu ziemniaki. Skrobia jest niefermentującym polisacharydem glukozy, stąd konieczność poddania jej pewnym procesom technologicznym w celu uzyskania cukrów podlegających fermentacji.

W procesie wytwarzania etanolu około połowy kosztów jego produkcji pochłania proces przygotowania surowca do zacierania. W gorzelnictwie polskim obróbka wstępna surowców skrobiowych nadal prowadzona jest najczęściej metodą ciśnieniowo-termiczna (parowanie) z zastosowaniem parnika Henzego (140-150°C, 0,3-0,4 MPa) [Jarosz i Jarociński, 1994]. Nakłady energetyczne związane z parowaniem skutecznie można zredukować, zastępując je mechanicznym rozdrobieniem surowca, za pomocą odpowiednich młynów. Jest to tzw. bezciśnieniowe uwalnianie skrobi (BUS) [Kapela i Solarek, 2004; Golisz i Wójcik, 2013]. Całkowity zysk energetyczny kształtuje się na poziomie 19-34% [Kawa-Rygielska i Dziuba, 2006]. W metodzie tej surowiec jest rozdrabniany, a następnie z dodatkiem wody oraz enzymów ogrzewany do temperatury 80-90°C.

Znaczący postęp nastąpił również w technologii fermentacji. Jedną z najważniejszych innowacji było wprowadzenie do praktyki przemysłowej równoczesnego scukrzania i fermentacja (SSF – *Simultaneous Saccharification and Fermentation*). W tym przypadku, preparat scukrzający dodaje się po ochłodzeniu zaciera do 55-60°C, a następnie chłodzi się do temperatury nastawienia fermentacji [Strąk i Balcerek, 2015]. Enzymy scukrzające zaczynają działać i generować cukry proste, które na bieżąco są fermentowane przez drożdże. Zapobiega to kumulowaniu się glukozy w zacierze, której wysokie stężenia hamują aktywność drożdży [Novozymes i BBI International, 2005]. Jest to rozwiązanie, które pozwala na zmniejszenie kosztów inwestycyjnych, uproszczenie operacji technologicznej, skrócenie czasu fermentacji oraz wykorzystanie zacierów o wyższym ekstrakcie. [Roy i in., 2001; Kroumov i in., 2005; Nikolic i in., 2009; Srichuwonga i in., 2009].

Osiągnięcia w badaniach nad nowoczesnymi enzymami, które wykazują uzdolnienia do hydrolizy skrobi natywnej (nieskleikowanej), umożliwiły obniżenie maksymalnej temperatury procesu do 50-60°C, tj. nieprzekraczającej wartości, przy

których zachodzi kleikowanie skrobi. Sam proces jednoczesnej hydrolizy i fermentacji jest stosunkowo dobrze poznany i opisany w literaturze przedmiotu, czego dowodem są liczne prace naukowe na ten temat [Verma i in., 2000, Öhgren i in., 2006], jednak brak wyczerpujących informacji na temat optymalizacji parametrów prowadzenia procesu w zależności od surowca.

Utrudnieniem związanym z przygotowania zacierów zbożowych z wykorzystaniem metod beczciśnieniowego uwalniania skrobi, ze szczególnym uwzględnieniem zacierów o podwyższonej gęstości, jest ich nadmierna lepkość [Oliveira i in., 1999; Sapińska i in., 2013], wynikająca z budowy ziaren zbóż. Mianowicie, oprócz skrobi zawierają one również inne cukry, tzw. polisacharydy nieskrobiowe (PNS) – β -glukany, pentozany, hemicelulozy oraz celulozę. Hydrolazy PNS degradowują strukturę ścian komórkowych, ułatwiając enzymom amylolitycznym dostęp do skrobi. Zastosowanie enzymów pomocniczych może wpłynąć wymiennie na wyższą wydajność spirytusu z jednostki surowca, z racji uwalniania dodatkowej ilości cukrów fermentujących w wyniku rozkładu wiązań β -1,4 oraz β -1,3 w PNS [Kapela i Solarek, 2004; Kłosowski i in., 2009].

Celem badań było porównanie wydajności etanolu w procesie jednoczesnego scukrzania i fermentacji (SSF) skrobi w formie skleikowanej lub natywnej, w zacierach żytnich (21% s.m.) przygotowanych metodami beczciśnieniowego uwalniania skrobi (BUS). Ponadto oceniano wpływ dodatku preparatu enzymów katalizujących hydrolizę polisacharydów nieskrobiowych na poprawę efektywności procesu.

Materialy i metody badań

Surowiec

Surowcem przeznaczonym do przygotowania zacierów było żyto odmiany Dańkowskie Amber (Danko Hodowla Roślin sp. z o.o., Choryń). Surowiec poddany został analizie fizyko-chemicznej obejmującej oznaczenie zawartości suchej masy, białka oraz skrobi, według metod zalecanych w przemyśle rolno-spożywczym [Krełowska-Kułás, 1993].

Enzymy

Do hydrolizy skrobi w formie skleikowanej wykorzystano preparaty amylolityczne: Termamyl S.C. (α -amylaza – *Bacillus licheniformis*), San Extra L. (glukoamylaza – *Aspergillus niger*). Hydrolizę skrobi natywnej przeprowadzono z udziałem preparatów: GC 626 (kwaśna α -amylaza – *Trichoderma reesei*), Stargen 002 (α -amylaza – *Aspergillus kawachi*, prod. *Trichoderma reesei* i glukoamylaza – *Aspergillus niger*). Wybrane próby zacierów wzbogacano dodatkiem preparatu Viscoferm zawierającego celulazę, ksylanazę i β -glukanazę. Preparaty enzymatyczne

wykorzystywane do hydrolizy skrobi skleikowanej pochodziły z firmy Novozymes (Dania). Producentem preparatów do hydrolizy skrobi natywnej była firma DuPont™ Genencor® Science (USA).

Drożdże

Nastawienie fermentacji odbywało się z wykorzystaniem suszonych drożdży gorzelniczych Ethanol Red z gatunku *Saccharomyces cerevisiae* (Fermentis – Division S.I. Lesaffre, Francja), w dawce 0,3 g/l zacieru.

Pożywka

Jako pożywkę dla drożdży zastosowano dodatek wodorofosforanu amonu $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, w ilości 0,2 g/l zacieru.

Przebieg procesu

Zacieri przygotowano metodami bezciśnieniowego uwalniania skrobi (BUS), z uprzednim rozdrobieniem surowca w młynku tarczowym (rozdrobienie poniżej 1,5 mm), z wykorzystaniem skrobi w formie skleikowanej lub natywnej. Proces prowadzono w mieszalniku wyposażonym w mieszadło, umieszczonym w wodnym płaszczu grzejnym. Śrutę zbożową mieszano z wodą w proporcji 3,5 l wody na 1 kg zboża.

W przypadku przygotowywania zacierów z udziałem skrobi skleikowanej, mieszaninę śruty żytniej z wodą ogrzewano do temperatury ok. $90\pm 2^\circ\text{C}$ (jednocześnie mieszając) i dodawano preparat Termamyl S.C. w dawce 0,15 ml na 1 kg skrobi oraz Viscoferm w ilości 0,15 ml na 1 kg surowca. Warunki te utrzymywano przez 60 minut – etap upłynniania (dekstrynizacji skrobi). Następnie zacier schłodzono do temperatury około 60°C i dodano preparat scukrzający SAN Extra, w dawce 0,6 ml na 1 kg skrobi, z równoczesnym chłodzeniem zacieru do temperatury nastawienia fermentacji z udziałem drożdży (30°C).

W przypadku hydrolizy skrobi natywnej, zmielone ziarno mieszano z wodą w proporcjach analogicznych do ww., następnie mieszaninę poddano korekcie pH do wartości 4,5, dodano preparat enzymatyczny GC w ilości 0,3 ml na 1 kilogram surowca oraz Viscoferm w dawce 0,15 ml na 1 kg surowca, ogrzano do temperatury 40°C , a następnie dodano preparat STARGEN 002 w ilości 1,2 ml na kilogram surowca, nieustannie mieszając i ogrzewając. Gdy osiągnięta została temperatura $50\pm 2^\circ\text{C}$, warunki te utrzymywano przez 60 minut, w celu tzw. aktywacji skrobi. Dalsze postępowanie było analogiczne jak w przypadku metody BUS z wykorzystaniem skrobi skleikowanej. Przygotowano również próby odniesienia, bez dodatku preparatu wspomagającego, dla obydwu metod.

Uzyskane zacierzy słodkie zostały poddane regulacji pH do wartości około 4,5 roztworem kwasu siarkowego 25% w/w, a następnie wzbogacane wodorofosforanem(V) amonu $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, w postaci roztworu wodnego. Fermentację przeprowadzono w systemie 3-dobowym, w naczyniach fermentacyjnych (o objętości 6 litrów, wprowadzając do każdego około 3,5 litra zacieru), w temperaturze $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Drożdże uprzednio poddano tzw. „kąpeli kwasowej” - uwodnieniu i odkażaniu, poprzez zakwaszenie wodnej zawiesiny drożdży roztworem kwasu siarkowego 25% w/w, do pH około 2,5 i w tych warunkach pozostawiono przez 10 minut. Kąpiel kwasowa ma na celu wyeliminowanie słabszych komórek drożdżowych, oczyszczenie ich błon komórkowych oraz zniszczenie niepożądaną mikroflory bakteryjnej.

Analiza fizyko-chemiczna zacierów słodkich obejmowała oznaczenie zawartości ekstraktu ogólnego (za pomocą areometru wyskalowanego w $^\circ\text{B}lg$), cukrów redukujących oraz cukrów ogółem po hydrolizie. W zacierach odfermentowanych oznaczano ponadto pH, ekstrakt pozorny w obecności alkoholu i rzeczywisty oraz zawartość alkoholu etylowego. Wszystkie analizy zostały wykonane według metod zalecanych w gorzelnictwie [Krełowska-Kułas, 1993].

Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wskaźniki fermentacji, tj. wykorzystanie cukrów ogółem (stopień odfermentowania) oraz wydajność (w odniesieniu do cukrów ogółem oznaczonych w zacierze słodkim).

Wydzielenie alkoholu z odfermentowanego zacieru przeprowadzono za pomocą destylacji prostej, kontrolując refraktometrycznie zmiany zawartości etanolu w odbieranym destylacie, aż do całkowitego oddestylowania alkoholu.

Wyniki i ich omówienie

Charakterystyka chemiczna przerabianego surowca

Analizowane żyto odmiany Dańkowskie Amber charakteryzowało się zawartością suchej substancji na poziomie $87,14 \pm 1,85\%$, co wskazuje, iż surowiec ten ma niską zawartość wody. Zawartość wody w surowcu ma wpływ na jego ewentualne magazynowanie, które w przypadku gorzelnii produkujących w systemie całorocznym jest niezwykle istotne. Wykorzystywane do badań żyto wykazywało skrobiowość na poziomie $68,5 \pm 2,55\%$, która jest zbliżona do danych literaturowych [Pietruszka i Szopa, 2014] i świadczy o prawidłowym magazynowaniu ziarna. Białko zawarte w surowcu gorzelnicznym w procesie fermentacji stanowi naturalne źródło azotu, niezbędnego w metabolizmie drożdży. Jednakże zbyt duża jego zawartość wpływa negatywnie na przebieg prowadzenia fermentacji z racji nadmiernego pienienia się zacierów [Sikorski, 1994; Świetlikowska, 1995]. Przerabiany surowiec odznaczał się

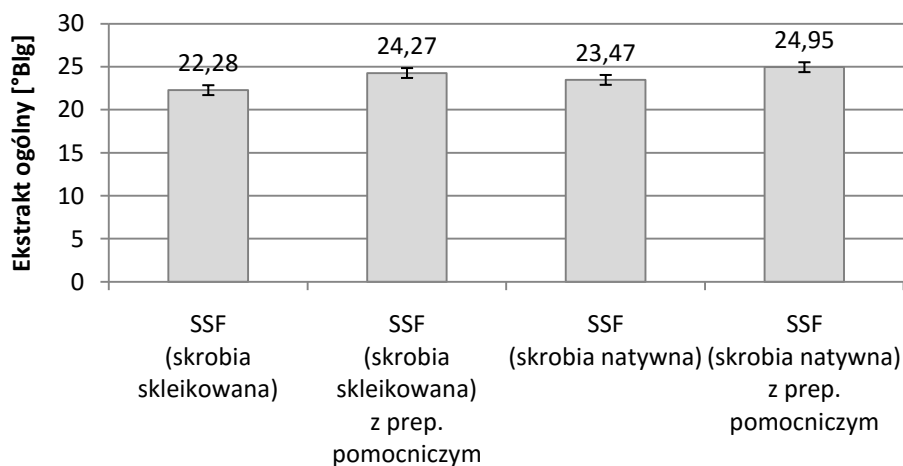
zawartością białka na poziomie $11,92 \pm 0,51\%$, która jest wyższa niż podaje piśmiennictwo (8%) [Czerwińska i Gulińska, 2005].

Tabela 1. Skład chemiczny ziarna żyta

Surowiec	Sucha substancja [%]	Białko [% s.s.]	Cukry redukujące [g glukozy/100 g surowca]	Skrobia [g/100 g surowca]
Żyto Amber	$87,14 \pm 1,85$	$11,92 \pm 0,51$	$1,83 \pm 1,25$	$68,5 \pm 2,55$

Charakterystyka chemiczna zacierów

Analizie poddano zaciery słodkie oraz zaciery odfermentowane uzyskane po fermentacji. Na rysunku 1 przedstawiono wartości ekstraktów zacierów słodkich, które kształtowały się na poziomie od $22,28 \pm 0,20$ do $24,95 \pm 0,30^\circ \text{B}lg$. Należy mieć na względzie to, że podczas procesu jednoczesnego scukrzania i fermentacji (SSF), enzymy zawarte w zacierze wykazują aktywność również podczas procesu fermentacji. Pozwala to na utrzymanie takiego stężenia glukozy w środowisku, że drożdże metabolizują uwalniane cukry na bieżąco, unikają narażenia na inhibujący je stres osmotyczny.



Rysunek 1. Zawartość ekstraktu w żytnich zacierach słodkich

Analiza chemiczna zacierów słodkich pozwoliła na ocenę stężenia cukrów w nich zawartych. Zawartość cukrów w zacierach przygotowanych zarówno z etapem kleikowania skrobi, jak i z wykorzystaniem skrobi w formie natywnej, była porównywalna. Najwyższą zawartością cukrów ogółem na poziomie $21,71 \pm 0,2$ g glukozy/100 ml zacieru, w tym dekstryn na poziomie $13,63 \pm 0,3$ g/100 ml odznaczał się zacier przygotowany metodą bezciśnieniowego uwalniania skrobi z etapem jej kleikowania i dodatkiem preparatu wspomagającego Viscoferm.

Kleikowanie to proces związany z pęcznieniem ziarenek skrobiowych pod wpływem wody w podwyższonej temperaturze. Dochodzi wtedy do rozerwania między- i wewnątrzcząsteczkowych wiązań wodorowych monomerów skrobi. Amyloza jako pierwsza jest wymywana z ziarna przez wodę, z którą tworzy koloid [Chemia żywności, 2016]. Skrobia skleikowana jest przez to łatwiej dostępna dla enzymów hydrolizujących. Temperatura kleikowania to wartość indywidualna dla każdego rodzaju surowca, dla żyta wynosi ona 57-70°C [White Labs Headquarters & Manufacturing Lab].

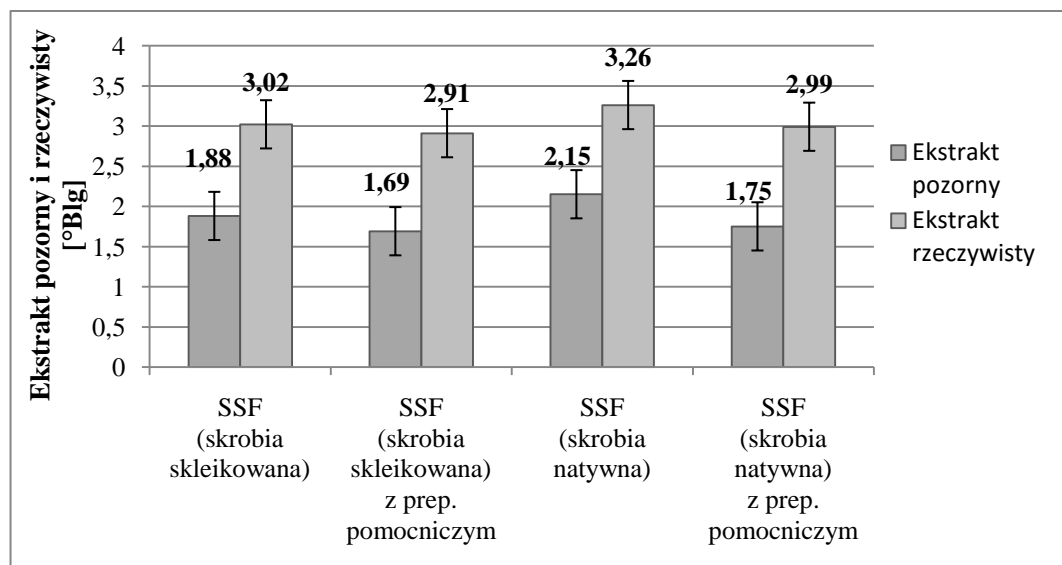
W przypadku przygotowywania zacierów z pominięciem procesu kleikowania, podczas dodawania enzymów zdolnych do hydrolizy skrobi natywnej, zalecany jest etap tzw. aktywacji skrobi, poprzez ogrzewanie medium do temperatury o kilka °C niższej niż temperatura kleikowania skrobi i przetrzymywanie w tej temperaturze przez 30-60 minut. Ma to na celu rozluźnienie wiązań między cząsteczkami glukozy w łańcuchu skrobi. Uzyskane wyniki składu chemicznego zacierów przygotowanych metodą hydrolizy skrobi natywnej były zbliżone do oznaczonych w zacierach z udziałem skrobi skleikowanej. Fakt ten może świadczyć o wysokiej aktywności enzymów stosowanych do hydrolizy skrobi natywnej.

Tabela 2. Charakterystyka chemiczna zacierów słodkich

Wariant	Cukry redukujące [g glukozy/ 100 ml zacieru]	Dekstryny [g/100 ml zacieru]	Cukry ogółem [g glukozy/ 100 ml zacieru]
SSF (skrobia skleikowana)	5,92±0,12	12,88±0,22	20,23±0,13
SSF (skrobia skleikowana) z prep. pomocniczym	6,57±0,24	13,63±0,37	21,71±0,24
SSF (skrobia natywna)	6,66±0,26	12,68±0,10	20,75±0,12
SSF (skrobia natywna) z prep. pomocniczym	6,75±0,16	13,13±0,32	21,34±0,25

Następnie dokonano analizy zacierów odfermentowanych. Oceniano zmiany ekstraktu pozornego i rzeczywistego (Rys. 2) oraz zawartości cukrów i alkoholu (Tab. 3). Wartości ekstraktu w zacierach odfermentowanych w odniesieniu do wartości ekstraktu ogólnego zacierów słodkich świadczą o poprawnym przebiegu procesu. Najniższymi wartościami ekstraktu zarówno pozornego (od 1,69±0,11°Blg w wariancie z preparatem wspomagającym do 1,88±0,09°Blg bez wspomnianego preparatu), jak i rzeczywistego (od 2,91±0,14°Blg w próbie z preparatem Viscoferm do 3,02±0,04°Blg bez tego preparatu) odznaczały się zacierzy poddane jednoczesnemu scukrzaniu i fermentacji, z udziałem skrobi skleikowanej. Po zakończeniu procesu scukrzania i fermentacji skrobi natywnej, ekstrakt pozorny wynosił 2,15±0,03°Blg, a rzeczywisty 3,26±0,15°Blg, natomiast w próbie z dodatkiem enzymu

wspomagającego ekstrakt pozorny był na poziomie $1,75 \pm 0,08^\circ \text{B}lg$, zaś rzeczywisty wynosił $2,99 \pm 0,1^\circ \text{B}lg$. Analiza chemiczna zacierów odfermentowanych (Tab. 3) wykazała zbliżoną zawartość cukrów ogółem (od $2,67 \pm 0,09$ do $3,10 \pm 0,12$ g/100 ml zacieru). W tym prawie o połowę wyższą zawartość cukrów redukujących odnotowano po fermentacji zacieru ze skrobią natywną ($0,95 \pm 0,14$ g/100 ml próby odniesienia oraz $0,75 \pm 0,03$ g/100 ml próby z enzymem pomocniczym). Co za tym idzie również zawartość dekstryn oznaczono na wysokim poziomie. W próbach fermentacyjnych ze skrobią skleikowaną oznaczono $2,02 \pm 0,17$ g dekstryn/100 ml zacieru (próby odniesienia) oraz $1,87 \pm 0,20$ g/100 ml zacieru (próba z enzymem pomocniczym). W przypadku wariantów ze skrobią natywną, zawartość dekstryn była na poziomie $1,94 \pm 0,05$ g/100 ml zacieru bez preparatu pomocniczego, natomiast w zacierze z dodatkiem enzymu wspomagającego wynosiła $1,94 \pm 0,05$ g/100 ml. Wyniki te świadczą o niedostatecznym scukrzeniu skrobi, na co wpływ mógł mieć zbyt krótki czas fermentacji. Zawartość etanolu na najwyższym poziomie ($10,19 \pm 0,02\%$ obj.) oznaczono w próbie po fermentacji skrobi natywnej z udziałem preparatu Viscoferm. Również w przypadku próby fermentacyjnej z udziałem skrobi w formie skleikowanej, dodatek preparatu pomocniczego wpłynął na zwiększenie ilości etanolu, jednak nie w tak dużym stopniu jak to miało miejsce w próbach fermentacyjnych ze skrobi natywnej (Tab. 3).



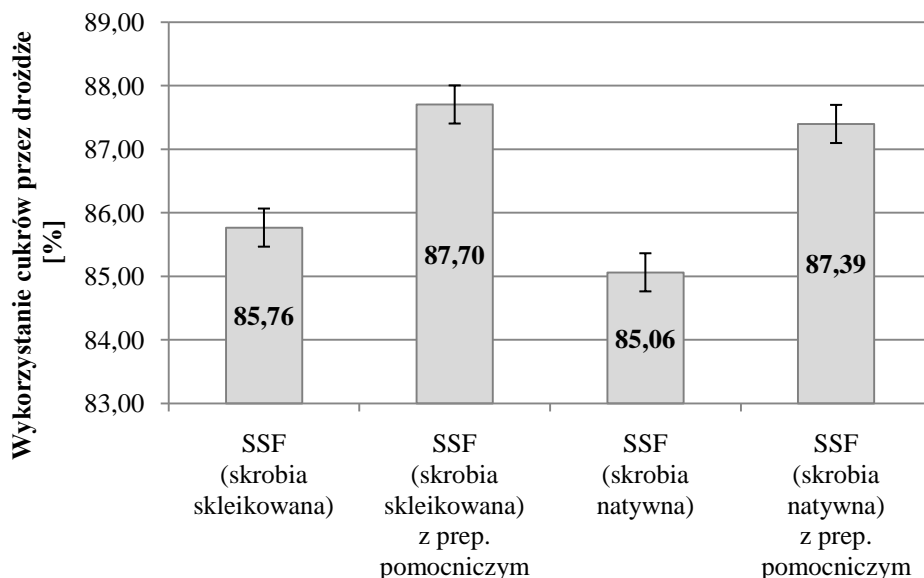
Rysunek 2. Ekstrakt pozorny i ekstrakt rzeczywisty zacierów odfermentowanych

Tabela 3. Charakterystyka chemiczna zacierów odfermentowanych

Surowiec	Zawartość etanolu [% obj.]	Cukry redukujące [g glukozy/100ml zac.]	Dekstryny [g/100 ml zac.]	Cukry ogółem [g glukozy/100 ml zac.]
SSF (skrobia skleikowana)	9,21±0,06	0,64±0,11	2,02±0,17	2,88±0,11
SSF (skrobia skleikowana) z prep. pomocniczym	9,78±0,02	0,59±0,21	1,87±0,20	2,67±0,09
SSF (skrobia natywna)	7,76±0,04	0,95±0,14	1,94±0,05	3,10±0,12
SSF (skrobia natywna) z prep. pomocniczym	10,19±0,02	0,75±0,03	1,75±0,07	2,69±0,11

Ocena wskaźników fermentacji

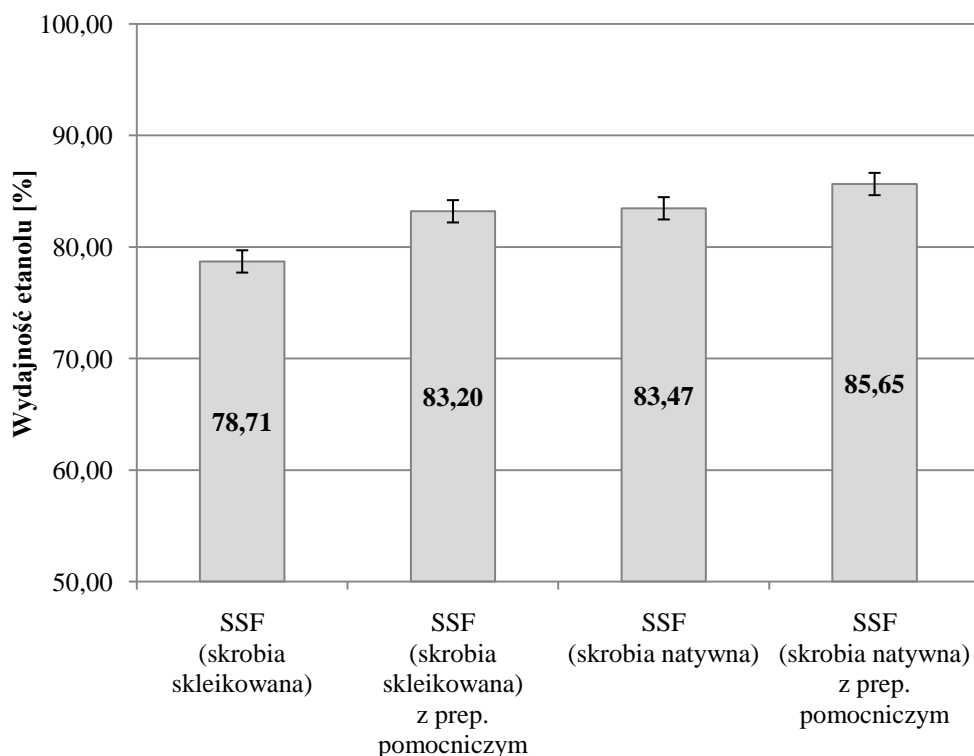
Przeprowadzone analizy pozwoliły na dokonanie oceny wykorzystania cukrów przez drożdże podczas fermentacji (Rys. 3) i wydajności alkoholu etylowego (Rys. 4) Uzyskane wyniki wskazywały na zbliżone wykorzystanie cukrów przez drożdże w procesie jednoczesnego scukrzania i fermentacji skrobi natywnej (85,06±0,93%), jak i skrobi w formie skleikowanej (85,76±0,44%).



Rysunek 3. Wykorzystanie cukrów przez drożdże

Wyższą wydajność etanolu (83,47±0,71%) odnotowano po procesie scukrzania i fermentacji skrobi natywnej, niż w przypadku prowadzenia procesu wg założeń standardowej metody BUS, w której skrobia jest kleikowana (78,71±0,84% wydajności teoretycznej). Zaobserwowano, iż zastosowanie preparatu zawierającego enzymy obniżające lepkość zacieru, w szczególności w przypadku jednoczesnej hydrolizy i fermentacji skrobi skleikowanej wpłynęło na wzrost wydajności

z $78,71 \pm 0,33\%$ do $83,20 \pm 0,54\%$ wydajności teoretycznej. W zacierach przygotowanych ze skrobi natywnej, w których również zastosowano suplementację preparatem Viscoferm, wydajność etanolu wzrosła zaledwie o ok. 2% w porównaniu do próby bez dodatku tego preparatu. Obecne w preparacie pomocniczym enzymy – celulaza i ksylanaza, oddziałują na struktury ścian komórkowych surowca, przez co umożliwiają efektywniejsze działanie enzymów amylolitycznych, przyspieszając tym samym proces degradacji skrobi, co ma wpływ na poprawę wydajności etanolu.



Rysunek 4. Wydajność etanolu

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, iż wydajność procesu SSF z udziałem skrobi natywnej była na wyższym poziomie ($83,47 \pm 1,5\%$) niż w przypadku prowadzenia procesu z wykorzystaniem skrobi skleikowanej ($78,71 \pm 1,4\%$ wydajności teoretycznej). Wyniki te w odniesieniu do wartości ekstraktów zacierów słodkich ($>22^\circ\text{B}lg$) pozwalają na stwierdzenie, iż enzymy hydrolizujące skrobię natywną wykazują się wyższą aktywnością w pracy z gęstymi zacierami. Znaczące ilości dekstryn pozostałych w zacierach wskazują na potrzebę dalszych badań dotyczących

poprawy efektywności jednoczesnego scukrzania i fermentacji zacierów skrobiowych o podwyższonej zawartości ekstraktu.

Literatura

1. Chemia żywności, ćwiczenie 9, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, http://www.cbimo.zut.edu.pl/download/dydaktyka/chemia_zywnosci_tz_iii/cwiczenia_laboratoryjne/cw9.pdf, (data dostępu: 27.04.2016r.)
2. Czerwińska D., Gulińska E. Podstawy żywienia człowieka, WSiP, Warszawa 2005
3. Kapela T., Solarek L. Enzymy Novozymes dla gorzelnictwa – nowoczesne preparaty scukrzające z grupy SAN oraz enzymy pomocnicze. *Przem. Ferm. i Owoc.-Warz.*, 2004, 5, 26-28.
4. Kawa-Rygielska J., Dziuba E. Kukurydza do produkcji bioetanolu. *Chemia Przemysłowa*, 2006, BMP, 20-22.
5. Kłosowski G., Mikulski D., Czupryński B., Kotarska K. Characterisation of fermentation of high-gravity maize mashes with the application of pullulanase, proteolytic enzymes and enzymes degrading non-starch polysaccharides. *J. Biosci. Bioeng.*, 2009, 109, 5, 466-471.
6. Krelowska-Kulaś M. Badanie jakości produktów spożywczych., Państw. Wydaw. Ekonomiczne, Warszawa, 1993.
7. Kroumov A.D., M'Odenes A.N., de Araujo Tait M.C. Development of new unstructured model for simultaneous saccharification and fermentation of starch to ethanol by recombinant strain. *Biochem. Eng.* 2005. J. 28, 243.
8. Nikolic' S., Mojovic L., Rakin M., Pejin D. Bioethanol production from corn meal by simultaneous enzymatic saccharification and fermentation with immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. *Fuel* 2009, 88, 1602.
9. Novozymes & BBI International: Fuel ethanol. A technological evolution. http://www.energiyasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/FuelEthanol-lr-05.pdf (11.12.2014).
10. Öhgren K., Rudolf A., Galbe M., Zacchi G. *Biomass and Bioenergy*, 2006, 30, 863-869.
11. Oliveira S.C., De-Castro H.F., Visconti A.E.S, Giudici R. Continuous ethanol process performance, kinetics parameters and model predictions. *Bioprocess – Eng.*, 1999, 20, 6, 525-530.
12. Pietruszka M., Szopa J. Agricultural distillates from Polish varieties of rye, *Czech J. Food Sci.*, 2014, 32(4), 406-411.
13. Roy S., Gudi R.D., Venkatesh K.V., Shah S.S. Optimal control strategies for simultaneous saccharification and fermentation of starch. *Process Biochem.* 2001, 36, 713.
14. Sapińska E., Balcerk M., Pielech-Przybylska K. Alcoholic fermentation of high-gravity corn mashes with the addition of supportive enzymes. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2013, Volume 88, Issue 12, pages 2152-2158.
15. Sikorski Z. E. *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. WNT. Warszawa 1994.
16. Srichuwonga S., Fujiwara M., Wanga X., Seyama T., Shiromaa R., Arakanea M., Mukojimab N., Tokuyasua K. Simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of very high gravity (VHG) potato mash for the production of ethanol. *Biomass Bioenerg.*, 2009, 33, 890-898.
17. Strąg E., Balcerk M. Wybrane technologie wykorzystywane w przemyśle gorzelniczym, *Acta Sci. Pol. Biotechnol.*, 2015., 14 (1), 33-44.
18. Świetlikowska U. *Surowce spożywcze*. Wyd. SGGW, Warszawa 1995.
19. Verma G., Nigam P., Singh D., Chaudhary K. *Bioresource Technol.*, 2000, 72, 261-266.
20. White Labs Headquarters & Manufacturing Lab, http://www.whitelabs.com/files/Ryetri_sage_chart.pdf (data dostępu: 27.04.2016r.)

MODYFIKACJA WŁAŚCIWOŚCI PIANOTWÓRCZYCH SOJOWEGO KONCENTRATU BIAŁKOWEGO

Streszczenie

Zbadano wpływ procesów ekstruzji i hydrolizy na właściwości pianotwórcze sojowego koncentratu białkowego. Uzyskane wyniki porównano z cechami pianotwórczymi albuminy wołowej. Wyznaczono trzy parametry funkcjonalne charakteryzujące właściwości aeracyjne produktów białkowych: wydajność tworzenia piany (FC), stopień jej wypełnienia (FO) i stabilność (LD₅). FC wyrażano w procentach jako stosunek rzeczywistej objętości gazu w uzyskanej pianie do jego objętości zużytej do jej wytworzenia, z kolei FO wyliczano jako iloraz objętości fazy gazowej do objętości fazy ciekłej w pianie, a LD₅ to przeliczony na procenty stosunek objętości fazy ciekłej uwolnionej po 5 minutach z piany do objętości cieczy zawartej w pianie tuż po zakończeniu aeracji. Do spieniania 0,5, 1, 2 i 4%-owych roztworów i zawiesin sojowego koncentratu białkowego, jego ekstrudatu i hydrolizatów, a także ekstrudatu poddanego hydrolizie użyto argonu, azotu, powietrza oraz dwutlenku węgla. Wykazano, że lepszymi właściwościami pianotwórczymi (zbliżonymi do tych dla albuminy wołowej) charakteryzuje się produkt sojowy o najmniejszym stopniu przetworzenia, czyli koncentrat białkowy. Z kolei ekstruzja szczególnie wyraźnie pogarsza te zdolności. Hydroliza enzymatyczna natomiast może w określonych warunkach wpływać na ich poprawienie. W miarę wzrostu stężenia roztworu produktów białkowych rośnie na ogół również wydajność pienienia (FC) i poprawie ulega struktura (FO) i stabilność (LD₅) uzyskiwanych pian. Istotnym czynnikiem determinującym parametry piany jest także rodzaj zastosowanego gazu.

Słowa kluczowe: sojowy koncentrat białkowy, właściwości pianotwórcze, ekstruzja, hydroliza

Wprowadzenie

Do najważniejszych cech funkcjonalnych białek zalicza się m.in. ich właściwości pianotwórcze. Związane są one ze zdolnością do tworzenia przez białko silnie zwartych, ale elastycznych warstw filmów na granicy faz ciecz-gaz. Pienistość jest ważną cechą

wykorzystywaną w przemyśle spożywczym. Wiele, bowiem produktów przez niego wytwarzanych jest pianami. Szczególnie dotyczy to niektórych wyrobów cukierniczych oraz produktów otrzymywanych z koncentratów spożywczych. Właściwa piana często również determinuje akceptację przez konsumentów takich wyrobów jak: napoje bezalkoholowe i piwo. Czasami jednak zbyt obfite pienienie może stwarzać problemy technologiczne.

W skali światowej jednym z najpowszechniej stosowanych żywnościowych surowców białkowych jest soja. Białka tej rośliny cenione są nie tylko dzięki wysokiej wartości odżywczej, ale także z powodu dobrych właściwości funkcjonalnych, które jednak podczas odtłuszczenia nasion mogą ulegać znacznemu pogorszeniu. Dlatego technolodzy żywności chętnie stosują metody mające na celu modyfikowanie właściwości funkcjonalnych sojowych preparatów białkowych takich jak mąki, koncentraty czy izolaty. Często stosowanymi sposobami takiej modyfikacji jest ekstruzja oraz hydroliza. Pierwsza z tych metod polega na termoplastycznym upostaciowianiu surowców białkowych w warunkach działania wysokiej temperatury, ciśnienia oraz sił ścinających, co prowadzi do daleko idących przemian strukturalnych [Surówka, 1991]. Z kolei proces hydrolizy może być prowadzony sposobem chemicznym, w środowisku kwaśnym bądź zasadowym, albo też metodami enzymatycznymi przy zastosowaniu proteaz. Ekstruzja z uwagi na to, że odbywa się w wysokiej temperaturze denaturuje białka sojowe, czego rezultatem jest zwykle spadek rozpuszczalności i ograniczenie właściwości pianotwórczych. Natomiast hydroliza, o ile prowadzi się ją w warunkach kontrolowanych, może spowodować poprawę tych właściwości [Surówka i in., 2004]. Zatem w gotowym wyrobie nie tylko ilość, ale także rodzaj i wynikający z tego skład chemiczny oraz struktura protein mają istotne znaczenie dla właściwości funkcjonalnych.

Celem tej pracy było zbadanie wpływu stopnia przetworzenia sojowego koncentratu białkowego (SPC) na jego właściwości pianotwórcze i porównanie ich z pianami uzyskanymi z roztworów albuminy wołowej.

Nieodłącznym elementem piany jest również gaz stanowiący fazę rozproszoną zainkuluowaną w ciągłej fazie ciekłej. Ze względu na duże zróżnicowanie właściwości fizycznych gazów, które mogą być stosowane do spieniania białek spożywczych, celowym wydaje się określenie w jakim stopniu różne gazy mogą okazać się przydatne do otrzymywania piany. Z tego względu badania objęły również próbę określenia efektu wywieranego przez różne gazy na charakterystykę pianotwórczą roztworów SPC o różnym stopniu przetworzenia. Przyjęto, bowiem założenie, że właściwości fizyczne gazów mogą mieć wpływ na tworzenie się i trwałość pian.

Material i metody badań

Material

Produktami białkowymi, które posłużyły do badań były: sojowy koncentrat białkowy (SPC) otrzymany metodą ługowania w pH 4,5 mąki sojowej Nutrisoy 7B (ADM, Decatur, IL, USA) [Surówka, 1997], ekstrudowany sojowy koncentrat białkowy (ExSPC) i hydrolizaty powyższych preparatów (SPC_PX i ExSPC_PX) otrzymane zgodnie z procedurą opisaną przez Żmudzińskiego i in. [2003] stosując jako enzym proteolityczny Protamex (NovoNordisk). Dodatkowo jako materiał porównawczy zastosowano handlowy preparat albuminy wołowej. Do spieniania roztworów białkowych zastosowano argon (Ar), azot (N₂), dwutlenek węgla, (CO₂) i powietrze (Pow), które przetrzymywano w butlach.

Metody badań

Zawartość białka w stosowanych preparatach oznaczano metodą Kjeldahla. Wykorzystano do tego celu aparat do spalania (BÜCHI Digestion Unit K-435) i aparat destylacyjny (BÜCHI Distillation Unit B-324). Do przeliczenia azotu na białko zastosowano przelicznik 6,25. Współczynnik rozpuszczalności substancji azotowych (NSI) oznaczano metodą AACCC [1968].

Właściwości pianotwórcze badano stosując roztwory/zawiesiny o stężeniach 0,5%, 1%, 2% i 4% ze względu na białko, które przygotowano na ok. 1 godzinę przed pomiarem. Procedurę pomiarową realizowano przy zastosowaniu metodyki i zestawu opisanego szczegółowo wcześniej [Surówka i in., 2003]. Składał się on z butli z gazem, reduktora, rotametri, oraz wyskalowanego do 1 litra pojemnika na pianę wyposażonego w zawór odciągający ciecz oraz otwór odpowietrzający. Wyznaczono wydajność tworzenia piany (FC), stopień jej wypełnienia (FO) i stabilność (LD₅). FC wyrażano w procentach jako stosunek rzeczywistej objętości gazu w uzyskanej pianie do jego objętości zużytej do jej wytworzenia, z kolei FO wyliczano jako iloraz objętości fazy gazowej do objętości fazy ciekłej w pianie, a LD₅ to przeliczony na procenty stosunek objętości fazy ciekłej uwolnionej po 5 minutach z piany do objętości cieczy zawartej w pianie tuż po zakończeniu aeracji.

Wyniki i ich dyskusja

W tabeli 1. przedstawiono procentową zawartość białka w preparatach sojowego koncentratu białkowego o różnym stopniu przetworzenia zastosowanych w niniejszych badaniach oraz wyznaczony dla nich współczynnik rozpuszczalności substancji azotowych (NSI).

Tabela 1. Zawartość białka ogółem (N×6,25) i współczynniki rozpuszczalności substancji azotowych (NSI) sojowego koncentratu białkowego oraz otrzymanych z niego ekstrudatów i hydrolizatów użytych do wytwarzania pian.

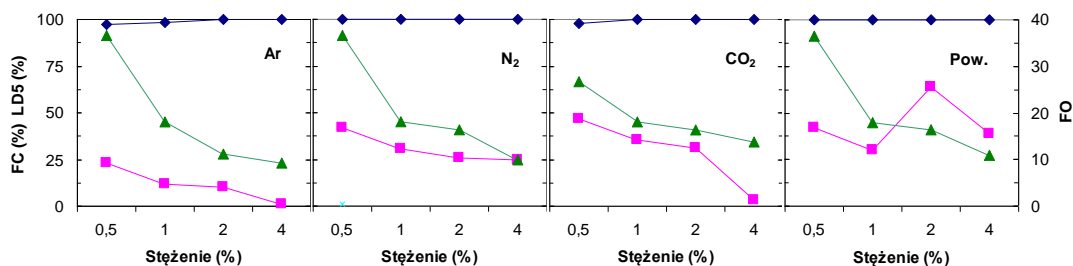
Preparat	SPC	ExSPC	SPC_PX	ExSPC_PX
Białko (%)	72,1	71,3	73,5	72,2
NSI (%)	75,7	9,0	88,9	58,4

Widać, że te badane produkty sojowe zbliżone są pod względem zawartości białka, ale znacznie różnią się stopniem jego denaturacji reprezentowanym przez NSI. Dodatkowo w hydrolizatach (SPC_PX i ExSPC_PX) część białka przekształcona została w peptydy [Żmudziński i in., 2003].

Zastosowane w badaniach gazy różnią się budową chemiczną, reaktywnością oraz właściwościami fizycznymi. Najlepiej rozpuszczalnym w wodzie jest dwutlenek węgla CO₂, (2000 mg/l), następnie argon (61 mg/l), powietrze (ok. 30 mg/l) a najslabiej azot (20 mg/l) [Praca zbiorowa, 1974].

Na rysunku 1 przedstawiono krzywe wydajności pienienia (FC), stopnia wypełnienia piany (FO) i jej stabilności (LD₅) dla roztworów sojowego koncentratu białkowego. Koncentrat ten charakteryzuje się niskim stopniem zdenaturowania białka o czym świadczy relatywnie wysoka wartość współczynnika rozpuszczalności substancji azotowych (NSI) (zob. Tab. 1). Ma to wpływ na parametry uzyskiwanych pian. Wydajności tworzenia piany (FC) osiągnęły wartości maksymalne w przypadku roztworów o wszystkich analizowanych stężeniach gdy do spieniania użyto powietrza i azotu, a gdy zastosowano pozostałe dwa gazy to jedynie przy najmniejszych stężeniach były one nieznacznie mniejsze. Parametr FC informuje o tym jaka część gazu zużytego do wytworzenia piany pozostaje w niej. Bardziej zróżnicowany przebieg krzywych odnotowano w przypadku stopnia wypełnienia piany (FO) i jej stabilności (LD₅). Pierwszy z tych parametrów obrazuje charakterystykę struktury piany, im jest ona bardziej drobnoporowata i o mocnych ściankach tym przyjmuje on mniejszą wartość. Podobnie LD₅ jest mniejszy dla pian bardziej trwałych. Odpowiada on tej ilości cieczy zawartej w pianie, która wydzieliła się z niej w ciągu 5 minut w stosunku do całej cieczy będącej w pianie tuż po zakończeniu przepuszczania gazu. Przy 4% stężeniu SPC argon okazał się najlepszym gazem, stabilność piany z jego udziałem była bardzo wysoka, podobnie w przypadku CO₂. Nieco gorzej kształtowały się te wskaźniki dla powietrza i azotu. Krzywa stopnia wypełnienia piany (FO) miała podobny kształt dla argonu, azotu i powietrza. Odbiegała od niego tylko krzywa, dla CO₂, zwłaszcza przy 0,5% stężeniu, kiedy to wartość FO była korzystnie mniejsza. Z danych umieszczonych na rysunku 1. widać, iż roztwory sojowego koncentratu białkowego (SPC) mają dobre właściwości aeracyjne, a piana z nich uzyskana może być trwała i drobnoporowata o mocnych wytrzymałych ściankach, szczególnie wówczas gdy zastosuje się większe stężenia.

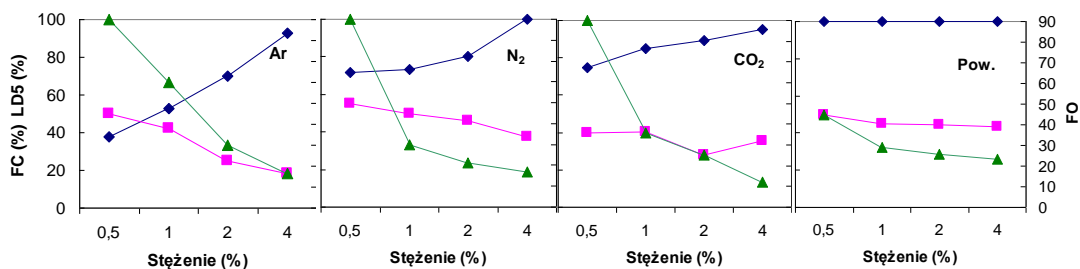
Yasumatsu i in. [1972], w swoich badaniach nad koncentratem i izolatem białkowym, gorsze właściwości pianotwórcze koncentratu tłumaczyli słabszą jego rozpuszczalnością. Rozpuszczalność, bowiem jest cechą funkcjonalną decydującą niejednokrotnie o innych właściwościach białek [Cheftel i in., 1985].



Rysunek 1. Charakterystyka piany uzyskanej z roztworów sojowego koncentratu białkowego SPC o różnych stężeniach przy zastosowaniu argonu (Ar), azotu (N₂), dwutlenku węgla (CO₂) i powietrza (Pow).

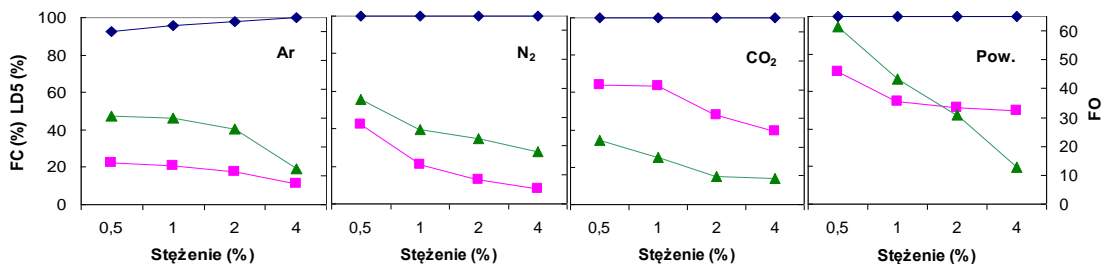
Oznaczenia: —●— FC - wydajność tworzenia piany, —■— LD₅-stabilność piany, —▲— FO - stopień wypełnienia piany

Bardzo znaczący wpływ na właściwości pianotwórcze ma proces ekstruzji. W niniejszej pracy przeanalizowano to na przykładzie ekstrudowanego koncentratu białkowego (ExSPC) (Rys. 2). Jedyne spienianie powietrzem pozwala, przy wszystkich badanych stężeniach, uzyskać stałą maksymalną wartość FC = 100%, natomiast, przy użyciu pozostałych gazów wartości te, za wyjątkiem stężenia 4%, są znacznie niższe. Również stabilność (LD₅) i stopień wypełnienia piany (FO) są gorsze niż dla odpowiednich roztworów SPC. Są one także zróżnicowane w zależności od stosowanego gazu.

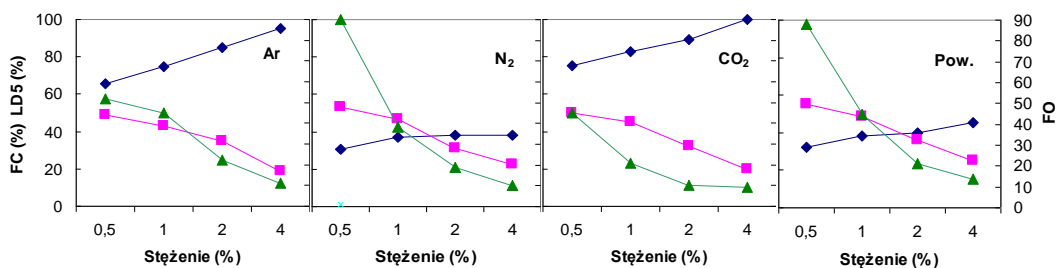


Rysunek 2. Charakterystyka piany uzyskanej z roztworów ekstrudowanego koncentratu białkowego ExSPC o różnych stężeniach przy zastosowaniu argonu (Ar), azotu (N₂), dwutlenku węgla (CO₂) i powietrza (Pow).

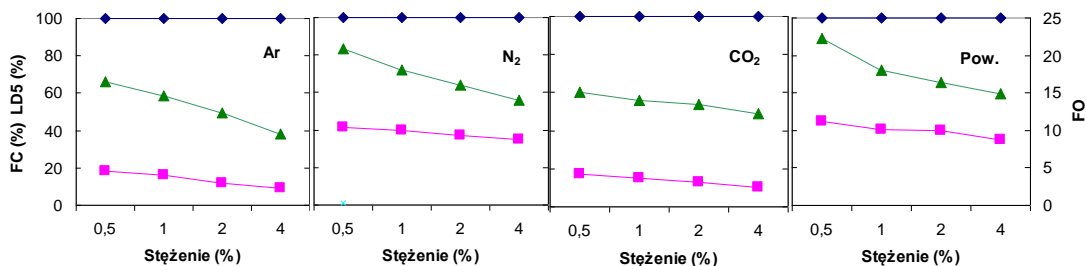
Oznaczenia: —●— FC - wydajność tworzenia piany, —■— LD₅-stabilność piany, —▲— FO - stopień wypełnienia piany



Rysunek 3. Charakterystyka piany uzyskanej z roztworów hydrolizatu białkowego koncentratu nieekstrudowanego (SPC_Px) o różnych stężeniach przy zastosowaniu argonu (Ar), azotu (N₂), dwutlenku węgla (CO₂) i powietrza (Pow). Oznaczenia: FC - wydajność tworzenia piany, — LD₅- stabilność piany, — FO- stopień wypełnienia piany



Rysunek 4. Charakterystyka piany uzyskanej z roztworów hydrolizatu białkowego koncentratu ekstrudowanego (ExSPC_Px) o różnych stężeniach przy zastosowaniu argonu (Ar), azotu (N₂), dwutlenku węgla (CO₂) i powietrza (Pow). Oznaczenia: FC – wydajność tworzenia piany, — LD₅ – stabilność piany, — FO – stopień wypełnienia piany.



Rysunek 5. Charakterystyka piany uzyskanej z roztworów albuminy wołowej o różnych stężeniach przy zastosowaniu argonu (Ar), azotu (N₂), dwutlenku węgla (CO₂) i powietrza (Pow). Oznaczenia: FC – wydajność tworzenia piany, — LD₅ – stabilność piany, — FO – wypełnienia piany

Najbardziej stabilną pianę dało zastosowanie argonu i 4% zawiesiny ExSPC. Z kolei najmniejszą wartość FO stwierdzono również przy tym stężeniu, ale wówczas gdy do spieniania użyto CO₂. W niniejszej pracy potwierdzono wyniki badań porównawczych właściwości pianotwórczych maki sojowej przed i po ekstruzji, które również wykazywały znaczące pogorszenie się tych cech [Surówka i in., 2015]. Ekstruzja

bowiem, jako metoda termoplastycznego upostaciowania białek roślinnych, mocno ingeruje w 2°, 3° i 4 rzędową strukturę protein. W przypadku nasion soi są to głównie frakcje 7S (konglicynina) i 11S (glicynina) [Wolf, 1977]. Temperatura i entalpia ich denaturacji silnie zależą od wilgotności, ale zawsze konglicynina denaturuje w niższej temperaturze niż frakcja 11S [Surówka, 1997].

Hydrolizat otrzymany z SPC z udziałem Protamexu (SPC_Px), był następnym produktem, którego roztwory badano w tej pracy (Rys. 3). Wydajność tworzenia piany osiągała w nim 100% niezależnie od stężenia w przypadku zastosowania N₂, CO₂ i powietrza. Jedyne Ar okazał się nieco gorszym gazem spieniającym, ale tylko przy niższych z badanych tu stężeń hydrolizatu. Wraz z ich wzrostem, stopień wypełnienia piany (FO) oraz jej stabilność (LD₅) ulegały poprawie tak, że najbardziej pożądaną charakterystykę miała piana uzyskana z 4-procentowego roztworu spieniona argonem. Ogólnie właściwości pianotwórcze omawianego hydrolizatu są dobre, pomimo to, że jest to produkt hydrolizy. Uzyskany wynik potwierdza regułę, że hydroliza enzymatyczna o ile nie jest nadmiernie zaawansowana poprawia właściwości funkcjonalne białek.

Przeanalizowano także hydrolizat koncentratu poddanego uprzednio ekstruzji (ExSPC_Px) (Rys.4). W porównaniu z pianami wytworzonymi z ExSPC parametr FC uległ poprawie tylko wówczas gdy zawieszinę spieniano argonem, w pozostałych przypadkach albo nie zmienił się (CO₂) lub nawet się pogorszył (N₂ i powietrze). Piany z ExSPC_Px wykazywały jednak na ogół nieznacznie lepszą strukturę oraz stabilność, szczególnie przy najwyższym stężeniu hydrolizatu. Hydroliza poprzez zwiększenie rozpuszczalności ułatwia osiąganie przez molekuly wchodzące w skład hydrolizatu powierzchni międzyfazowej gaz/woda. Jednak gdy stopień hydrolizy jest zbyt duży, to wówczas spada lepkość i zaadsorbowany film białkowy jest zbyt cienki aby zapewnić wymaganą stabilność piany [Martinez i in., 2009].

Podsumowanie

Jakkolwiek wszystkie z parametrów charakteryzujących właściwości pianotwórcze i otrzymane piany zastosowane w tej pracy mają istotne znaczenie, to jednak wydaje się, że najważniejsza jest wydajność tworzenia piany (FC). Gdy jest ona zbyt niska, to pianę jest trudno wytworzyć i pomimo to, że może ona mieć pożądaną strukturę i trwałość (niskie wartości FO i LD₅), to jednak preparat białkowy z którego udziałem powstaje nie może być uznany za dobry środek spieniający. Z porównania właściwości aeracyjnych sojowych produktów białkowych z charakterystyką pianotwórczą roztworów albuminy wołowej (Rys.5) widać wyraźnie, że jedynie SPC oraz otrzymany z niego hydrolizat (SPC_Px) osiąga tak jak albumina najwyższe wartości FC. Pozostałe dwa parametry (FO i LD₅) są bardziej zróżnicowane i silnie zależą od stężenia.

Proces denaturacji cieplnej zachodzący podczas ekstruzji koncentratu pogarsza większość właściwości pian, ale limitowana proteoliza może niektóre z nich nieco poprawić. Na wyznaczone w tej pracy parametry charakteryzujące wydajność pienienia oraz strukturę i stabilność pian oprócz rodzaju preparatu białkowego wpływa również jego stężenie oraz rodzaj gazu zastosowanego do spienienia.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

1. AACC. Nitrogen Solubility Index (NSI). Method 46-23. The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, 1968.
2. Cheftel J.C., Cuq J.-L., Lorient D. Amino acids, peptides and proteins. In: Food Chemistry. O.R. Fennema (red). Marcel Dekker Inc., N. York, Basel, 245-369, 1985.
3. Martinez K.D., Sanchez C.C., Rodriguez J.M.P., Pilosof A.M.R. Interfacial and foaming properties of soy protein and their hydrolysates, Food Hydrocolloids, 2009, 23, 2149-2157.
4. Praca zbiorowa. Poradnik fizykochemiczny. WNT, Warszawa 1974.
5. Surówka K. Wybrane aspekty zastosowania ekstruzji w przemyśle spożywczym. Przemysł Spożywczy, 1991, 46, (9), 220-222.
6. Surówka K. Wpływ składników maki sojowej na właściwości fizykochemiczne spożywczych preparatów białkowych z soi. Rozprawy 232. Wyd. AR w Krakowie, Kraków, 1997.
7. Surówka K., Żmudziński D., Surówka J. Application of simple laboratory techniques to assessment of functional properties of soy protein hydrolysates. Laboralim, Banska Bystrica, 2003, 319-323.
8. Surówka K., Żmudziński D., Surówka J. Enzymic modification of extruded soy protein concentrates as a method of obtaining new functional food components. Trends in Food Science and Technology, 2004, 15, 153-160.
9. Surówka K., Staruch L., Banaś J., Witek M., Maciejaszek M., Majcherczyk J., Faron K. Influence of processing and gas used for foaming properties of soy protein preparations. Labolarim, Bratislava, 2015, 313-321.
10. Wolf W.J. Physical and chemical properties of soybean proteins. J. Am. Oil. Chem. Soc. 1977, 54, 112A-117A.
11. Yasumatsu K., Sawada K., Moritaka S., Misaki M., Toda J., Wada T., Ishii K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. Agric. Biol. Chem., 1972, 36, 719-724.
12. Żmudziński D., Łasocha W., Surówka K. The effect of enzymatic hydrolysis of extruded soy protein concentrate on its physicochemical and functional properties. Pol. J. Food Nutr. Sci. 2003, 12/53, S2, 163-170.

MODIFICATION OF FOAMING PROPERTIES OF SOY PROTEIN CONCENTRATE

The effect of extrusion and hydrolysis processes for the foaming properties of soy protein concentrate has been analyzed. The results were compared with the foaming characteristics of bovine serum albumin. Three parameters characterizing the functional properties of the protein products aeration have been determined: foaming capacity (FC), foam overrun (FO) and foam stability (LD₅). Argon, nitrogen, air and carbon dioxide were used to foam 0.5, 1, 2, and 4% solutions and suspensions of soy protein concentrate, its extrudate and hydrolysates. It has been shown that better foaming properties (similar to those of bovine serum albumin) has a soybean product

with a minimum degree of processing, thus soy protein concentrate. In turn, the extrusion clearly worsen these abilities. Enzymatic hydrolysis may in certain circumstances improve them. With increasing protein concentration in solution improves in general foaming capacity (FC) foam overrun (FO) and foam stability (LD₅) of obtained foams. An important factor in determining the parameters of the foam is the type of gas used.

Keywords: soy protein concentrate, foaming properties, extrusion, hydrolysis

THE BENEFITS OF PROBIOTIC *LACTOBACILLUS PARACASEI* LPC-37 IN FERMENTED SAUSAGES

Abstract

The objective of this study was to evaluate the survival rate of a little-studied, probiotic culture *Lactobacillus paracasei* LPC-37 in fermented sausages, examine its influence on the oxidation stability of the product, determine the dynamics of organic acids creation, evaluate the content and composition of fatty acids and analyse the overall acceptability of the product by sensory analysis of raw-fermented sausages. The analyses were carried out during ripening (3 weeks) and storage (4 weeks) of the sausages. The results were compared with the same parameters determined by the analyses of fermented sausages with a starter culture only (Lyocarni RBL-73). The outcomes presented in this work are original and can be used as a ground for further research of *L. paracasei* LPC-37 and another probiotic cultures in the production of fermented sausages.

Keywords: *Lactobacillus paracasei* LPC-37, probiotic, fermented sausages, ripening, storage

Introduction

Dry fermented sausages rank among non-heat-treated meat products. The sausage matrix, with absence of the heat treatment during or after the processing and possible storage up to 24°C represent an optimal conditions for carriage and growth of probiotic microorganisms. Moreover, a higher fat content of these ready-to-eat meat products can protect the survival of probiotics passage through the gastrointestinal tract.

Probiotic microorganisms have a potential to bring some technological benefits into the processing of fermented sausages. These benefits represent a higher creation of lactic acid resulting in faster decrease of pH and water activity associated with inhibitory effect to the growth of the undesirable microflora. Other benefits can be: creation of antimicrobial bacteriocins, antioxidant activity, higher release of free amino acids from protein structures (changes in sensory properties) or possibility to change fatty acid profile.

The majority of probiotic cultures belongs to the group of lactic acid bacteria. Lactic acid bacteria (LAB) have been used for dry sausage manufacturing process for more than 60 years in order to ensure the safety and quality of the end product [Työppönen et al.,

2003]. The most widely used LAB in a production of fermented meat products are the following strains: *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sakei*, *Pediococcus acidilactici* and *Pediococcus pentosaceus* having qualified presumption of safety (QPS) [EFSA, 2007].

According to Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament, the EFSA expert group examined thousands of nutritional and health claims of which hundreds were related to probiotic cultures. As a result, there have been only a few claims that have been affirmed which affected also the meat industry. The rejection of health claims was based mainly on insufficient scientific evidence and missing characterization of the cultures. At present there is a great scientific challenge to increase the evidence by relevant studies of the beneficial effect of probiotics in consideration of the FAO/WHO [2002] guidelines.

Several research works that deal with the use of probiotic cultures in fermented meat products have been made as a direct or indirect response to this challenge. Interesting results in previous years were obtained using lactic acid bacteria isolated from human faeces. According to Rubio et al. [2014a], total of 10^9 CFU/g of lactic acid bacteria were isolated. *Lactobacillus casei/paracasei* CTC1677, *Lactobacillus casei/paracasei* CTC1678 and *Lactobacillus rhamnosus* CTC1679 passed the process of selection and proved ability to grow in a fermented sausage environment. In another consecutive study by Rubio et al. [2014b], the ability of *Lactobacillus rhamnosus* CTC1679 to survive the passage through the human gastrointestinal tract (GIT) during the consumption of the sausages at high levels (10^8 CFU/g) was scientifically proved. The strain was found as the most suitable potential probiotic lactobacilli isolated from faeces to be used in fermented sausages without negative impact on the characteristic sensory properties of the product [Rubio et al., 2014c].

Some of the latest and promising results were obtained also with use of *Lactobacillus sakei* C2 which was able to control the harmful microorganisms, decrease the content of malondialdehyde and nitrate, increase the colour values (lightness and redness) and absorbance, and improve the flavour and overall acceptability of the sausages [Gao et al., 2014]. The study by Trzaskowska et al. [2014], dealt with the use of *L. casei* LOCK 0900 in raw-fermented sausages. *L. casei* LOCK 0900 showed inhibitory activity of undesirable microorganisms that led to microbial stability of all products during 6 month storage under refrigeration. Positively affected were also some of the sensory properties (juiciness, firmness, odour and flavour).

Probiotic potential of *Lactobacillus paracasei* LPC-37

Lactobacillus paracasei LPC-37 is a gram-positive, non-spore forming, homofermentative rod [Trautvetter et al., 2012].

L. paracasei LPC-37 has been the subject of several research works focused mainly on its probiotic potential. In 2007, Roessler et al., conducted a study in healthy adults and patients with atopic dermatitis to overlook the influence of a probiotic drink containing a combination of the probiotics *Lactobacillus paracasei* LPC-37 (3.9×10^8 CFU/g), *Lactobacillus acidophilus* 74-2 and *Bifidobacterium lactis* 420, on clinical and immunological parameters. As a result, the symptoms were described as “allayed” [Roessler et al., 2007]. *L. paracasei* LPC-37 was able to colonize transiently the intestine and was found in high numbers in faeces.

The study of Ouwehand et al. [2014], showed that *Lactobacillus paracasei* LPC-37 in combination with *Bifidobacterium bifidum* Bb-02, *Bifidobacterium lactis* BI-04, *Bifidobacterium lactis* Bi-07 and *Lactobacillus acidophilus* NCFM (1.70×10^{10} CFU/g) minimized the disruption of faecal microbiota of healthy subjects undergoing antibiotic therapy. The incidence of antibiotic associated diarrhoea decreased from 24.6 to 12.5% and significant reduction of abdominal pain and bloating was noticed.

The study of Paineau et al. [2008], indicates that *L. paracasei* LPC-37 (1×10^{10} CFU) and several other probiotic strains may modulate immune responses of human organism (tested with oral vaccination).

Material and methods

Sample preparation

The first group of samples was prepared by using a standard lyophilized starter culture (Lyocarni RBL-73 produced by the Sacco company, Italy) consisting of *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosus*, and *Lactobacillus curvatus*. The second group of samples was prepared by using the combination of a standard lyophilized starter culture (Lyocarni RBL-73) and probiotic *Lactobacillus paracasei* LPC-37 (produced by Danisco). The samples were made from beef, pork meat, bacon, antioxidant, sodium nitrate and flavouring substances. The processes of grinding, chopping, mixing and 3 weeks of ripening (16-23°C, relative humidity: 28-30%) were carried out in a meat processing plant. The samples were collected over a period of one week (7 days) during the ripening process (3 weeks) and during the cool (4°C) storage (4 weeks).

Microbial analyses

Detection of lactic acid bacteria

Microbial analysis was carried out according to ISO Standard 15214 – horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – colony-count technique at 30°C.

Detection of Listeria

Microbial analysis was made according to ISO Standard 11290-2 – horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes*.

Detection of Salmonella

Microbial analysis was made according to ISO Standard 6579 – horizontal method for the detection of *Salmonella*, including *Salmonella typhi* and *Salmonella paratyphi*.

Extraction of the samples for isotachophoresis (ITP)

5 g of sample was homogenized in a grinder (3 minutes at 6000 rpm) to obtain a homogeneous mixture. Afterwards, homogeneous sample was extracted with 50 ml of hot (80°C) deionized water, stirred for 2 minutes and tempered 1 hour at 80°C. The supernatant was cooled to room temperature and filtered by **Filtrak 388 ø** filter paper. The filtrate was amended to volume of 50 ml by deionized water. 1 ml of the solution was transferred into 10 ml of volumetric flask and amended by deionized water. The final supernatant was transferred into reagent tubes which have been frozen afterwards [Pereira et al., 2012].

The conditions of ITP analyses

The samples were slowly defrosted and filtered by 0.45 µm microfilter prior to injection of the samples. Measurement was realised by an Isotachophoretic analyser EA102 (Villa Labeco, Spišská Nová Ves) with conductivity detector. Leading electrolyte (LE): 10 mM HCL + ε-aminocaproic acid + 0.1 % methylhydroxyethylcellulose. Terminating electrolyte (TE): 5×10^{-3} M caproic acid.

Standards for lactic acid: solutions of lithium lactate at levels 2, 6 and 10×10^{-4} mol/dm³.

Standards for acetic acid: solutions of sodium acetate at levels 2, 6 and 10×10^{-4} mol/dm³.

Selectivity: The standard solutions of acids were measured and it was found that the relative step height value (RSH) for analysed acids did not change.

Determination of the oxidative stability

The oxidative stability of the investigated sausage samples was determined by the Rancimat test (AOCS Official Method Cd 12b- 92 1993) performed on a 743 Rancimat apparatus (Methrom, Herisau, Switzerland) using 3 g of the sample. All samples were studied at three temperatures (80, 100, and 120°C), under a constant air flow (20 L/h). There was also made a prediction of the oxidative stability at 20°C.

The determination was based on the conductometric detection of volatile acids. The results were expressed as the induction period (IP) in hours. The induction times were printed automatically by apparatus software with the accuracy of 0.005.

Sensory analysis

The sensory evaluation was performed by 9 panelists made up of males and females, selected from the Department of Food Science and Technology. The consistency, colour and appearance on cut, aroma, and taste were evaluated by hedonic test. The intensity of following taste descriptors was also described by hedonic test: meaty, salty, spicy, sour and smoked taste.

Results and discussion

The results of the microbial analyses are presented in Fig. 1. Overall, the population of lactic acid bacteria increased throughout fermentation from 10^5 CFU/g to more than 10^7 CFU/g in sausages with *L. paracasei* LPC-37 and the population of lactic acid bacteria in sausages with starter culture increased from 10^4 CFU/g to more than 10^6 CFU/g. This suggest that lactic acid bacteria grew rapidly but the *L. paracasei* LPC-37 did not meet the expectations of more dynamic growth in the medium. According to Grajek et al. [2005], at least 10^6 CFU/g viable cells of probiotics must reach the intestine for potential health benefits of the product. Due to the fact that the detected counts of lactic acid bacteria at 10^7 CFU/g can not be fully attributed to the presence of probiotic *L. paracasei* LPC-37 in a product, but also to the presence of *L. curvatus* and some of the naturally presented LAB, the probiotic effect may not be possible.

The presence of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* was found negative during the time of ripening which confirmed controlled and safety processing.

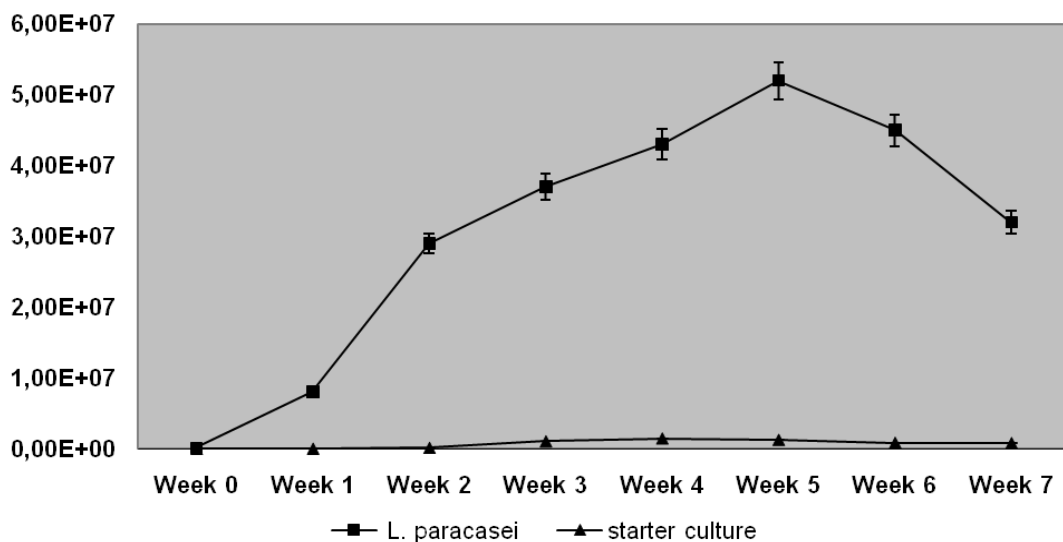


Figure 1. Survival rate of lactic acid bacteria in sausages with starter culture and *L. paracasei* LPC-37

The results for estimation of acetic and lactic acids with data for composition of fatty acids and their oxidative stability and detailed information of sensory analysis will be presented in separate paper.

Conclusion

The results of the study showed that the microbiological quality of the final products with addition of probiotic culture was very good (absence of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*), however, *Lactobacillus paracasei* LPC-37 did not meet the expectations of more dynamic growth and hence the probiotic effect in consumer was eventually not possible due to its insufficient counts in the final product.

Nevertheless, the *L. paracasei* showed some technological benefits during ripening and storage of fermented sausages. The higher concentration of created lactic acid and significant decrease of oxidation processes in sausages with *L. paracasei* LPC-37 were observed. The sensory analysis showed that the overall post-fermentation quality was positively correlated with the aroma and taste of fermented sausages and the intensity of two taste descriptors (meaty and sour) was higher than in sausages with starter culture only. The composition of fatty acids in sausages were not affected by the addition of *L. paracasei* LPC-37 (neither the CLA presence).

References

1. AOCS Official Method Cd12b-92, 1993: Oil stability index. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign.
2. EFSA. 2007. Introduction of a Qualified Presumption of Safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA Opinion of the Scientific Committee (Question No EFSA-Q-2005-293) Adopted on 19 November 2007. In The EFSA Journal 2007 [online]. 2012. Available at: www.efsa.europa.eu
3. FAO/WHO. 2002. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. In Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food London Ontario, Canada April 30 and May 1, 2002 [online]. 2002. Available at: <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf>
4. Folch J., Lees M., Stanley G.H.S. A simple method for the insolation and purification of total lipides from animal tissues. The Journal of Biological Chemistry, 1957, 226, 497-509.
5. Gao Y., Li D., Liu X. Bacteriocin-producing *Lactobacillus sakei* C2 as starter culture in fermented sausages. Food Control, 2014, 35, 1-6.
6. ISO Standard 15214: 1998. Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria. Colony count technique at 30°C (Sterilized by autoclaving at 121°C for 15').
7. ISO Standard 11290-2: 1998. Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes*.
8. ISO Standard 2917: 1999. Meat and meat Products - Measurement of pH – Reference method.
9. ISO Standard 3960: 2007. Animal and vegetable fats and oils – Determination of peroxide value – Iodometric (visual) endpoint determination.
10. ISO Standard 6579: 2002. Horizontal method for the detection of *Salmonella*, including *Salmonella typhi* and *Salmonella paratyphi*.
11. IUPAC 2.302., 1992: Gas-liquid chromatography of fatty acid methyl esters. Method 2.302 In: Standard Methods of Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 7th Ed. International Union of Pure and Applied Chemistry. Oxford, GB: Blackwell Scientific.

12. Ouwehand A.C., Lian C.D., Weijian X., Stewart M., Ni J., Stewart T., Miller L.E. Probiotics Reduce Symptoms of Antibiotic Use in a Hospital Setting: A Randomized Dose Response Study. *Vaccine*, 2014, 32, 4458-4463.
13. Paineau D., Carcano D., Leyer G., Darquy S., Alyanakian M.-A., Simoneau G., Bergmann J.-F., Brassart D., Bornet F., Ouwehand A.C. Effects of seven potential probiotic strains on specific immune responses in healthy adults: a double-blind, randomized, controlled trial. *FEMS Immunology And Medical Microbiology*, 2008, 53, 107-113.
14. Pereira E.A., Petrucci J.F.S., Cardoso A.A. Determination of Nitrite and Nitrate in Brazilian Meats Using High Shear Homogenization. *Food Analytical Methods*, 2012, 5, 637-642.
15. Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on Nutrition and Health Claims Made on Foods.
16. Roessler A. (nee Klein), Friedrich U., Vogelsang H., Bauer A., Kaatz M. Hipler U.C., Schmidt I., Jahreis G. The immune system in healthy adults and patients with atopic dermatitis seems to be affected differently by a probiotic intervention. *Clinical and Experimental Allergy*, 2000, 38, 93-102.
17. Rubio R., Jofré A., Martín B., Aymerich T., Garriga M. Characterization of lactic acid bacteria isolated from infant faeces as potential probiotic starter cultures for fermented sausages. *Food Microbiology*, 2014a, 38, 303-311.
18. Rubio R., Martín B., Aymerich T., Garriga M. The potential probiotic *Lactobacillus rhamnosus* CTC1679 survives the passage through the gastrointestinal tract and its use as starter culture results in safe nutritionally enhanced fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 2014b, 186, 55-60.
19. Rubio R., Jofré A., Aymerich T., Guàrdia M.D., Garriga M. Nutritionally enhanced fermented sausages as a vehicle for potential probiotic lactobacilli delivery. *Meat Science*, 2014c, 96, 937-942.
20. Trautvetter U., Ditscheid B., Kiehntopfl M., Jahreis G. A combination of calcium phosphate and probiotics beneficially influences intestinal lactobacilli and cholesterol metabolism in humans. *Clinical Nutrition*, 2012, 31, 230-237.
21. Trzaskowska M., Kołożyn-Krajewska D., Wójciak K., Dolatowski Z. Microbiological quality of raw-fermented sausages with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *Food Control*, 2014, 35, 184-191.
22. Työppönen S., Petäjä E., Mattila-Sandholm T. Bioprotectives and probiotics for dry sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 2003, 83, 233-244.

PALCZATKA CYTRYNOWA (*CYMBOPOGON CITRATUS* L.) JAKO SKŁADNIK NOWEJ ŻYWNOŚCI BIOAKTYWNEJ

Streszczenie

Trawa cytrynowa gatunku *Cymbopogon citratus* ma szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, ale także chemicznym i perfumeryjnym, z uwagi na charakterystyczny skład fitozwiązków. Związki znajdujące się w olejku lemongrasowym, pozyskanym z trawy cytrynowej m.in. mircen, geraniol, nerol czy cytral, oprócz charakterystycznego aromatu posiadają wiele korzystnych oddziaływań w układach biologicznych. Udowodniono pozytywne oddziaływanie trawy cytrynowej i jej składników bioaktywnych na układ pokarmowy i krwionośny, skórę oraz ogólne samopoczucie. Trawa cytrynowa, jako dodatek do żywności, może być szeroko stosowana w profilaktyce wielu chronicznych chorób niezakaźnych, m.in. miażdżycy, nadciśnienia tętniczego, a nawet nowotworów.

Specyfika i oryginalność sensoryczna olejku z trawy cytrynowej, jako dodatku do żywności, może być zaletą, jak również wadą, z uwagi na silny aromat. Celem pracy zatem była ocena możliwości zastosowania palczatki cytrynowej (*Cymbopogon citratus*), jako składnika o właściwościach prozdrowotnych, w wybranych wyrobach cukierniczych. Dodatek trawy cytrynowej użyto jako składnik recepturowy ciasta marchewkowego w postaci suchych sproszkowanych liści oraz ekstraktu wodnego. W ramach wykonywanej analizy profilowania sensorycznego oceniono wyróżniki jakościowe, takie jak barwa, zapach, smak i konsystencja oraz ogólna ocena jakościowa produktu. Otrzymane wyniki potwierdziły możliwość zastosowania dodatku trawy cytrynowej do wyrobów cukierniczych, do których należy również oceniane ciasto marchewkowe. Zastosowane dodatki trawy wpłynęły na smak i zapach ciasta, nie powodując tym samym zmiany konsystencji i barwy. Ciasta przygotowane z dodatkiem trawy cytrynowej były porównywalnie atrakcyjne dla oceniających w stosunku do ciast tradycyjnych.

Wprowadzenie

Trawa cytrynowa (palczatka cytrynowa) należy do traw z rodziny wiechlinowatych. Pochodzi z terenów południowo-wschodniej Azji (Wietnam, Kambodża, Birma, Laos, Tajlandia, Malesja i Indonezja). Obecnie uprawiana jest na terenach strefy międzyzwrotnikowej, czyli w klimacie najbardziej sprzyjającym

uprawie gatunku *Cymbopogon*. Rośnie w gęstych kępach sięgających około 1 m szerokości i około 3 metrów wysokości [Oboh i in., 2010; Abdurahman i in., 2013]. Według USDA National Nutrition Database trawa cytrynowa jest źródłem wielu mikroelementów, m.in. żelaza (100 g świeżej trawy cytrynowej pokrywa ok. 102% dziennego zapotrzebowania) oraz manganu (100 g świeżej trawy cytrynowej pokrywa ok. 228% dziennego zapotrzebowania), a także folianów i potasu, (100 g świeżej trawy cytrynowej pokrywa odpowiednio ok. 19 i 15% dziennego zapotrzebowania). Ponadto charakteryzuje się ona dużą zawartością żelaza [Hagvall i in., 2014; Tajidin, 2014]. Trawa cytrynowa zawiera liczne składniki biologicznie aktywne, takie jak polifenole czy związki rozpuszczalne w tłuszczach. Cennym preparatem pozyskiwanym z trawy cytrynowej jest olejek lemongrasowy. Olejek eteryczny pozyskiwany jest w wyniku ekstrakcji, zarówno z żywej jak i suszonej rośliny *Cymbopogon citratus*. Olejek w roślinie wytwarzany i akumulowany jest wewnątrz komórek olejkowych, które mogą być rozproszone w obrębie wszystkich organów w tkance miękkiszowej [Figueirinha i in., 2008; Kumar i in., 2013]. Związki znajdujące się w olejku lemongrasowym to m.in. mircen, geraniol, nerol oraz cytral. Ze względu na charakterystyczny cytrynowy aromat, olejek lemongrasowy bardzo szeroko wykorzystywany jest w przemyśle perfumeryjnym i kosmetycznym. Charakteryzuje się działaniem fungistatycznym, hamując rozwój grzybów, drożdżaków oraz pleśniaków, działaniem odkażającym oraz bakteriostatycznym [Nambiar i in., 2012]. W dotychczas przeprowadzonych badaniach potwierdzono wiele pozytywnych właściwości stosowania trawy cytrynowej w postaci zarówno olejku, ekstraktu oraz suchych i świeżych liści i bulw. Od wieków trawa cytrynowa jest wykorzystywana w kulturach Bliskiego Wschodu jako środek odkażający, przeciwbólowy i przeciwzapalny [Ganjewala, 2009]. Składniki aktywne, obecne w trawie cytrynowej, pomagają łagodzić problemy trawienne, takie jak niestrawność, zaparcia, biegunki, wzdęcia, skurcze i zapalenie błony śluzowej żołądka, zgagę oraz wymioty [Negrelle i in., 2007; Dagupen i in., 2011]. Wykazano, że trawa cytrynowa ma lepsze właściwości antyoksydacyjne w porównaniu z kolendrą, imbirem, pomidorem i czosnkiem, ale gorsze w porównaniu z kurkumą, kminkiem i curry [Figueirinha i in., 2008, Nambiar i in., 2012]. Liczne badania potwierdziły korzystne oddziaływanie trawy cytrynowej na organizm człowieka. Związki zawarte w trawie mają właściwości moczopędne, tonizujące oraz pobudzające i przeciwgorączkowe [Kumar i in., 2013]. Ponadto uważa się, że trawa korzystnie wpływa na trawienie, a w połączeniu z papryką łagodzi problemy menstruacyjne oraz nudności. Dobrze jest również znana i stosowana jako środek odstrasżający owady, przede wszystkim muchy i komary. Ekstrakty z trawy cytrynowej są szeroko wykorzystywane w przemyśle chemicznym i perfumeryjnym [Ress i in., 2003; Onawunmi i in., 2010;

Kumar i in., 2013]. Trawa cytrynowa jest szeroko wykorzystywana w kuchni azjatyckiej – Indonezji, Malezji, Sri Lance, a także w Indiach, gdzie znajduje szerokie zastosowanie w przygotowaniu dań pikantnych i mięsnych, dań z drobiu, owoców morza i warzywnych curry, a także w napojach, takich jak napary herbaciane. W kuchni wykorzystywane są różne formy trawy cytrynowej – zarówno w postaci świeżej – liście lub bulwa czy suszonej – suszone liście [Kumar i in., 2013]. Specyfika i oryginalność sensoryczna olejku z trawy cytrynowej, jako dodatku do żywności, może stanowić zaletę, jak również wadę, z uwagi na silny aromat. Celem pracy zatem była ocena możliwości zastosowania palczatki cytrynowej (*Cymbopogon citratus*), jako składnika o właściwościach prozdrowotnych, w wybranych wyrobach cukierniczych.

Materialy i metody

Material

Materiał do badań stanowiła trawa cytrynowa, pozyskana w postaci sadzonek w sklepie Flora Top FPH Combi. Uprawę prowadzono w warunkach domowych na potrzebę realizacji badań. Trawę ścinano i rozdrabniano na cząstki o długości 0,5-1,0 cm, a następnie suszono metodą konwekcyjną. W badaniach aplikacyjnych wykorzystano zmielony w młynku susz oraz ekstrakt wodny. Pozostałe składniki recepturowe, przetworzone (olej, mąka, cukier wanilinowy itp.) zostały zakupione w lokalnych sklepach detalicznych, z co najmniej trzymiesięcznym terminem przydatności do spożycia. Produkty świeże typu jaja, marchew miały przynajmniej tygodniowy termin przydatności do spożycia.

Przygotowanie ciast

Skład recepturowy ciast marchewkowych opracowano doświadczalnie w laboratorium, a próby do analiz przygotowano zgodnie z recepturą wymienioną w tabeli 1. Ciasto przygotowano w 4 wariantach zróżnicowanych pod względem ilości i rodzaju dodatku preparatów z trawy cytrynowej. Wariant K stanowił próbę kontrolną, wariant A próbę z dodatkiem 0,5% mielonego suszu, wariant B z 0,3% dodatkiem ekstraktu wodnego, natomiast w wariancie C użyto suszu z liści w ilości 0,5% oraz ekstraktu w ilości 0,3%. Trawa cytrynowa w obu formach została dodana na etapie ucierania ciasta.

Przygotowanie ciast i wypiek

Mąkę przesiano, dodano proszek do pieczenia, sodę oczyszczoną, cynamon oraz cukier waniliowy. Marchew umyto, obrano i starto na tarce o grubych oczkach. Mikserem utarto jajka z cukrem. Porcjami dozowano mąkę wymieszaną z proszkiem,

sodą, cukrem waniliowym oraz cynamonem i nadal ucierano. Na tym etapie dodano preparaty z trawy cytrynowej. Następnie dodano olej, startą marchew oraz nasiona słonecznika i delikatnie wymieszano. Na natłuszczoną blachę wylano ciasto i pieczono w temperaturze 200°C przez 40 minut. Po wyjęciu z piekarnika pozostawiono do ostygnięcia.

Tabela 1. Składniki ciasta marchewkowego w przeliczeniu na 100 g produktu

Składniki [g]	K	A	B	C
mąka pszenna	27,3	27,3	27,3	27,1
marchew	21,9	21,8	21,9	21,7
olej	13,7	13,6	13,7	13,6
jajka	13,1	13,0	13,0	13,0
cukier	20,5	20,3	20,3	20,3
proszek do pieczenia	0,5	0,5	0,5	0,5
soda oczyszczona	0,4	0,4	0,4	0,4
cynamon	0,5	0,5	0,5	0,5
cukier waniliowy	0,3	0,3	0,3	0,3
sól	0,1	0,1	0,1	0,1
nasiona słonecznika	1,6	1,6	1,6	1,6
trawa cytrynowa liście	-	0,5	-	0,5
trawa cytrynowa ekstrakt	-	-	0,3	0,3

Metody

Ocena profilowa

Ocenę sensoryczną ciasta marchewkowego, z dodatkiem trawy cytrynowej, przeprowadzono z wykorzystaniem metody ilościowej analizy opisowej. Ocenę i porównanie produktów wykonał przeszkolony zespół 15 osób o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej.

W ramach wykonywanej analizy oceniono wyróżniki jakościowe, takie jak: barwa, zapach, smak i konsystencja oraz ogólna ocena jakościowa produktu. Intensywność każdej oceny jakościowej określono przy pomocy strukturowanej 10-centymetrowej skali liniowej z odpowiednimi oznaczeniami brzegowymi. Uzyskane wyniki zastąpiono wartościami liczbowymi, wyrażonymi w punktach.

Próbki zakodowano i podano osobom oceniającym, zapewniając ich anonimowość, na białych bezwonnych naczyniach. Wszystkie próbki podano w jednakowej temperaturze (temperatura pokojowa), a wielkość próbki była dostosowana do oceny (zapewniająca możliwość kilkukrotnego próbowania produktu).

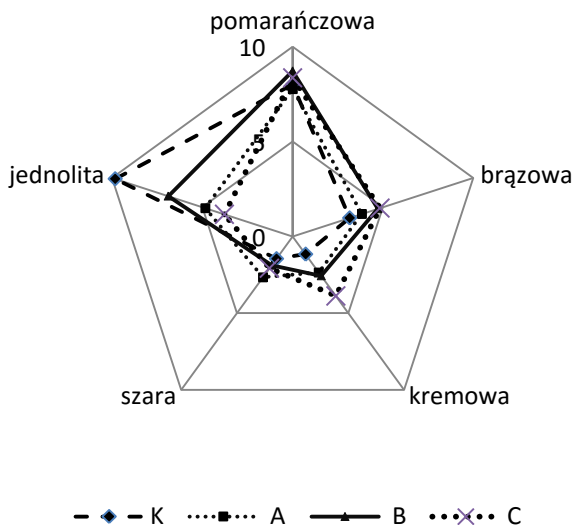
Ekstrakcja

Ekstrakcję jednokrotną wykonano, zalewając 10 g rozdrobnionych zielonych liści trawy cytrynowej 20 ml wody o temperaturze 90°C. Ekstrakcję prowadzono 20 minut

wg metodyki opisanej przez Kobus i Flaczyk [2007] z modyfikacjami. Do dalszych etapów badań wykorzystywano klarowny roztwór znad osadu, który przesączone i przechowywano do czasu analiz w warunkach chłodniczych bez dostępu światła.

Wyniki i dyskusja

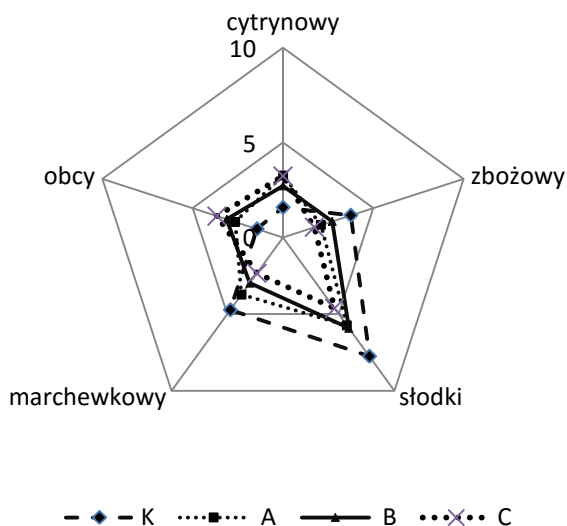
Na jakość żywności składają się jej wartość odżywcza, bezpieczeństwo zdrowotne, oraz cechy sensoryczne, które powinny być akceptowane przez odbiorców. W cukiernictwie kluczową rolę odgrywają dodatki, używane w celu uatrakcyjnienia ich aromatu, smaku, barwy i wyglądu. Zwykle cel ten można osiągnąć, stosując różnego rodzaju dodatki aromatyzujące typu olejki czy sztuczne aromaty. Jednak, jest też grupa produktów, np. kakao, cynamon czy wanilia, które swoją intensywnością aromatu pozwalają na uzyskanie charakterystycznych dla tych surowców właściwości. Dodatkowo tego typu dodatki mogą podnosić walory żywieniowe gotowych produktów, co może wynikać z ich składu. Jak już wcześniej wspomniano, trawa cytrynowa zawiera olejek lemongrasowy, który charakteryzuje się bardzo intensywnym aromatem cytrynowym, w związku z tym w niniejszej pracy zbadano jej wpływ na jakość sensoryczną doświadczalnych prób ciasta marchewkowego. Wyniki oceny metodą profilową barwy, zapachu, smaku, konsystencji oraz oceny ogólnej ciasta marchewkowego zamieszczono na rysunkach numer 1, 2, 3, 4 oraz 5.



Rysunek 1. Ocena profilowa barwy ciasta marchewkowego

Stwierdzono że barwa wszystkich wariantów ciast była podobna pod względem kolorystyki. Oceniający najczęściej definiowali kolor ciast jako pomarańczowy, na drugim miejscu wskazywany był kolor brązowy, dalej kremowy, a najrzadziej szary. Nie

stwierdzono istotnych różnic w intensywności wymienionych kolorów dla poszczególnych próbek ciast. W zakresie barwy prób ocenie poddano również jej jednolitość. Stwierdzono istotne różnice w zależności od dodatku. Najbardziej jednolitą barwę oceniający wskazali dla próby kontrolnej, natomiast najmniej jednolitą dla próby z dodatkiem ekstraktu oraz mielonych liści trawy cytrynowej.

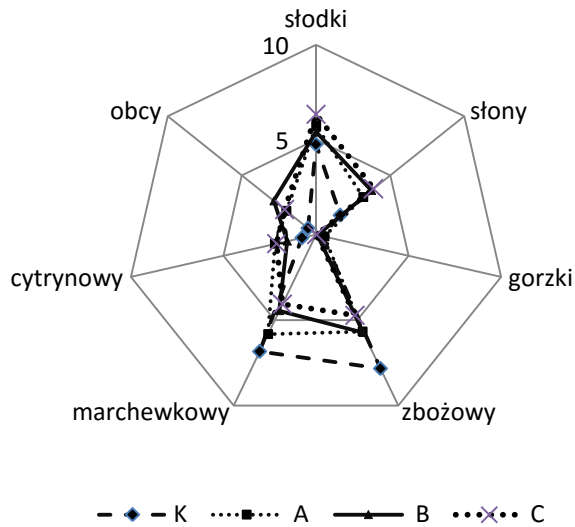


Rysunek 2. Ocena profilowa zapachu ciasta marchewkowego

Spośród badanych deskryptorów zapachu oceniający wskazali zapach słodki jako najbardziej dominujący, równocześnie najintensywniejszy w próbie kontrolnej, następnie malejący w próbie B, A i na końcu w próbie C. Jednocześnie próba C, do której dodano zarówno ekstrakt jak i liście palczatki, charakteryzowała się najintensywniejszym odczuciem zapachu cytrynowego i najmniej intensywnym zapachem marchewkowym oraz zbożowym. Można przypuszczać, że intensywność aromatu trawy cytrynowej uniemożliwiła odczucie pozostałych zapachów, a ponadto wpłynęła na odczucie zapachu obcego. Próba kontrolna cechowała się wysoce wyczuwalnym zapachem zbożowym, jak również marchewkowym.

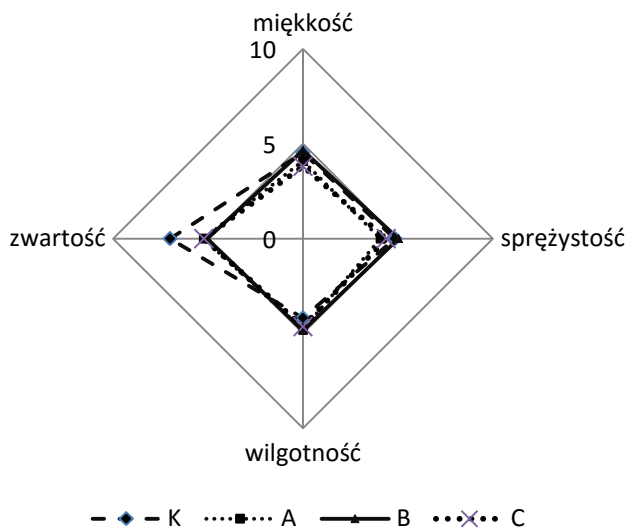
Smakowitość pieczywa cukierniczego wynika przede wszystkim z przemian węglowodanów oraz białek. Dodatkowo, zachodzące przemiany w tłuszczach mogą uzupełniać walory smakowitości ciast. Powstające związki w reakcji Mailarda oraz związki będące wynikiem karmelizacji cukrów wpływają na pożądalność konsumencką tej grupy produktów. Dodatki naturalne mogą również mieć wpływ na percepcje smakowitości. W pracy stwierdzono, że dodatek trawy cytrynowej nie wpłynął na odczucie smaku obcego. Próby z dodatkiem palczatki, podobnie jak w przypadku

zapachu, charakteryzowały się mniejszym odczuwaniem smaku marchewkowego i zbożowego, który natomiast był wyczuwalny w największym stopniu w próbie C, zawierającej obie formy trawy cytrynowej.



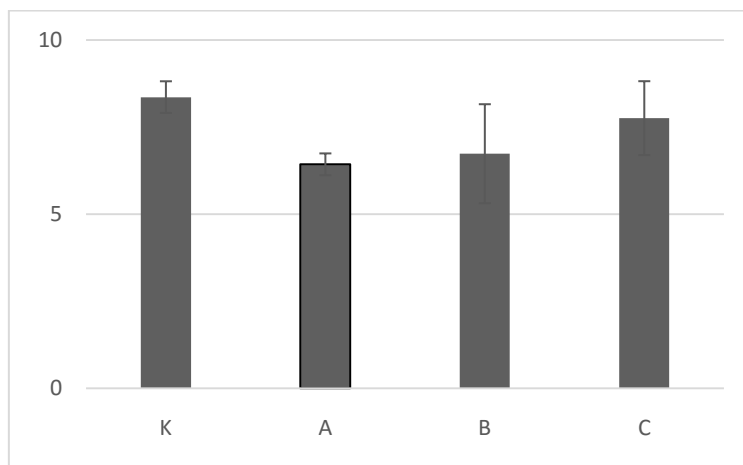
Rysunek 3. Ocena profilowa smaku ciasta marchewkowego

Ponadto stwierdzono, że trawa cytrynowa zwiększa percepcję smaku słonego, a ciasta z jej dodatkiem charakteryzują się smakiem cytrynowym, ocenionym na poziomie 2,2 w próbie A, 1,6 w próbie B i 2,1 w próbie C. Smak cytrynowy nie był jednak oceniany jako zdecydowanie mocniejszy w stosunku do próby kontrolnej, który oceniono na poziomie 0,7. W badanych próbach oceniający nie zidentyfikowali smaku gorzkiego, a smak obcy pojawił się w próbie B oraz C z dodatkiem palczatki.



Rysunek 4. Ocena profilowa konsystencji ciasta marchewkowego

W zakresie konsystencji nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między badanymi próbkami dla wszystkich badanych deskryptorów. Jednakże ciasto marchewkowe z dodatkiem palczatki w każdym badanym wariantcie było ocenione jako mniej zwarte.



Rysunek 5. Porównanie ogólnej oceny badanych próbek ciast

Ogólna pożądalność ciast została zobrazowana na rysunku 4. Wykazano, że do najbardziej pożądanym należały ciasta stanowiące próbę kontrolną oraz próbę C z dodatkiem ekstraktu i suszu liści trawy cytrynowej. Pozostałe próby A i B miały niższą ocenę ogólną, uzyskując w skali 10-stopniowej odpowiednio 6,4 oraz 6,7 punktów.

Porównując otrzymane wyniki przeprowadzonej analizy sensorycznej można stwierdzić, że ciasto marchewkowe jest produktem atrakcyjnym dla oceniających. Brak różnic w zakresie ogólnej pożądalności pomiędzy ciastem z dodatkiem trawy cytrynowej (C) a ciastem bez dodatku trawy cytrynowej wskazuje, że zaproponowana receptura może cieszyć się powodzeniem na rynku żywności prozdrowotnej.

Trawa cytrynowa, stosowana przede wszystkim w kuchni azjatyckiej, odpowiedzialna jest za specyficzny cytrynowy aromat produktów [Figueirinha i in., 2008; Naik i in., 2010; Shah i in., 2011]. Taki wyraźny efekt nie był do końca obserwowany w przygotowanych wyrobach cukierniczych – ciastach marchewkowych. Oceniający często odczuwali obcy smak i zapach. Brak znaczących różnic pomiędzy walorami sensorycznymi produktu z dodatkiem trawy cytrynowej, a produktem nie zawierającym trawy cytrynowej w swoim składzie wykazali Dagupen i in. [2009], przeprowadzając badania konsumenckie z udziałem 256 osób. Wykonano wówczas analizę preferencji herbaty z trawą cytrynową i wykazano, że oba produkty zostały ocenione bardzo podobnie. Oceniający potwierdzili brak znaczących różnic w kolorze, smaku i zapachu pomiędzy podanymi im dwoma naparami. Wnioskowano, że badane herbaty sprzedawałyby się równie dobrze na rynku. Inne badania dowodzą, że składniki bioaktywne, mające bardzo intensywny smak (który niekoniecznie musi być akceptowany przez konsumentów), należy maskować w standardowo spożywanych pokarmach – aby zapewnić spożywanie bioaktywnego składnika, mającego właściwości prozdrowotne. Pozwoli to na ekspansję zdrowych i propagowanych składników/dodatków i ułatwi ich wdrożenie w standardowej diecie danej grupy ludności/społeczeństwa [Promjeen i in., 2009].

Podsumowanie

1. Dodatek trawy cytrynowej w postaci suchych zmielonych liści oraz ekstraktu wodnego pozwala na otrzymanie atrakcyjnego sensorycznie ciasta marchewkowego. Trawa cytrynowa, użyta w składzie recepturowym ciasta marchewkowego, wpływa na odczucie smaku i zapachu gotowego produktu, w szczególności cytrynowego oraz obcego.
2. Wykazano że dodatek preparatów z trawy cytrynowej w nieznacznym stopniu wpływa na konsystencję oraz miękkość przygotowanych ciast. Barwa ciast po zastosowaniu trawy cytrynowej nie ulega zmianie. Zaobserwowano, że dodatek trawy cytrynowej w postaci mielonych liści wpływa na niejednorodność barwy.
3. Dodatek trawy cytrynowej umożliwia otrzymanie atrakcyjnych wyrobów cukierniczych o charakterystycznych walorach sensorycznych.

Literatura

1. Abdurahman H.N, Ranitha M., Azhari H.N. Extraction and Characterization of Essential Oil from from Ginger (*Zingiber Officinale* Roscoe) and Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) by Microwave-Assisted Hydrodistillation. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 2013, 4, 4-11.
2. Dagupen M.K., Januszewska R., Lino L.L., Tagarino D., Viaene J., Arguelles R., Bautista R. Consumer behavior towards Lemongrass (*Cymbopogon citrates*) tea in Benguet Province Northern Philippines, *BANWA*, 2009, 6, 2, 1-12.
3. Figueirinha A., Paranhos A., Pe´rez-Alonso J.J, Santos-Buelga S., Batista M.T. *Cymbopogon citratus* leaves: Characterisation of flavonoids by HPLC–PDA–ESI/MS/MS and an approach to their potential as a source of bioactive polyphenols. *Food Chemistry*, 2008, 110, 718–728.
4. Ganjewala D. Cymbopogon essential oil: Chemical compositiona and bioactivities. *International Journal of Essential Oil Therapeutics*, 2009, 3, 56-65.
5. Hagvall L, Bråred Christensson J. Cross-reactivity between citral and geraniol - can it be attributed to oxidized geraniol. *Contact Dermatitis*, 2014, 71(5), 280-288.
6. Kobus J., Flaczyk E. Optymalizacja acetonowo-wodnej ekstrakcji naturalnych przeciwutleniaczy z liści *Ginkgo biloba*. *Żywnieie Człowieka i Metabolizm*, 2007, 34½, 1430-1434.
7. Kumar P., Mishra S., Malik A., Satya S. Housfly (*Musca domestica* L.) control potential of *Cymbopogon citratus* Stapf. (Poales: Poaceae) essential oil and monoterpens (citral & 1,8-cineole). *Parasitol Research*, 2013, 112, 69-76.
8. Naik M.I., Fomda B.A., Jaykumar E., Bhat J.A. Antibacterial activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil against some selected pathogenic bacteria, *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2010, 11, 535-538.
9. Nambiar V.S., Matela H. Potential Functions of Lemon Grass (*Cymbopogon citratus*) in Health and Disease. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archives*, 2012, 3(5), 1035-1043.
10. Negrelle R.R.B, Gomes E.C. *Cymbopogon citratus*: chemical composition and biological activities, *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 2007, 9, 1, 80-92.
11. Oboh, G., Adefegha, S.A., Ademosun, A.O., Unu, D. Effects of hot water treatment on the phenolic phytochemicals and antioxidant activities of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) *Journal of Food Sciences*, 2010, 9(3), 503-513.
12. Onawunmi G.O., Yisak W-A., Ogunlana E.O. Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citratus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 1984, 12, 3, 279-286.
13. Promjeen K., Utama-ang N. Study on consumer acceptance and purchase intention on Green tea Mied liquorices and lemongrass Rusing logistic regression, *Department of Product Development Technology*, 2009, Thailand.
14. Ress N.B., Hailey J.R., Maronpot R.R., Bucher J.R., Travlos G.S., Haseman J.K., Orzech D.P., Johnson J.D., Hejtmancik M.R. Toxicology and carcinogenesis studies of microencapsulated citral in rats and mice. *Toxicology Science*, 2003, 71(2), 198-206.
15. Shah G, Shri R., Sharma N., Singh B., Mann A.S. Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, Staff (Lemon Grass). *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*, 2011, 2(1), 3-8.
16. Tajidin N.E., Ahmad S.H., Rosenani A.B., Azimah H. and Munirah M., Chemical composition and citral content in lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil at three maturity stages. *African Journal of Biotechnology*, 2012,11, 2685-2693.

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA WPLYWAJĄCE NA POZBIORCZĄ TRWAŁOŚĆ OWOCÓW

Streszczenie

Zachowanie wysokiej jakości i trwałości owoców na każdym etapie przechowywania i obrotu handlowego to wyzwanie nie tylko dla producenta, ale także dla logistyki i osób pośredniczących w handlu. Wykorzystanie różnych technik umożliwia dostarczenie dobrych jakościowo owoców w terminie dość mocno oddalonym od daty zbioru liczoną od kilku dni aż do paru miesięcy. Bardzo dobre efekty przynosi takie postępowanie, które umożliwia oferowanie owoców wysokiej jakości, najlepiej poza typowym terminem ich występowania, gdyż o takiej porze uzyskuje się za nie zdecydowanie wyższe ceny. W tym celu wykorzystywane są wysokie predyspozycje przechowalnicze niektórych odmian, specjalistyczne lub zwykłe chłodnie oraz coraz częściej także ozonowanie czy pakowanie owoców w opakowania modyfikujące skład atmosfery w ich wnętrzu.

Produkcja owoców wysokiej jakości jest sztuką, a oferowanie owoców bardziej trwałych i zachowujących wysoką smakowitość, może okazać się bardzo istotnym, jeśli nie najważniejszym elementem działalności produkcyjnej.

Wprowadzenie

Owoce roślin sadowniczych produkowane w Polsce charakteryzują się różną trwałością: najwyższą orzechy i jabłka, najniższą truskawki, maliny i poziomki. Cechą charakterystyczną świeżych owoców jest to, że po zbiorze zachodzą w nich nadal procesy dojrzewania, przejrzenia, a nawet starzenia się. Towarzyszy temu zmiana ich wyglądu, najczęściej w kierunku niekorzystnym: owoce stają się mniej świeże, tracą połysk, wędną i matowieją, ulegają także chorobom powodującym gnienie mięszu. Umieszczenie owoców w warunkach przechowalniczych, zwłaszcza w warunkach kontrolowanej atmosfery czy niskiej zawartości tlenu przeciwdziała dość skutecznie tym niekorzystnym zmianom [Lange i Ostrowski, 1992; Rutkowski i Płocharski, 1994; Thompson, 2010].

Defekty owoców w czasie obrotu handlowego są podstawą ich dyskwalifikacji. Na rynku owoców świeżych wymagania jakościowe są wysokie, najwyższe w handlu ze sklepami wielkopowierzchniowymi, a w przetwórstwie najniższe. Niezależnie od sposobu zagospodarowania, owoce powinny być całe, zdrowe (bez objawów gnicia),

czyste (praktycznie wolne od jakichkolwiek widocznych obcych substancji), praktycznie wolne od szkodników i uszkodzeń przez nie powodowanych, wolne od nadmiernego zawilgocenia, wolne od obcych smaków i aromatów. Ponadto stan owoców powinien umożliwić wytrzymanie warunków transportu i przeładunku, by w miejscu przeznaczenia ich cechy jakościowe były zadawalające [Rozporządzenie Komisji (WE), 2008].

Innowacyjne rozwiązania w postaci sanityzacji (dezynfekcji) czy wykorzystania opakowań selektywnie przepuszczalnych mogą się przyczynić do poprawy jakości i trwałości owoców. Dużym zainteresowaniem cieszy się zwłaszcza sanityzacja, gdyż owoce poddane temu zabiegowi pozostają w dłuższym okresie czasu zdrowe, a gnicie jest wyraźnie ograniczone i opóźnione. Takie i podobne w skutkach rozwiązania mogą okazać się bardzo przydatne, zwłaszcza w pozyskiwaniu nowych i odległych rynków zbytu [Forney i in., 2001; Kruijff i van Beest, 2003; Michalski, 2016a].

Trwałość owoców

Trwałość owoców jest związana z ich stanem. Owoce mniej dojrzałe są z reguły trwalsze i przechowują się lepiej, są jednak niższej jakości i zawierają mniej ekstraktu. Owoce dojrzałe charakteryzują się wysoką jakością, a jednocześnie wyższą podatnością na gnicie i małą trwałością. Owoce najmniej trwałe, takie jak maliny, truskawki czy jeżyny powinny po zbiorze znaleźć swego ostatecznego odbiorcę zaledwie po kilkunastu lub kilkudziesięciu godzinach. Owoce bardziej trwałe (agrest, porzeczki, czereśnie czy wiśnie) lepiej znoszą przechowywanie i transport i mogą trafić na rynek nawet po kilku tygodniach. Najdłużej swą jakość utrzymują owoce trwałe (gruszki, jabłka i orzechy) – mogą trafić na stół nawet po roku jak w przypadku orzechów czy niektórych odmian jabłek.

Trwałość owoców jest bardzo ważną cechą i jest kształtowana przez szereg czynników: agrotechnicznych, klimatycznych i technologicznych. Pierwszoplanową rolę pełnią cechy genetyczne: gatunek i odmiana. W dalszej kolejności warunki klimatyczne i elementy agrotechniki sadowniczej: sposób uprawy, nawożenie, nawadnianie, ochrona roślin, stosowanie specjalnych zabiegów poprawiających trwałość, termin zbioru. Owoce cechujące się wyższą jędrnością mają opinię bardziej trwałych i mniej podatnych na gnicie. Także odżywanie wapniem wspomaga trwałość owoców. Owoce lepiej odżywione tym składnikiem są bardziej jędrne i mniej wrażliwe na uszkodzenia. Mniejszą trwałością charakteryzują się natomiast owoce zbierane podczas deszczu czy z roślin przenawożonych azotem. Takie owoce charakteryzują się większą podatnością na choroby, a objawy gnicia uwidaczniają się wcześniej. Z kolei w ograniczaniu gnicia pozytywny efekt przynosi szybkie ich schłodzenie do temperatury 5-7°C. Amerykańskie badania wskazują, że opóźnienie schłodzenia truskawek tylko o godzinę powoduje skrócenie ich trwałości handlowej o 40%, a pozostawienie ich w stanie nieschłodzonym

przez 8 godzin zmniejsza ich wartość handlową o 70%. Schładzanie owoców jest technologią konieczną zwłaszcza, gdy odbiorcami są odlegli (w czasie i w przestrzeni) kontrahenci [Pérez i in., 1999; Kruijf i van Beest, 2003].

Trwałość w okresie pozbiorczym zależy od tempa oddychania owoców, ilości wyprodukowanego i znajdującego się w komorach etylenu oraz parametrów przechowywania: temperatury i wilgotności powietrza (Tab. 1), składu atmosfery, zastosowania blokady oddziaływania etylenu czy stanu sanitarnego owoców, opakowań i komór chłodniczych [Kader, 2011; Rutkowski, 2013].

W produkcji sadowniczej panuje zgodny pogląd, że owoce wysokiej jakości są najbardziej cenne, gdyż łączą w sobie i atrakcyjność i dobrą trwałość. Sformalizowane wymagania jakościowe jak i zasady wolnego rynku wymusiły na sadownikach i plantatorach taką zmianę produkcji by udział owoców handlowych był jak najwyższy, gdyż takie cieszą się większym zainteresowaniem i łatwiej je przechować. Produkcja owoców wysokiej jakości wpływa nie tylko na wizerunek danej firmy czy na jej kontrakty handlowe, ale i na wynik finansowy.

Tabela 1. Możliwości przechowywania owoców w chłodni zwykłej

Owoce	Temperatura (°C)	Wilgotność względna (%)	Czas przechowywania
Jabłka	od 1 do 3	90-95	5-7 miesięcy
Gruszki	od -1 do 1	90-95	2-3 miesiące
Sliwki	od -0,5 do 1	90-95	2-3 tygodnie
Wiśnie i czereśnie	od -1 do 0	90-95	1-4 tygodnie
Brzoskwinie	od -1 do 1	90-95	1-4 tygodnie
Agrest	od -0,5 do 0	90-95	3-4 tygodnie
Borówki	od -0,5 do 0	90-95	2-3 tygodnie
Jeżyny	od -1 do 0	90	5-7 dni
Maliny	od 0 do 2	90-95	2-3 dni
Porzeczki czerwone	0	90	2-3 tygodnie
Porzeczki czarne	od -1 do 0	90	1-2 tygodnie
Truskawki	0	90-95	5-7 dni
	4,5	85-90	1-2 dni
Żurawina	od 2 do 4,5	85-90	1-3 miesiące

Podstawowymi sposobami regulowania trwałości owoców jest termin zbioru oraz warunki przechowywania. Owoce niedojrzałe są najbardziej trwałe i najmniej smaczne, a dojrzałe najmniej trwałe i najbardziej smaczne. By pogodzić te dwie przeciwstawne zależności, termin zbioru jest określany za pomocą wyznaczników dojrzałości zbiorczej, tak by zebrane owoce cechowały się dobrymi predyspozycjami przechowalniczymi i potrafiły rozwinąć walory smakowe. Zachowanie trwałości owoców w okresie ich przechowywania jest uzyskiwane za pomocą prostej zasady fizycznej. Obniżenie

temperatury owoców o każde 10°C powoduje dwukrotne zmniejszenie intensywności procesów fizycznych i biochemicznych. Przechowywanie w temperaturze bliskiej 0°C powoduje, że owoce pozostają dłużej twarde, jędrne i soczyste, wolniej więdną i w mniejszym stopniu ulegają gniciu. W specjalnych obiektach typu chłodnia KA (chłodnia z kontrolowaną atmosferą), a zwłaszcza ULO (chłodnia z niską zawartością tlenu) owoce mogą być przechowywane najdłużej spośród dostępnych technologii przechowywania [Herregods, 1994; Thompson, 2010]. Orzechy przez rok i dłużej, jabłka do 10 miesięcy, gruszki do 6 miesięcy, śliwki do 2 miesięcy, a truskawki i maliny do kilkunastu dni. Niestety, nawet nowoczesne obiekty chłodnicze nie są w stanie samodzielnie wyeliminować gnicia owoców.

Straty w czasie przechowywania

Niezależnie od zastosowanej technologii przechowywania, owoce po przechowaniu charakteryzują się z reguły niższą trwałością, mniejszą jędrnością, mniejszą masą i częstszym występowaniem chorób. Niekorzystne zmiany ujawniają się tym szybciej im owoce są mniej trwałe i im warunki przechowywania różnią się bardziej od zalecanych. Jednak największe straty zachodzą w wyniku gnicia owoców [Lange i Ostrowski, 1992]. Może się ono pojawić zarówno na owocach nieuszkodzonych, jak i uszkodzonych. Może mieć charakter utajony lub rozwijać się tuż po infekcji. Zarodniki jednych patogenów rozwijają się, gdy owoce zaczynają dojrzewać (gdy stają się mniej jędrne i pojawia się w ich otoczeniu etylen), innych z kolei, gdy skórka owocu ulegnie uszkodzeniu.

Żywność może być porażana aż przez ponad 250 gatunków grzybów pleśniowych, z których duża część może wytwarzać w produktach żywnościowych toksyczne substancje. Wyróżniono ponad 400 różnych mikotoksyn i ich pochodnych [Młynarska, 2004]. Problem bezpieczeństwa żywności jest bardzo ważny. Na owocach występuje znacznie mniej patogenów, a ich liczba to kilka gatunków. Z badań przeprowadzonych w Instytucie Ogrodnictwa wynika, że najczęściej występującymi chorobami przechowalniczymi jabłek były: gorzka zgnilizna jabłek (80% wszystkich chorób), szara pleśń (12%), mokra zgnilizna (4,7%) oraz brunatna zgnilizna jabłek (3,2%). W przypadku owoców miękkich, malin czy truskawek najgroźniejszą chorobą pozostaje w dalszym ciągu szara pleśń. Porażone owoce przez choroby grzybowe nie nadają się do zagospodarowania. Są w smaku gorzkie i zawierają mikotoksyny (np. patulinę), które po przedostaniu się do organizmu mogą okazać się dla człowieka niebezpieczne i mają często działanie rakotwórcze [Borecki, 1975].

Wykorzystanie ozonu

Ozonowanie to technologia, w której uzyskuje się krótkotrwałą dezynfekcję powierzchni produktów, warzyw i owoców (dochodzi do ich sanityzacji). Wykorzystuje

się w tym celu silne właściwości dezynfekcyjne ozonu, jego wysoką reaktywność, małą zdolność do penetracji i szybką, samoistną przemianę do tlenu [Kim i in., 1999]. W wielu badaniach wykazano, że ozon może korzystnie wpływać na wydłużenie czasu przechowywania takich produktów jak brokuły, ogórki, jabłka, winogrona, pomarańcze, gruszki, maliny czy truskawki. Poprawę trwałości uzyskuje się wskutek zmniejszenia populacji szkodliwych mikroorganizmów i utlenienia etylenu [Kim i in., 1999; Pérez i in., 1999]. W Stanach Zjednoczonych niektóre firmy wykorzystują wodę ozonowaną do mycia świeżych truskawek oraz by zredukować liczbę mikroorganizmów na owocach. Umycie świeżych truskawek wodą zawierającą około 2,7 ppm ozonu redukuje w bardzo zasadniczy sposób liczbę różnych drobnoustrojów: bakterii, drożdży i pleśni. Na umytych w ten sposób truskawkach liczba organizmów saprofitycznych była niższa o ok. 95%, a drożdży i pleśni o ok. 98% [Rip, 2005].

Ozon, jako jeden z nielicznych związków, może być od 1997 roku pozbiorniczo stosowany przy produkcji żywności, gdyż nie wpływa na jej smak, jest nietrwały i szybko rozkłada się do tlenu [Food and Drug Administration, 1997]. Oddziaływanie ozonu jest zależne od jego stężenia, czasu oddziaływania i stopnia złożoności organizmów. Najbardziej wrażliwe na ozon są organizmy proste, takie jak bakterie czy grzyby. W czasie ozonowania dochodzi do destrukcji błon komórkowych, czyli do tzw. lizy komórek. Owoce poddane ozonowaniu charakteryzują się z reguły większą trwałością, gdyż z ich powierzchni znika źródło patogenów. Ozonowanie nie zawsze ogranicza pleśnienie, gdyż w przypadku jabłek i śliwek niektóre choroby rozwijają się wewnątrz owoców. Ozonowi brak zdolności do wnikania do ich wnętrza, stąd też nie jest w stanie zlikwidować ośrodkowego gnicia owoców. Przeprowadzone przeze mnie obserwacje wskazują, że owoce poddane ozonowaniu charakteryzowały się wyższą trwałością, a rozwój chorób pleśniowych był zahamowany. W przypadku oddziaływania ozonu na owoce miękkie nawet stężenie przekraczające 5 ppm było bezpieczne dla ich jakości, natomiast w przypadku jabłek często zdarzały się uszkodzenia skórki [Michalski, 2016b].

Efekty sanityzacji zależą głównie od dwóch czynników: czasu oddziaływania i stężenia ozonu, zgodnie ze wzorem $S = C \times T$, gdzie: S oznacza efektywność eliminacji patogenów, C – stężenie ozonu, a T – czas oddziaływania ozonu. Wynika z tego, że podobny efekt ozonowania można uzyskać poddając produkt 1) długiemu oddziaływaniu ozonu przy małym jego stężeniu lub 2) krótkiemu oddziaływaniu z zastosowaniem wysokiego jego stężenia. Do ozonowania potrzebne jest specjalistyczne wyposażenie. Podstawowymi elementami są: przenośny lub stały generator ozonu oraz przenośny lub na stałe zamontowany miernik ozonu. W bardziej zaawansowanych systemach dochodzą koncentratory tlenu, destruktory ozonu i sterowniki [Cecchi i in., 2002].

Wybór sposobu ozonowania zależy od kubatury komory, czasu i ilości ozonowanych owoców. Newralgicznym elementem każdego systemu ozonowania jest wydajność generatora ozonu. W zależności od mocy zasilacza, jakości elektrod czy mocy wentylatora może mieć wydajność 1, 2, 5, 10, 20 i więcej g ozonu wytwarzanego w ciągu jednej godziny. Niezależnie od typu generatora bardzo istotnym jest wydajny system układu chłodzenia, gdyż około 90% energii w procesie wytwarzania ozonu zamieniane jest w ciepło, a mało wydajny wentylator skraca żywotność elektrod [Anonim, 2016b].

Systemy ozonowania owoców mogą być stacjonarne lub przenośne. Mogą znajdować się w komorach obiektów przechowalniczych lub nawet w samochodach dostawczych (izotermach). Wyposażenie systemu ozonowania w panel sterujący pozwala na zdalne nadzorowanie pracą generatora, a wchodzenie do komory, w której trwa ozonowanie lub tuż po jego zakończeniu powinno być uniemożliwione [Rip, 2005].

Zasady postępowania w czasie ozonowania (opracowanie własne):

- komora powinna być w miarę szczelna, ozon nie powinien wydostawać się na zewnątrz,
- w czasie ozonowania powietrze powinno swobodnie przepływać wokół owoców,
- proces ozonowania powinien być monitorowany (kontrola stężenia ozonu, czasu ozonowania, szczelności komory),
- po zakończeniu ozonowania należy upewnić się, że stężenie ozonu jest bezpieczne dla człowieka.

Procedura ozonowania polega na luźnym rozmieszczeniu palet z owocami, włączeniu instalacji chłodniczej oraz uruchomieniu miernika i generatora ozonu. Ozonowanie przeprowadza się w normalnej atmosferze podczas schładzania lub po schłodzeniu owoców. Na wydajność generatora wpływa stężenie tlenu – im generator jest wydajniejszy, tym może wytworzyć więcej ozonu, w krótszym okresie czasu. Wytworzenie wysokiego stężenia ozonu wymaga zastosowania koncentratorów tlenu lub czystego tlenu z butli. Do sanityzacji owoców w zupełności wystarcza zwykła atmosfera [Cecchi, 2002; Smilanick, 2003; Rip, 2005].

Czas ozonowania zależy od kubatury i czystości komory, ilości owoców, rodzaju i jakości opakowań, a także od obecności związków będących na małym stopniu utlenienia.

Stężenie ozonu przy krótkiej sanityzacji z reguły nie powinno być wyższe niż kilka ppm, a w przypadku długiej sanityzacji nie wyższe niż 0,2-0,3 ppm. Należy liczyć się z możliwością, że zbyt wysokie stężenie ozonu może okazać się niebezpieczne dla jakości owoców, a zbyt niskie nie spełnić pokładanych oczekiwań. Owoce poddane ozonowaniu i wstawione do pomieszczeń, w których znajdują się zarodniki patogenów mogą ulegać wtórnemu zakażeniu [Rip, 2005].

W przypadku stężenia ozonu w powietrzu na poziomie niższym niż 0,3 ppm, do komory można wchodzić bez konieczności wyłączenia generatora ozonu, o ile całkowita dzienna długość przebywania w takiej atmosferze nie przekroczy 15 minut. Ekspozycja ludzi na atmosferę ozonowaną może przynieść efekty zatrucia ozonem (pierwsze objawy to podrażnienie gardła i oczu, kaszel, ból głowy). Jeśli pojawią się jakiegokolwiek dolegliwości, należy jak najszybciej wyjść z pomieszczenia na świeże powietrze. Śmiertelne zagrożenie ze strony ozonu pojawia się dopiero przy stężeniach powyżej 1700 ppm, niemniej nie należy bagatelizować zagrożeń związanych z jego obecnością, gdyż nadmierna na niego ekspozycja może w przyszłości prowadzić do powikłań zdrowotnych [Anomin, 2016a].

Bezpieczeństwo pracy w atmosferze ozonowanej [Makles i Galwas-Zakrzewska, 2004; Kowalska i Zajusz-Zubek, 2010]:

- stężenie ozonu na poziomie do 0,05-0,1 ppm – człowiek może pracować w takiej atmosferze nie dłużej niż 8 godz. dziennie, 5 dni w tygodniu,
- stężenie ozonu na poziomie 0,3 ppm – człowiek może pracować w takiej atmosferze nie dłużej niż 15 min,
- stężenie ozonu na poziomie >0,3 ppm – człowiek może pracować w takiej atmosferze jedynie po zabezpieczeniu górnych dróg oddechowych i oczu pełnotwarzowymi maskami przeciwgazowymi wyposażonymi w błękitny filtr NO.

Opakowania

W dystrybucji i handlu opakowania jednostkowe usprawniają sprzedaż, zachęcają do zakupu i informują o walorach produktu. W ostatnich latach pojawiło się wiele nowych koncepcji i rozwiązań w zakresie opakowań żywności. Ideą tradycyjnych opakowań jest zagwarantowanie produktom w nie zapakowanych dobrych warunków transportowych. Nowatorskim sposobem wydłużania trwałości owoców jest wykorzystanie worków typu Xtend[®], celofanowych, a nawet biodegradowalnych (wykonanych ze skrobi), w które pakuje się opakowania jednostkowe, a nawet wyściela nimi całe duże skrzynie. Tego typu opakowania stanowią alternatywę wobec warunków kontrolowanej atmosfery i polegają na tym, że opakowania z owocami umieszcza się w workach, które są selektywnie przepuszczalne dla O₂, CO₂ i pary wodnej. W workach, na skutek oddychania owoców, dochodzi do modyfikacji składu atmosfery, pojawia się niższe stężenie tlenu i wyższe stężenie dwutlenku węgla, a wilgotności względna wzrasta i jest utrzymywana na stałym poziomie. W ten sposób w małej przestrzeni uzyskuje się zmodyfikowaną atmosferę (MAP) [Kruijf i Beest, 2003]. Taka technologia jest wykorzystywana głównie do przedłużania trwałości warzyw, a owoców – głównie w odniesieniu do bananów i owoców jagodowych (Tab. 2).

Wysokie stężenie CO₂ w czasie przechowywania owoców powoduje: zmniejszenie intensywności oddychania, dwukrotnie zwiększenie czasu przechowywania, brak rozwoju pleśni, zmniejszenie rozpadu owoców. Korzyści z takiego sposobu pakowania owoców są wymierne, jednak stężenie CO₂ musi być kontrolowane, gdyż zbyt wysokie jego stężenie prowadzi do trwałych uszkodzeń owoców i eliminuje je z obrotu handlowego [Thompson, 2010].

Tabela 2. Potencjalne możliwości wydłużenia trwałości owoców jagodowych poprzez zastosowanie opakowań Xtend® (opracowanie własne)

Przechowywany produkt	Typ opakowania	Potencjalna długość przechowywania owoców	
		w chłodni	w czasie obrotu handlowego
Borówki	Opakowanie zbiorcze	45 dni w temp. 0°C 65 dni w temp. 2°C	4 dni w temp. 10 °C brak danych
Czerwone porzeczki	Opakowanie zbiorcze	18 dni w temp. 0°C	4 dni w temp. 10°C
Jeżyny	Opakowanie zbiorcze	21 dni w temp. 0°C	4 dni w temp. 10°C
Maliny	Opakowanie zbiorcze, jednostkowe, flow-pack	18 dni w temp. 0°C	4 dni w temp. 10°C
Truskawki	Opakowanie zbiorcze, jednostkowe, flow-pack	14 dni w temp. 0°C	4 dni w temp. 10°C

Zanim owoce zostaną zapakowane mogą zostać umyte, być poddane czyszczeniu i sortowaniu, a nawet obrane i pokrojone. Czynności te, zwłaszcza obieranie i krojenie, powodują ujawnianie się niepożądanych zjawisk, takich jak: obniżenie trwałości, zmiana barwy czy utrata połysku. Jednym ze sposobów spowalniania takich zmian jest wykorzystanie specyficznych osłon jadalnych chroniących tkanki owoców przed uszkodzeniami. Nakłada się je na owoce tuż po okresie zbiorczym, jeszcze zanim przeprowadzi się procesy uszlachetniania. Powłoki jadalne chronią owoce przed utratą wody, regulują procesy oddychania, wydłużają trwałość, ograniczają straty w transporcie, dystrybucji i sprzedaży [Kozłowicz i in., 2011].

Literatura

1. Anonim (a). Bezpieczeństwo a stosowanie ozonu, <http://www.eco-ozon.pl/ozonowanie-pomieszczen/bezpieczenstwo-a-stosowanie-ozonu/> (dostęp on-line: 23.05.2016 r.).
2. Anonim (b). Generatory ozonu, <http://trioxygen.com.pl/pl/produkty/generatory-ozonu.htm> (dostęp on-line: 13.06.2016 r.).
3. Borecki Z. Gnijące jabłka źródłem substancji toksycznych. Sad Nowoczesny 1975 nr 12, 10-13.
4. Cecchi B., Garrett J., Rajmane B.V. Extended shelf life for produce 2002, <http://www.ultimair.se/pdf/AnalyticalReportStorageTest.pdf> (dostęp on-line: 13.03.2016 r.).
5. Food and Drug Administration. Substances generally recognized as safe, proposed rule. U.S. FDA 1997, Federal Register 62 (74):18937-18964.

6. Forney C.F., Fan L., Hildebrand P.D., Song J. Do negative air ions reduce decay of fresh fruits and vegetables? Proc. 4th Int. Conf. on Postharvest; Acta Hort. 2001, 533: 421-424.
7. Herregods M. Jak ograniczyć straty podczas przechowywania?, Mat. Konf. Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa Skierniewice 1994, 1-14.
8. Kader A.A. Postharvest Technology of Horticultural Crops, PDF of 3rd edition, 2011
9. Kim J.G., Yousef A.E., Chism G.W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. Journal Food Safety, 1999, 19, 17-34.
10. Kowalska M., Zajusz-Zubek E. Narażenie na ozon pracowników obsługujących kserokopiarki i drukarki. Medycyna Pracy, 2010, 61(5), 549-551.
11. Kozłowicz K., Sułkowska M., Kluza F. Powłoki jadalne i ich wpływ na jakość i trwałość owoców i warzyw. Acta Sci. Pol., Technica Agraria, 2011, 10(3-4), 35-45.
12. Kruijff N., Beest M.D. Active packaging, in: Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering (red. M. Dekker) Marcel Dekker Inc., New York 2003, 5-9.
13. Lange E., Ostrowski W. Przechowalnictwo owoców. PWRiL, Warszawa 1992.
14. Makles Z., Galwas-Zakrzewska M. Ozon - bezpieczeństwo ludzi i środowiska. Bezpieczeństwo Pracy, 6, 2004, 25-28.
15. Michalski P. (a) Nowe rozwiązania wpływające na trwałość przechowalniczą owoców jagodowych. Informator Biuletyn Związku Sadowników Rzeczpospolitej Polskiej, Wyd. Związku Sadowników Rzeczpospolitej Polskiej, Grójec 2016, 55-58.
16. Michalski P. (b) Ozonisation of fruit extends storage life. EFM 2016, (1), 11-13.
17. Młynarska J. Mikotoksyny w artykułach spożywczych, pochodzenie i zagrożenia, http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty5/art/Mlynarska_J_art.pdf (dostęp on-line: 13.04.2016 r.).
18. Pérez A.G., Sanz C., Rios J.J., Olias R., Olias J.M. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. J. Agric. Food Chem. 1999, 47, 1652-1656.
19. Rip G. Etapy rozwoju i aktualne zastosowania ozonu w przetwórstwie żywności, w: Zastosowanie ozonu (red. J. Perkowski, R. Zarzycki). PAN Oddział w Łodzi, Łódź 2005, 279-322.
20. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1221/2008 z dnia 5 grudnia 2008 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1580/2007 ustanawiające przepisy wykonawcze do rozporządzeń Rady (WE) nr 2200/96, (WE) nr 2201/96 i (WE) nr 1182/2007 w sektorze owoców i warzyw w zakresie norm handlowych, Dz. U. UE nr L 336/1 z dnia 13 grudnia 2008 r.
21. Rutkowski K., Płocharski W. Warunki przechowywania owoców w świetle norm. Nowe technologie i techniki w przechowalnictwie owoców. Mat. Konf. Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa Skierniewice 1994, 22-33.
22. Rutkowski K.P. Przechowywanie jabłek w innowacyjnych technologiach, <http://sadinform.pl/artykuly-2013/22013/412-przechowywanie-jablek-w-innowacyjnych-technologiach.html> (dostęp on-line: 13.05.2016 r.).
23. Smilanick J.L. Use of ozone in storage and packing facilities. Washington Tree Fruit Postharvest Conference, Wenatchee 2003, <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pc2003h.pdf> (dostęp on-line: 13.03.2016 r.).
24. Thompson A.K. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. 2nd edition, CAB International 2010.

OLEJKI ETERYCZNE JAKO ALTERNATYWA DLA SYNTETYCZNYCH KONSERWANTÓW ŻYWNOŚCI – PRACA PRZEGLĄDOWA

Wprowadzenie

Współczesne trendy rynku żywności, w odpowiedzi na oczekiwania konsumentów, zorientowane są na produkty naturalne, o wysokiej jakości oraz niskim stopniu przetworzenia i z maksymalnie długim okresem przydatności do spożycia. Moda na „zdrowe żywienie” i troska o naturalne środowisko powoduje zwrot producentów żywności w kierunku obniżenia poziomu lub eliminacji syntetycznych związków konserwujących i stabilizujących żywność. Alternatywę stanowią substancje pochodzenia naturalnego, głównie olejki eteryczne i ekstrakty roślinne. Olejki eteryczne potencjalnie mogą być wykorzystywane do kontroli wzrostu mikroorganizmów ze względu na silne działanie, porównywane z działaniem antybiotyków. Ich obecność w żywności daje możliwość kontroli zanieczyszczeń mikrobiologicznych, poprawy trwałości produktu poprzez eliminację niepożądanych drobnoustrojów lub opóźnienia ich rozwoju. Stosowanie olejków eterycznych minimalizuje ryzyko nabywania oporności na antybiotyki przez patogeny przenoszone z żywnością. Nie należy też zapominać o korzystnym działaniu olejków eterycznych na zdrowie konsumenta [Tajkarimi i in., 2010]. Wprowadzanie olejków eterycznych do żywności może być rozpatrywane w aspekcie konserwacji żywności, jako czynnika kontrolującego naturalne procesy psucia; bądź też jako substancji zapewniającej bezpieczeństwo produktu przez zapobieganie namnażaniu się drobnoustrojów patogennych [Burt, 2004].

Podstawy przemysłowego wykorzystania olejków eterycznych

Stosowanie ziół, ich ekstraktów i olejków eterycznych zostało utrwalone historycznie w kuchniach wszystkich narodów, gdzie były wykorzystywane nie tylko do aromatyzowania żywności, ale przede wszystkim zabezpieczenia przed zepsuciem. Najwcześniejsze wzmianki o zastosowaniu olejków eterycznych i ziół do przygotowania potraw pochodzą z Egiptu, Chin i Indii. Pierwsze naukowe badania dotyczące aktywności olejku cynamonowego wobec przetrwalników bakterii, wąglika *Bacillus anthracis*, zostały przeprowadzone w 1880 roku. Silnie działające przeciwdrobnoustrojowo składniki lotne goździków wykorzystywano nie tylko do konserwacji mięsa, syropów czy sosów, ale również do maskowania ich zepsucia. Na rok 1910 datowane są prace potwierdzające wysoką aktywność cynamonu i gorczycy

w konserwacji sosów z dodatkiem jabłek [Ceylan i Fung, 2004; Tajkarimi i in., 2010]. Kolejne lata przyniosły publikacje dokumentujące wysoką skuteczność inhibującą i bójczą m.in. liści laurowych, ziela angielskiego, kolendry, kminku, kminu rzymskiego, tymianku, oregano, rozmarynu, szaławii [Burt, 2004; Tajkarimi i in., 2010].

Chociaż poznano i scharakteryzowano około 3000 olejków eterycznych, to komercyjne zastosowanie znalazło jedynie 300. Wykorzystywane są nie tylko jako dodatki do żywności, ale również są szeroko stosowane w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym, perfumeryjnym, w aromaterapii oraz ochronie roślin [Bakkali i in., 2008]. Olejki o zdefiniowanej aktywności przeciwdrobnoustrojowej pozyskuje się z ponad 1340 roślin. Spośród olejków eterycznych wykorzystywanych w produkcji żywności, opisano ponad 30000 składników należących do grupy związków fenolowych. Substancje pochodzenia roślinnego wykorzystywane komercyjnie są najczęściej otrzymywane przez destylację materiału roślinnego z parą wodną lub metodą hydrodestylacji, bądź też tłoczenie na zimno. Jako alternatywna wykorzystywana jest metoda ekstrakcji nadkrytycznej, zapewniająca lepszą rozpuszczalność i szybkość transferu masy, gdzie wydajność ekstrakcji olejków z roślin przyprawowych może osiągać nawet 12% [Lang i Wai, 2001; Tajkarimi i in., 2010]. Technologia ta jest jednak rzadziej wykorzystywana ze względu na wysokie koszty aparatury [Janiszewska i Witrowa-Rajchert, 2005].

Olejki są definiowane jako wieloskładnikowe mieszaniny wtórnych metabolitów roślin, zawierające od kilkudziesięciu do kilkuset związków, z których głównymi składnikami są mono- i sekwiterpenowe węglowodory i ich tlenowe pochodne [Kalemba i Kunicka, 2003]. Skład olejku eterycznego pozyskiwanego nawet z roślin tego samego gatunku może znacząco się różnić i zależy nie tylko od części rośliny użytej jako materiał olejkonośny, ale również od odmiany rośliny i czynników środowiskowych (położenie geograficzne uprawy, czas wegetacji, czas i sposób zbioru).

Podstawowym problemem w komercyjnym wykorzystaniu olejków eterycznych jako składników systemów konserwujących żywność jest trudna do utrzymania powtarzalność ich składu chemicznego. Ze względu na naturalne pochodzenie, różne partie tego samego olejku wytwarzane przez kilku producentów, wykazują jakościowe i ilościowe zróżnicowanie. Zatem, w praktyce nie ma możliwości stosowania w produkcji żywności olejków w pełni wystandaryzowanych, o dokładnie określonym profilu związków chemicznych i ściśle zdefiniowanej aktywności biologicznej. Mnogość składników olejku pozwala jedynie na wyznaczenie pewnych zakresów zawartości wybranych związków, które uznano jako kluczowe dla jego

specyficzności i unikatowości. Obowiązujące normy międzynarodowe ISO i Farmakopea Europejska zawierają wymogi dla poszczególnych, najczęściej wykorzystywanych przemysłowo olejków eterycznych. Producent olejku powinien przedstawić jego specyfikację zawierającą: (i) pochodzenie botaniczne i własności fizykochemiczne; (ii) procentowy skład chemiczny obejmujący grupy chemiczne komponentów olejku (np. dla olejku cytrynowego „nie mniej niż 80% aldehydów”); (iii) identyfikację kluczowych składników tych grup, które mogą być miernikiem jakości olejku; (iv) informację o obecności składników śladowych lub stężenie składników niezdefiniowanych. I tak, na przykład właściwa specyfikacja składu chemicznego olejku limonowego powinna być następująca: składniki chemicznie zidentyfikowane – powyżej 97%; alifatyczne terpeny, aldehydy, kwasy i estry oznaczane jako cytral – do 92%; alifatyczne węglowodory terpenowe oznaczane jako myrcen – do 15% [Smith i in., 2005]. Tak przedstawiona charakterystyka olejku eterycznego daje możliwość kontroli jego jakości przed wprowadzeniem do produktu, pozwala na prognozowanie jego aktywności przeciwdrobnoustrojowej i ocenę bezpieczeństwa stosowania jako dodatku do żywności.

Bezpieczeństwo dla konsumenta

W powszechnym rozumieniu, olejki eteryczne pozyskiwane ze zwyczajowo stosowanych ziół przyprawowych, są bezpieczne dla konsumenta. Olejki eteryczne o statusie GRAS (ang. generally recognized as safe), nadawanym przez amerykańską komisję FDA (Food and Drug Administration) i uznawane jako bezpieczne dodatki do żywności są zestawione na liście zawierającej 172 pozycje [FDA Essential oil gras list, 1998]. Należy podkreślić, że Kongres Amerykański w 1958 roku uznał za bezpieczne wiele substancji, które nie mają pozytywnej opinii FDA, ale ich bezpieczeństwo wynika z długiego historycznego funkcjonowania jako składnika diety oraz warunków ich stosowania. Biorąc pod uwagę limitację stężenia olejków stosowanych w żywności wynikającą z akceptacji organoleptycznej produktu, ich obecność na poziomie akceptowanym sensorycznie nie powinna budzić zastrzeżeń. Należy również pamiętać, że większość z ponad 100 olejków eterycznych stosowanych jako aromaty spożywcze ma swoje źródło w żywności (np. olejek cytrynowy, bazyliowy czy kardamonowy), a tylko nieliczne są ekstraktami roślin niejadalnych np. cedr czy jodła [Smith i in., 2005].

W Polsce obowiązuje od 9 grudnia 2010 roku Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych (Dz.U. 2010 nr 232 poz. 1525) z późniejszymi zmianami, gdzie olejki eteryczne nie zostały wyszczególnione jako dodatki do żywności. Wcześniejsze regulacje, uchylone

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 kwietnia 2004 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu (Dz. U. Nr 94, poz. 933), w Załączniku nr 2, w Wykazie dopuszczalnych ilości substancji dodatkowych dozwolonych, dodawanych do środków spożywczych i używek, według ich funkcji technologicznych, zawierało listę 66 olejków eterycznych wraz z łacińską nazwą surowca roślinnego oraz określeniem części rośliny, z której jest pozyskiwany oraz 14 olejków destylowanych lub frakcjonowanych pozbawionych części składników [Ministerstwo Zdrowia 2010, 2004]. Rozporządzenie to podawało również zastrzeżenie stosowania tych olejków w produkcji żywności w dawkach najniższych, niezbędnych do osiągnięcia zamierzonego efektu technologicznego.

Wprowadzenie nowego dodatku do żywności w krajach Unii Europejskiej wymaga pozytywnej opinii Komisji Europejskiej EFSA (European Food Safety Authority) dotyczącej bezpieczeństwa tej substancji w konkretnym zastosowaniu (<http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/additives.htm>). Podobne regulacje obowiązują w Chinach, gdzie analogiczna agenda rządowa CFAA (China Food Additives Association) wydaje opinie o możliwości wprowadzania dodatków do żywności w skali przemysłowej (<http://www.cfaa.cn/english.htm>) [Hintz i in., 2015].

Stabilizacja żywności z wykorzystaniem substancji pochodzenia naturalnego

Olejki eteryczne, ekstrakty roślinne, a nawet hydrolaty mogą z powodzeniem zastępować stabilizatory i konserwanty. Wprowadzenie naturalnej substancji o równoczesnym działaniu stabilizującym i aromatyzującym pozwala producentowi na zmniejszenie liczby składników receptury oraz lokowanie produktu w segmencie żywności ekologicznej czy naturalnej. Olejki eteryczne charakteryzują się wysoką aktywnością przecidrobnoustrojową w warunkach *in vitro*, zarówno wobec bakterii, jak i grzybów. Efektywnie ograniczają rozwój lub eliminują ze środowiska drobnoustroje saprofityczne takie jak: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *Pseudomonas putida*, *P. aeruginosa*, *Yarrowia lipolytica*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri*, *Rhizopus stolonifer* oraz patogeny wnoszone z żywnością, takie jak: *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*. Minimalne stężenia hamujące wzrost wielu drobnoustrojów sięgają setnych części procenta [Bakkali i in., 2008; Vergis i in., 2015].

Przeniesienie substancji naturalnej do warunków *in situ* wiąże się ze zmniejszeniem siły bójczej, a uzyskanie efektu stabilizacji mikrobiologicznej wymaga zwiększenia jej stężenia. W wielu produktach, obserwuje się interakcje hydrofobowych składników olejków eterycznych z tłuszczami [Cava-Roda i in., 2012], skrobią [Gutierrez i in., 2008] czy białkami [Kyung, 2012]. Działanie

przeciwdrobnoustrojowe substancji pochodzenia naturalnego zmienia się również wraz z pH środowiska, temperaturą i poziomem drobnoustrojów zanieczyszczających [Hyldgaard i in., 2012; Tongnuanchan i Benjakul, 2014]. Istotną rolę odgrywa też skład jakościowy i ilościowy produktu. Prowadzone w matrycach żywności badania wskazują na konieczność dwukrotnego zwiększenia koncentracji olejku np. w mleku odtłuszczonym [Karatzas i in., 2001], czy 25-100-krotnego w przypadku sera pleśniowego [Mendoza-Yepes i in., 1997] w porównaniu z badaniami w pożywkach w warunkach modelowych. Liczne badania, których przykłady zestawiono w Tabelach 1. i 2., potwierdzają efektywność działania naturalnych substancji pochodzenia roślinnego w matrycach żywności. Do najczęściej testowanych produktów zalicza się mięso i jego przetwory (Tab. 1), ze względu na możliwość wprowadzenia olejków eterycznych o bardzo wysokiej aktywności przeciwdrobnoustrojowej, np. olejku tymiankowego, cynamonowego, goździkowego. Do konserwacji owoców i warzyw (Tab. 2) często proponowane są filmy i woski z dodatkiem olejków eterycznych, a do mycia stosowanie hydrolatów.

Kolejnym problemem jest sposób wprowadzania olejku lub ekstraktu do matrycy żywności. Bezpośrednie naniesienie substancji zwykle skutkuje dużymi zmianami sensorycznymi produktu, co nie jest akceptowane przez konsumenta. Przedmiotem badań jest nadal wyznaczenie takich dawek substancji pochodzenia naturalnego, aby zachowując wszystkie cechy przyprawowe stanowiły skuteczne zabezpieczenie przed rozwojem drobnoustrojów.

Podsumowanie

Stężenie konserwantów syntetycznych i stabilizatorów może być znacząco ograniczone w produktach spożywczych. Odpowiedni dobór nośnika substancji naturalnych i opakowania, w układach matryca żywności – olejek eteryczny lub matryca żywności – ekstrakt roślinny, zapewnia stabilizację mikrobiologiczną produktu. Wprowadzenie opakowań aktywnych żywności stwarza nowe możliwości wprowadzania olejków i ekstraktów roślinnych, takich jak: nanoemulsje, mikrokapsułki, saszetki, powłoki biodegradowalne. Przeciwmikrobiologiczne opakowania aktywne zapewniają stopniowe uwalnianie składników lotnych w czasie całego okresu przechowania oraz minimalizują zmiany sensoryczne żywności.

Tabela 1. Wybrane przykłady aktywności substancji naturalnych pochodzenia roślinnego w konserwacji mięsa i jego przetworów

Produkt	Substancja	Stężenie	Mikroorganizm	Literatura
Mięso i drób				
Baranina mielona	olejek goździkowy	0,5-1%	<i>L. monocytogenes</i>	Vrinda i Garg, 2001
Wieprzowina mielona	olejek tymiankowy	0,01ml/1g	<i>L. monocytogenes</i>	Aureli i in., 1992
Wieprzowina mielona pakowana próżniowo	olejek oregano	100-200 ppm	<i>C. botulinum</i>	Ismail i Pierson, 1990
Wołowina filety	olejek oregano	0,8%	<i>L. monocytogenes</i> flora naturalna	Tsigarida i in., 2000
Wołowina mielona	olejek szałwiowy, drzewa pieprzowego	1,5-2%	<i>Salmonella</i> sp.	Hayouni i in., 2008
Piersi drobiowe	olejek tymiankowy, melisy	0,5%	<i>Salmonella</i> sp. <i>E. coli</i>	Fратиanni i in., 2010
Tuszki drobiowe	ekstrakt bazyliowy, majerankowy, szałwiowy	100%	<i>Y. lipolytica</i>	Ismail i in., 2001
Garmażeryjne przetwory mięsne				
Hamburgery wołowe	olejek oregano, tymiankowy	1-5% film	<i>S. aureus</i> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> <i>L. plantarum</i>	Emiroğlu i in., 2010
Kiełbasa wieprzowa surowa	olejek majerankowy	1,15-5,75mg/g	<i>E. coli</i>	Busatta i in., 2008
Kiełbaski drobiowe	olejek gorczycowy	0,1%	<i>E. coli</i>	Lemay i in., 2002
Szynka pakowana próżniowo	olejek kolendrowy	0,1-6%*	<i>L. monocytogenes</i>	Gill i in., 2002
Wieprzowina gotowana lub pieczona	olejek kolendrowy	1250 µg/cm ² lub 500 µg/cm ²	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Stecchini i in., 1993
Wołowina smażona	olejek oregano, tymiankowy, oregano z majerankowym, tymiankowy z szałwiowym	300 µg/250 g	<i>B. cereus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>E. coli</i> O157:H7 <i>L. monocytogenes</i>	Du i Li, 2008

* - w powłoce żelatynowej lub oleju rzepakowego

Tabela 2. Wybrane przykłady aktywności substancji naturalnych pochodzenia roślinnego w konserwacji przetworów mleczarskich, owoców i warzyw

Produkt	Substancja	Stężenie	Mikroorganizm	Literatura
Przetwory mleczarskie				
Jogurt	olejek goździkowy	0,005-0,5%	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>L. bulgaricus</i>	Bayoumi, 1992
Ser Mozzarella		0,5-1%	<i>L. monocytogenes</i>	Vrinda i Garg, 2001
Ser pleśniowy	olejek liścia laurowego, goździkowy, cynamonowy, tymiankowy	0,1-1%	<i>L. monocytogenes</i> <i>S. enteritidis</i>	Smith-Palmer i in., 2001
Owoce i warzywa				
Jabłka	hydrolat tymiankowy, czarnego kminu, szałwii, rozmarynu, liścia laurowego	100% *	<i>S. Typhimurium</i> <i>E. coli</i> O157:H7	Sagdic, 2003
Papaja	olejek limonki meksykańskiej, tymiankowy	0,10-0,14% film	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	Bosquez-Molina i in., 2010
	olejek oregano, cynamonowy, trawy cytrynowej	20% w saszetkach	<i>A. alternata</i> , <i>Fusarium semitectum</i> , <i>R. stolonifer</i>	Espitia i in., 2013
Pasta pomidorowa	olejek tymiankowy, szałwiowy	350-500 ppm	<i>A. flavus</i>	Omidbeygi i in., 2007
Sałata rzymska	olejek tymiankowy	0,1-10 ml/l *	<i>E. coli</i> O157:H7	Singh i in., 2002
Marchew				Skandamis i Nychas, 2000
Sałatka z bakłażana	olejek oregano	0,7-2,7%		
Sok jabłkowy	ekstrakt cytrynowy, neroli	160-500 ppm	<i>A. acidoterrestris</i>	Bevilacqua i in., 2013
	ekstrakt z pestek winogron	1,23-3,6%		Molva i Baysal, 2015
Sok owocowy	olejek miętowy	0,14-1,125mg/ml	<i>S. cerevisiae</i> , <i>Z. bailii</i> , <i>Aureobasidium pullulans</i> , <i>Candida diversa</i> , <i>Pichia fermentans</i>	Tyagi, 2013

* - roztwór do mycia

Literatura

1. Aureli P., Costantini A., Zolea S. Antimicrobial activity of some plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, 1992, 55, 344-348.
2. Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. Biological effects of essential oils – a review. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46, 446-475.
3. Bayoumi S. Bacteriostatic effect of some spices and their utilization in the manufacture of yogurt. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel*, 1992, 14, 21-26.
4. Bevilacqua A., Campaniello D., Speranza B., Sinigaglia M., Corbo M.R. Control of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice by citrus extract and mild heat-treatment. *Food Control*, 2013, 31, 553-559.
5. Bosquez-Molina E., Ronquillo-de Jesús E., Bautista-Bãnos S., Verde-Calvo J.R., Morales-López J. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 57, 132-137.
6. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, 94, 223-253.
7. Busatta C., Vidal R.S., Popiolski A.S., Mossi A.J., Dariva C., Rodrigues M.R.A., Corazza F.C., Corazza M.L., Oliveira J.V., Cansian R.L. Application of *Origanum majorana* L. essential oil as an antimicrobial agent in sausage. *Food Microbiology*, 2008, 25, 207-211.
8. Cava-Roda R., Taboada-Rodríguez A., Valverde-Franco M., Marín-Iniesta F. Antimicrobial activity of vanillin and mixtures with cinnamon and clove essential oils in controlling *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in milk. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, 5(6), 2120-2131.
9. Ceylan E., Fung D.Y.C. Antimicrobial activity of spices. *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*, 2004, 12, 1-55.
10. Du H., Li H. Antioxidant effect of cassia essential oil on deep-fried beef during the frying process. *Meat Science*, 2008, 78, 461-468.
11. Emiroğlu Z.K., Yemiş G.P., Coşkun B.K., Candoğan K. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Science*, 2010, 86, 283-288.
12. Espitia P.J.P., Soares N.F.F., Botti L.C.M., de Melo N.R., Pereira O.L., da Silva W.A. Assessment of the efficiency of essential oils in the preservation of postharvest papaya in an antimicrobial packaging system. *Brazilian Journal of Food Technology*. Campinas, 2012, 15(4), 307-316.
13. FDA Essential oil gras list, Food And Drugs Chapter I. Food And Drug Administration, Department of Health and Human Services, Part 582, Substances Generally Recognized As Safe - Table of Contents Subpart A, General Provisions, Sec. 582.20 Essential oils, oleoresins (solvent-free), and natural extractives (including distillates), 1998, <https://www.fda.gov/oc/ohrt/essential-oils-oleoresins-solvent-free-and-natural-extractives-including-distillates>, 20.04.2016).
14. Fratianni F., De Martino L., Melone A., De Feo V., Coppola R., Nazzaro F. Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils. *Journal of Food Science*, 2010, 75, M528-M535.
15. Gill A.O., Delaquis P., Russo P., Holley R.A. Evaluation of antilisterial action of cilantro oil on vacuum packed ham. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 73, 83-92.
16. Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 124, 91-97.
17. Hayouni E.A., Chraief I., Abedrabba M., Bouix M., Leveau J.Y., Mohammed H., Hamdi M. Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: Their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 125, 242-251.
18. Hintz T., Matthews K.K., Di R. The use of plant antimicrobial compounds for food preservation. *BioMed Research International*, 2015, Article ID 246264, p. 12.
19. Hylgaard M., Mygind T., Meyer L.R. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 2012, 3(12), 1-24.
20. Ismaiel A.A., Pierson M.D. Effect of sodium nitrite and origanum oil on growth and toxin production of *Clostridium botulinum* in TYG broth and ground pork. *Journal of Food Protection*, 1990, 53, 958-960.

21. Ismail S.A.S., Deak T., Abd El-Rahman H.A., Yassien M.A.M., Beuchat L.R. Effectiveness of immersion treatments with acids, trisodium phosphate, and herb decoctions in reducing populations of *Yarrowia lipolytica* and naturally occurring aerobic microorganisms on raw chicken. *International Journal of Food Microbiology*, 2001, 64, 13-19.
22. Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D. Ekstrakcja nadkrytyczna w przemyśle spożywczym. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 4(45), 5-16.
23. Kalembe D., Kunicka A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curren Medicinal Chemistry*, 2003, 10, 813-829.
24. Karatzas A.K., Kets E.P.W., Smid E.J., Bennik M.H.J., Scott A. The combined action of carvacrol and high hydrostatic pressure on *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Microbiology*, 2001, 90, 463-469.
25. Kwon H.A., Kwon Y.J., Kwon D.Y., Lee J.H. Evaluation of antibacterial effects of a combination of *Coptidis rhizoma*, *Mume fructus*, and *Schizandrae fructus* against *Salmonella*. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 127, 180-183.
26. Kyung K.H. Antimicrobial properties of *Allium* species. *Current Opinion in Biotechnology*, 2012, 23(2), 142-147.
27. Lang Q., Wai C.M. Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies - a practical review. *Talanta*, 2001, 53, 771-782.
28. Lemay M.-J., Choquette J., Delaquis P.J., Gariépy C., Rodrigue N., Saucier L. Antimicrobial effect of natural preservatives in a cooked and acidified chicken meat model. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 78, 217-226.
29. Mendoza-Yepes M.J., Sanchez-Hidalgo L.E., Maertens G., Marin-Iniesta F. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and other bacteria by a plant essential oil (DMC) in Spanish soft cheese. *Journal of Food Safety*, 1997, 17, 47- 55.
30. Molva C., Baysal A.H. Antimicrobial activity of grape seed extract on *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM 3922 vegetative cells and spore in apple juice. *LWT*, 2015, 60, 238-245.
31. Omidbeygi M., Barzegar M., Hamidi Z., Naghdibadi H. Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste. *Food Control*, 2007, 18, 1518-1523.
32. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych (Dz.U. 2010 nr 232 poz. 1525), <http://isap.sejm.gov.pl> (dostęp on-line: 20.04.2016).
33. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 kwietnia 2004 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu (Dz. U. Nr 94, poz. 933), <http://isap.sejm.gov.pl> (dostęp on-line: 20.04.2016).
34. Sagdic O. Sensitivity of four pathogenic bacteria to *Turkish thyme* and oregano hydrosols. *LWT*, 2003, 36, 467-473.
35. Singh N., Singh R.K., Bhunia A.K., Stroshine R.L. Efficacy of chlorine dioxide, ozone and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. *LWT*, 2002, 35, 720-729.
36. Skandamis P.N., Nychas G.-J.E. Development and evaluation of a model predicting the survival of *Escherichia coli* O157:H7 NCTC 12900 in homemade eggplant salad at various temperatures, pHs and oregano essential oil concentrations. *Applied of Environmental Microbiology*, 2000, 66, 1646-1653.
37. Smith R.L., Cohen S.M., Doull J., Feron V.J., Goodman J.I., Marnett L.J., Portoghese P.S., Waddell W.J., Wagner B.M., Hall R.L., Higley N.A., Lucas-Gavin C., Adams T.B. A procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food: essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, 2005, 43, 345-363.
38. Smith-Palmer A., Stewart J., Fyfe L. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food Microbiology*, 2001, 18, 463-470.
39. Stecchini M.L., Sarais I., Giavedoni P. Effect of essential oils on *Aeromonas hydrophila* in a culture medium and in cooked pork. *Journal of Food Protection*, 1993, 56, 406-409.
40. Tajkarimi M.M., Ibrahim S.A., Cliver D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 2010, 21, 1199-1218.
41. Tongnuanchan P., Benjakul S. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 2014, 79, R1231-R1249.

42. Tsigarida E., Skandamis P., Nychas G.-J.E. Behaviour of *Listeria monocytogenes* and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5°C. *Journal of Applied Microbiology*, 2000, 89, 901-909.
43. Tyagi A.K., Gottardi D., Malik A., Guerzoni M.E. Anti-yeast activity of mentha oil and vapours through *in vitro* and *in vivo* (real fruit juices) assays. *Food Chemistry*, 2013, 137, 108-114.
44. Vergis J., Gokulakrishnan P., Agarwal R.K., Kumar A. Essential oils as natural food antimicrobial agents: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, 55, 1320-1323.
45. Vrinda M.K., Garg S.R. Inhibitory effect of clove oil on *Listeria monocytogenes* in meat and cheese. *Food Microbiology*, 2001, 18, 647-650.

PROJEKT MOST JAKO INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE DLA ZAKŁADÓW PRODUKCJI I DYSTRYBUCJI ŻYWNÓŚCI

Streszczenie

W Europie marnuje się ok. 89 mln ton żywności, odpowiadającej 20-30% ogólnej masy zakupionych produktów spożywczych, z czego prawie 67% nadawałaby się do konsumpcji. Nieracjonalne wykorzystanie żywności poza stratami ilościowymi oznacza zagrożenie dla środowiska naturalnego, powoduje nadmierne zużycie zasobów naturalnych, wpływa na globalne ocieplenie, tym samym stanowi barierę w zrównoważonym rozwoju sektora żywnościowego w skali globalnej. Jednym z narzędzi, które mogłyby doprowadzić do ograniczenia marnotrawstwa bezpiecznej żywności, jest wspieranie działań przedsiębiorstw przez opracowanie procedur pozwalających na racjonalne wykorzystanie żywności na cele społecznie użyteczne. Taki cel ma prowadzony projekt MOST, którego finalnym etapem jest opracowanie i upowszechnienie Procedury Ograniczenia Strat i Marnowania Żywności z Korzyścią dla Społeczeństwa.

Wprowadzenie

Redukcja strat i marnowania żywności może być rozważana jako jeden ze sposobów przyczyniających się do poprawy bezpieczeństwa żywnościowego w przyszłych dekadach. Zgodnie z definicją FAO bezpieczeństwo żywnościowe to nieprzerwany, swobodny dostęp fizyczny i ekonomiczny do żywności, który pozwala na zaspokojenie potrzeb żywnościowych i gwarantuje prawidłowy rozwój oraz zachowanie sprawności fizycznej i intelektualnej ludzi, przy jednoczesnym podkreśleniu aspektu bezpieczeństwa zdrowotnego żywności, rozumianej jako brak zanieczyszczeń biologicznych, chemicznych i fizycznych, które mogłyby zagrażać zdrowiu konsumentów [Gustavsson i in., 2011]. Optymalnym rozwiązaniem jest utrzymanie równowagi pomiędzy popytem a podażą żywności, ponieważ możliwe w każdą ze stron odchylenia prowadzą do niepożądanych zjawisk. Nadmiar żywności znajdującej się w obrocie prowadzi do marnowania surowców i produktów spożywczych, które mogłyby być wykorzystane na cele konsumpcyjne.

Ze względu na złożony charakter łańcucha żywnościowego – jego wieloetapowość, skomplikowaną strukturę organizacyjną, proces zarządzania racjonalnym przepływem i zagospodarowaniem żywności jest dużym wyzwaniem. Efektem zachodzących błędów, wzrostu masy towarów znajdującej się w obrocie oraz wydłużania się kanałów dystrybucyjno – logistycznych jest coraz większa skala strat i marnotrawstwa żywności na świecie. Zjawisko to dotyczy wszystkich etapów łańcucha żywnościowego „od pola do stołu” poczynając od produkcji pierwotnej, przez przetwórstwo, handel, gastronomię i dystrybucję, a kończąc na użytkowaniu w gospodarstwach domowych.

Skutki strat i marnotrawstwa żywności – wymiary problemu

Problem zmarnowanej żywności, dotyczy nie tylko skali zjawiska, ale ma wpływ na aspekty ekonomiczne, społeczne (etyczne), a także środowiskowe i energetyczne.

W aspekcie ekonomicznym, najistotniejsze znaczenie mają straty finansowe ponoszone przez przedsiębiorstwa całego łańcucha żywnościowego, wynikające z braku zapłaty (rozliczenia) za wytworzony (transportowany, przeznaczony do sprzedaży) produkt. Zagospodarowanie traconej żywności wymaga też poniesienia dodatkowych kosztów związanych z ich utylizacją, wywozem na wysypisko, opłatami, podejmowaniem działań prewencyjnych. Należy zwrócić uwagę na ponoszone nakłady finansowe, wynikające z nakładów pracy ludzkiej, kosztów zakupu surowców, eksploatacji maszyn, utrzymywania systemów gwarantujących bezpieczeństwo zdrowotne, czy też zużycia zasobów naturalnych [FAO, 2013].

Nieracjonalne wykorzystanie żywności poza stratami ilościowymi oznacza zagrożenie dla środowiska naturalnego, powoduje nadmierne zużycie zasobów naturalnych, wpływa na globalne ocieplenie, tym samym stanowi barierę w zrównoważonym rozwoju sektora żywnościowego w skali globalnej. Problem zmarnowanej żywności, dotyczy nie tylko skali zjawiska i jego aspektów etycznych, ale również późniejszego postępowania z odpadami. Wzrost ogólnej masy wyrzucanej żywności, warunkuje konieczność zagospodarowania większej ilości odpadów organicznych i nieorganicznych (opakowań). Konsekwencją rosnącej ilości odpadów jest nasilenie emitowanego do środowiska metanu. Według Bernstada i Anderssona [2015] za powstawanie około 1/5 gazów cieplarnianych odpowiedzialne są ogniwa przetwórstwa i dystrybucji żywności.

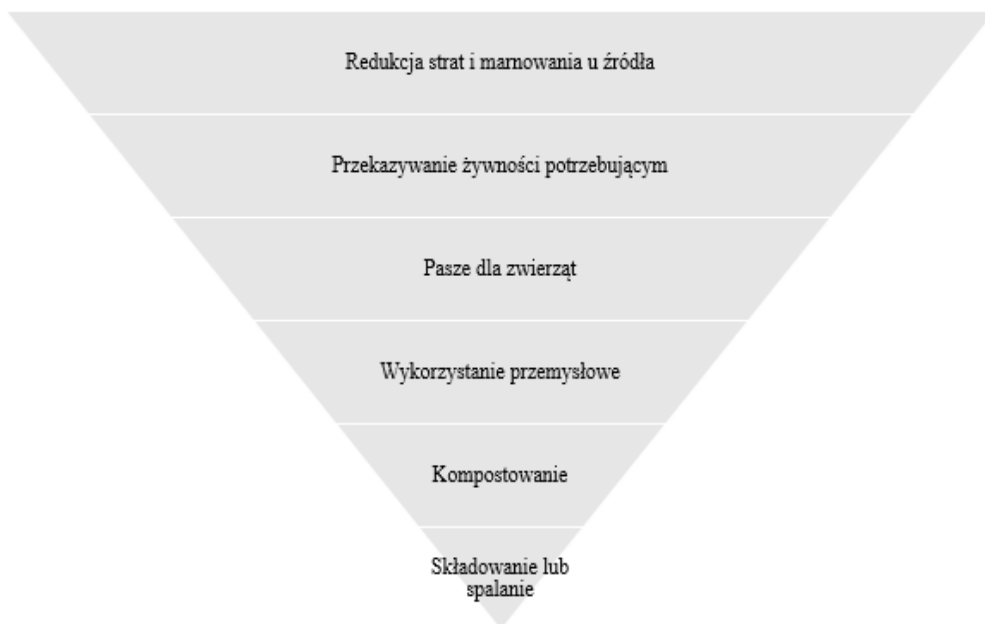
Kolejnym wskaźnikiem, określającym negatywny wpływ strat i marnotrawstwa żywności na środowisko naturalne jest odniesienie masy niespożytej żywności do ilości zużytej wody do jej produkcji. Szacuje się, że ilość zmarnowanej wraz z żywnością wody w ujęciu globalnym, dla całego świata wynosi ok. 250 km³ rocznie [Food Statistics Pocketbook, 2012].

Marnotrawstwo żywności to nie tylko generowanie strat finansowych, ale również bezpowrotne utracenie wartości energetycznej. Lipiński i in. [2013] oszacowali, że

przedstawiony poziom strat żywności (1,3 miliarda ton żywności rocznie) jest ekwiwalentem $1,5 \times 10^{24}$ kcal (1,5 kwadrylionu kcal). Hierarchię strat określanych w odniesieniu do utraconej wartości kalorycznej można wg tych autorów uszeregować w kolejności: produkty zbożowe (53%), warzywa korzeniowe i bulwiaste (14%), warzywa i owoce (13%), oleje jadalne (8%), mięso (7%), mleko i produkty mleczne (4%), ryby i owoce morza (1%).

Ograniczenie strat i marnowania żywności w Unii Europejskiej

Dokumenty unijne nawołują państwa członkowskie do ograniczenia powstawania odpadów żywnościowych, na wszystkich etapach łańcucha żywnościowego. Działania te wpisują się w założenia związane ze strategią „Europa 2020”. W roku 2010 Dyrektoriat Środowiska Komisji Europejskiej wydał opracowanie „*Preparatory Study on Food Waste Across EU 27*” [Preparatory Study, 2010]. Zidentyfikowano w nim 106 inicjatyw podejmowanych w krajach członkowskim w celu ograniczenia strat żywności. Hierarchia zapobiegania stratom żywności została opracowana przez amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (*US Environmental Protection Agency*) (Rys. 1).



Rysunek 1. Hierarchia zmniejszania/odzyskiwania strat żywności według US EPA
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Preparatory Study, 2010

Priorytetowe jest redukcja u „źródła” strat, następującej kolejności: przeznaczenie nadwyżek na żywienie potrzebujących, pasze dla zwierząt, wykorzystanie przemysłowe, kompostowanie i na koniec spalanie lub składowanie. Większość inicjatyw

przedstawionych w tym opracowaniu wskazuje na redukcję surowców (pierwszy stopień w hierarchii), ale 11 z nich odnosi się do przekazywania na cele społeczne.

Wśród inicjatyw redukcji u „źródła” wymienia się takie jak: kampanie uwrażliwiające głównie gospodarstwa domowe, szkoły czy żywienie zbiorowe, narzędzia informacyjne (przewodniki, broszury), szkolenia przede wszystkim w hotelarstwie, restauracjach itp., poprawa logistyki żywności (wśród nich: narzędzia zarządzania produktami, sprzedaży produktów o zbliżającej się dacie ważności w obniżonej cenie), zaangażowanie producentów w ocenianie ponoszonych strat żywności, różnorodne badania naukowe dotyczące np. opakowań czy wskaźników temperaturowych, prawne środki regulacyjne. Te ostatnie są stosowane najrzadziej i dotyczą np. w Irlandii konieczności segregacji zmarnowanej żywności [Preparatory Study, 2010].

Przykładem dystrybucji żywności na cele społeczne jest brytyjski program *FareShare* pozyskujący na cele społeczne produkty z sieci handlowych. Inne programy redystrybucji żywności, np. przez banki żywności, są także efektywne i podkreśla się ich korzystne działanie. Najważniejsze z nich przedstawiono w tabeli 1. Jednak skala odzyskanej w ten sposób żywności jest niewielka, ok. 10% strat.

Jednym z obszarów dyskusji na forum Parlamentu Europejskiego jest określenie działań prewencyjnych w zakresie ograniczenia marnowania żywności. Dokumentem opracowanym w tym celu jest rezolucja „Jak uniknąć marnotrawienia żywności: strategie na rzecz poprawy wydajności łańcucha żywnościowego w UE („*How to avoid food wastage: strategies for a more efficient food chain in the EU*”) [Rezolucja Parlamentu Europejskiego, 2012], która wskazuje na konieczność podjęcia konkretnych działań minimalizujących zjawisko marnotrawienia żywności, wymiany doświadczeń i praktyk przez wszystkie kraje członkowskie, jak również współpracy międzysektorowej w łańcuchu żywnościowym „od pola do stołu”. Parlament zwrócił się w niej do Komisji Europejskiej o przyjęcie konkretnych środków zmierzających do zmniejszenia o 50% marnotrawstwa żywności do 2025 roku. Między innymi wezwał Komisję do oceny i propagowania środków w celu zmniejszenia marnotrawstwa żywności, takich jak podwójne etykietowanie ("sprzedać do" i "użyć do") czy sprzedaż żywności o upływającym terminie przydatności i uszkodzonych towarów po obniżonej cenie. Zauważa, że optymalizacja i wydajne wykorzystanie opakowań żywności mogą odgrywać ważną rolę w zapobieganiu marnotrawstwu żywności poprzez zmniejszenie negatywnego wpływu danego produktu na środowisko, nie tylko za pomocą przemysłowego eko-projektu, który obejmuje środki, takie jak zmiana wielkości opakowań, tak aby dać konsumentom możliwość zakupu odpowiedniej ilości produktu. Należy także udzielać porad na temat przechowywania i wykorzystania produktów i projektowania opakowań w taki sposób, aby zwiększyć trwałość towarów i utrzymać ich świeżość.

Tabela 1. Programy zainicjowane w UE w celu ograniczenia strat żywności

Nazwa programu	Rodzaj programu	Adresat	Kraj	Rok implementacji
Love Food Hate Waste	Kampania społeczna	Gospodarstwa domowe	Wielka Brytania	2008
Nowa irlandzka regulacja prawna dotycząca konieczności segregacji marnowanej żywności	Polityka rządowa	Biznes żywnościowy	Irlandia	2009
Approved food	Redystrybucja żywności	Gospodarstwa domowe	Wielka Brytania	2009
Buon Samaritano	Redystrybucja żywności	Szkoły, sieci handlowe	Włochy	2005
Spółdzielnia ramy dla poprawy łańcucha dostaw	Dobrowolne porozumienia, poprawa logistyki	Producenci, dystrybutorzy	Holandia	2006
Świadomość strat żywności w sieci restauracji Eurest	Program oceniania strat, zwiększenie świadomości	Biznes żywnościowy	Szwecja	Nie znany
Rozporządzenie Komisji Europejskiej 1221/2008	Prawo – wycofanie restrykcyjnych wymagań dotyczących kształtu i rozmiaru warzyw i owoców	Biznes żywnościowy	Europa	2009
FareShare	Redystrybucja żywności	Wielkie sieci handlowe	Wielka Brytania	2004
„Ale carte” menu	Poprawa logistyki	Żywnienie szpitalne	Dania	2008

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Preparatory Study..., 2010

W związku z tym, że jak wynika z badań, 18% mieszkańców Unii Europejskiej nie rozróżnia informacji na opakowaniu „należy spożyć do” i „najlepiej spożyć przed”, Parlament zwrócił się do Komisji i państw członkowskich o wyjaśnienie tych pojęć konsumentom, ze zwróceniem uwagi, że minimalna trwałość "najlepiej spożyć przed" jest związana z jakością, a "termin przydatności do spożycia" „należy spożyć do” są związane z bezpieczeństwem zdrowotnym.

Idea modelu ograniczania strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa – MOST

Odpowiedzią na zdiagnozowane zjawiska w Polsce jest nowatorski projekt badawczy o nazwie „Model ograniczania strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa” (akronim MOST), realizowany i finansowany w ramach I konkursu Innowacje Społeczne Narodowego Centrum Badań i Rozwoju¹. Projekt został zgłoszony przez konsorcjum pod kierownictwem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności [www.projektmost.niemarnuje.pl].

Jednym z narzędzi, które mogłyby pomóc i doprowadzić do ograniczenia marnotrawstwa żywności, jest wspieranie działań przedsiębiorstw przez opracowanie procedur pozwalających na racjonalne wykorzystanie żywności na cele społecznie użyteczne, w ramach obowiązujących zasad prawnych, dotyczących zachowania bezpieczeństwa zdrowotnego żywności.

Punktem wyjścia do opracowania procedury Ograniczenie Strat i Marnowania Żywności z Korzyścią dla Społeczeństwa (MOST) była szczegółowa analiza dostępnej literatury przedmiotu, opracowanie narzędzi badawczych w formie kwestionariusza ankiety oraz przeprowadzenie badań własnych. Badania pozwoliły na zgromadzenie danych dotyczących podstawowych przyczyn powstawania strat żywności w handlu, transporcie oraz przetwórstwie. Następnie ustalono definicje pojęć (m. in. zagrożenie, analiza zagrożeń obniżenia jakości produktu, ocena istotności zagrożenia, kategoria zagrożenia, Potencjalny Punkt Odzysku, weryfikacja, Punkt Odzysku) umożliwiających przystąpienie do dalszych analiz.

Procedura Ograniczenie Strat i Marnowania Żywności z Korzyścią dla Społeczeństwa (MOST)

Zaproponowana procedura została oparta na obligatoryjnym systemie HACCP (Tab. 2), który musi być wdrożony w każdym ogniwie łańcucha żywnościowego, zajmującym się produkcją, obrotem, transportem żywności. Taki sposób opracowania procedury jest kompatybilny z już istniejącą dokumentacją w przedsiębiorstwie, co znacznie ułatwia i usprawnia jej wdrożenie.

Za sprawne wdrożenie i funkcjonowanie modelu MOST powinien odpowiadać specjalnie w tym celu powołany przez kierownictwo firmy zespół (1 etap). Zespół ds. MOST mogą tworzyć członkowie zespołu ds. HACCP. Osoby te powinny być kompetentne oraz reprezentować różne działy firmy. Należy powołać lidera, którego głównym zadaniem jest koordynacja pracy zespołu oraz kontakt z organizacją ds.

¹ Umowa z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju Nr/IS-1/031/NCBR/2014 o wykonanie i finansowanie projektu realizowanego w ramach program “Innowacje Społeczne” pt. “Model ograniczania strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa” (akronim MOST)

redystrybucji żywności na cele społeczne. W kolejnym 2. i 3. etapie należy opisać produkty znajdujące się w asortymencie firmy oraz wskazać ich przeznaczenie. Etap 4. i 5. polega na opracowaniu diagram przepływu produktu i jego zweryfikowaniu w rzeczywistych warunkach. Dokumenty z etapów 2., 3., 4. mogą, a nawet powinny zostać zaczerpnięte z Planu HACCP.

Tabela 2. Porównanie systemu HACCP z procedurą MOST

ETAP	HACCP	Procedura MOST
1	Powołanie zespołu ds. HACCP	Powołanie zespołu ds. MOST
2 i 3	Opis i przeznaczenie produktu	Opis i przeznaczenie produktu
4	Sporządzenie diagramu przepływu, schemat procesu	Opracowanie diagramu przepływu produktu
5	Weryfikacja schematu	Weryfikacja diagramu przepływu produktu
6	Analiza zagrożeń (zasada 1)	Analiza zagrożeń obniżenia jakości produktu
7	Określenie Krytycznych Punktów Kontroli (CCP) (zasada 2)	Wyznaczenie Potencjalnych Punktów Odzysku żywności (PPO)
8	Ustalenie limitów krytycznych (zasada 3)	Określenie limitów dla wyznaczonych PPO
9	Ustalenie monitorowania CCP (zasada 4)	Określenie działań monitorujących w PPO
10	Ustalenie działań korygujących (zasada 5)	Walidacja PPO zgodnie z metodą FMEA - PO
11	Opracowanie procedury weryfikacji systemu (zasada 6)	Weryfikacja Modelu MOST
12	Utworzenie dokumentacji (zasada 7)	Dokumentacja i zapisy Modelu MOST

Źródło: opracowanie własne

Etap 6. polega na przeprowadzeniu analizy zagrożeń obniżenia jakości produktu. Zagrożenia, rozumiane jako czynniki mogące doprowadzić do niemożliwości wykorzystania produktu na cele konsumpcyjne, a tym samym przyczynić się do bezpowrotnej utraty jadalnej masy żywności zostały skategoryzowane w czterech grupach: bezpieczeństwa zdrowotnego, wartości sensorycznej, wartości odżywczej oraz dyspozycyjności. Dla każdego z etapów przepływu produktu w firmie, zgodnie z opracowanym wcześniej diagramem, należy określić czynnik zagrożenia, przyczynę jego powstania, skutek oraz przyporządkować odpowiednią kategorię (Tab. 3).

Tabela 3. Przykład analizy zagrożeń obniżenia jakości produktu w handlu, na etapie przyjęcia towaru

Etap	Czynnik	Przyczyna	Skutek	Kategoria zagrożenia
Przyjęcie towaru	Uszkodzenie opakowania zbiorczego bez uszkodzenia opakowania jednostkowego	Niewłaściwy system pracy, niewłaściwe zarządzanie produktem (np. nieodpowiednie zestawienie towaru w transporcie, brak zabezpieczeń podczas transportu), niewłaściwa organizacja pracy, nieuwaga pracowników, nieprzestrzeganie procedur stanowiskowych, niewłaściwy rodzaj opakowania	Odmowa przyjęcia towaru do sklepu	Dyspozycyjność

Źródło: opracowanie własne

Następnie należy przeprowadzić ocenę istotności zagrożenia w trójstopniowej skali, gdzie 1 oznacza najniższą istotność, zaś 3 najwyższą, której efektem jest wyznaczenie Potencjalnych Punktów Odzysku żywności (PPO). Potencjalny Punkt Odzysku został zdefiniowany jako operacja lub etap procesu w łańcuchu żywnościowym „od pola do stołu”, w którym ocena istotności zagrożenia wskazuje na możliwość zastosowania działania zapobiegającego lub eliminującego ryzyko zmarnowania produktu żywnościowego, z możliwością przekazania na cele społeczne (przy czym niezbędna jest dalsza walidacja). W przypadku każdego wyznaczonego PPO należy ustanowić limity krytyczne, dzięki którym zostanie rozróżnione to, co jest akceptowane (możliwe) do odzyskania, od tego co nie jest akceptowane (niemożliwe) do odzyskania. Ponadto wyznaczone PPO zgodnie z założoną metodyką wymagają monitorowania, czyli obserwacji lub pomiarów parametrów kontrolnych w celu upewnienia się, że odzysk produktu jest możliwy i bezpieczny dla konsumenta (Tab. 4).

Kolejnym etapem jest walidacja wyznaczonych PPO (Tab. 4), zgodnie z opracowaną w tym celu metodą FMEA-PO, bazującą na założeniach klasycznej Analizy Rodzajów i Skutków Możliwych Błędów, celem zapobiegania skutkom wad, które mogą wystąpić. Adaptacja systemu FMEA-PO polega na wyodrębnieniu charakterystycznych dla procesu marnotrawstwa żywności składowych takich jak: możliwość wykrycia zagrożeń w zakładzie (A), możliwość zagospodarowania produktów przez organizacje pożytku publicznego (B) oraz zachowanie jakości produktów do momentu konsumpcji (C). Dla trzech wymienionych komponentów ustanowiono 5-stopniową skalę punktową, gdzie brak możliwości wykrycia zagrożeń wynosi 1, a natychmiastowa możliwość wykrycia – 5.

W celu łatwej walidacji wyznaczonych PPO, system FMEA-PO określono wzorem:

$$\text{FMEA-PO} = \text{A} \times \text{B} \times \text{C}.$$

Po pomnożeniu odpowiednich składowych otrzymuje się wynik, który mieści się w przedziale 1-125. W metodzie przyjęto, że PO jest potwierdzony, gdy otrzymana wartość jest większa od 27 i mniejsza od 125. PO dopuszczony warunkowo przyjmuje wartość większą od 18 i mniejszą od 26, zaś PO odrzucony mieści się w zakresie od 1 do 16. Zweryfikowane w ten sposób PPO, po uzyskaniu pozytywnej oceny zostaje uznane za Punkt Odzysku (PO), z którego w sposób bezpieczny można pozyskać żywność (Tab. 5).

Tabela 4. Limity krytyczne, monitoring, walidacja dla PPO wyznaczonego w handlu na etapie przyjęcia towaru

PPO	Limity krytyczne	Monitorowanie	Walidacja PPO zgodnie z metodą FMEA - PO
Przyjęcie towaru	Produkt czysty, nieprzerwana bariera ochronna opakowania jednostkowego	Ocena wizualna opakowania jednostkowego	WPPO zgodnie z metodą FMEA PO, Kontakt i przekazanie produktu do FPBŻ zgodnie z procedurą MOST

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Walidacja PPO zgodnie z metodą FMEA – PO wyznaczonego PPO w handlu na etapie przyjęcia towaru

PPO	A	B	C	PO potwierdzony $27 < \text{PO}_{\text{FMEA}} < 125$
Przyjęcie towaru	5*	4**	5***	100

Źródło: opracowanie własne.

*- Możliwość wykrycia zagrożeń w PPO bardzo wysoka w każdej kontrolowanej partii

** - Duża ilość produktów do zagospodarowania na cele społeczne i długi czas na działanie

*** - Cechy sensoryczne lub/i jakość produktów w ogóle niezmienione i będą zachowane w transporcie do punktów docelowych

Kolejnym etapem jest określenie czy wdrożony model MOST działa prawidłowo i pozwala w sposób efektywny i skuteczny na realizację założonych rezultatów (etap 11). Weryfikacja modelu MOST powinna mieć charakter cykliczny i zaplanowany. Częstotliwość działań prowadzonych w tym zakresie powinna zostać ustalona przez zespół ds. MOST. Weryfikacji podlegać powinien plan MOST wraz ze wszystkimi zapisami. Narzędziem weryfikacji systemu może audyt wewnętrzny, przeprowadzany wspólnie z audytem HACCP.

Ostatni etap dotyczy dokumentacji prowadzonej w ramach modelu MOST. Zapisy powinny być udokumentowane oraz prowadzone w sposób czytelny i jasny. Wszelkie

prowadzone zmiany w dokumentacji powinny być odnotowane, a wcześniejsze wersje dokumentów archiwizowane.

Podsumowanie

Oczekiwany efektem Modelu Ograniczenia Strat i Marnowania Żywności z Korzyścią dla Społeczeństwa (MOST) jest ułatwienie współpracy między firmami, a organizacjami zajmującymi się redystrybucją żywności, a co za tym idzie zachęcenie do przekazywania żywności i ograniczenie skali jego marnotrawstwa. To nowatorskie podejście może stanowić bazę do budowania społecznej odpowiedzialności wśród wszystkich ogniw łańcucha żywnościowego oraz zwiększenia społecznej świadomości w zakresie strat żywności.

Procedura MOST bazująca na obligatoryjnym w branży spożywczej systemie HACCP, będzie zrozumiała dla pracowników i łatwa do wdrożenia, dzięki ograniczeniu konieczności poniesienia dodatkowych nakładów pracy w celu opracowywania dużej liczby nowych dokumentów.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, przyznanych na podstawie decyzji Nr/IS-1/031/NCBR/2014 o wykonanie i finansowanie projektu realizowanego w ramach program "Innowacje Społeczne" pt. "Model ograniczania strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa" (akronim MOST).

Literatura

1. Bernstad, T. Andersson, Food waste minimization from a life – cycle perspective. Journal of Environmental Management 2015, 147, 219-226.
2. FAO. 2013. Food wastage footprint. Impacts on natural resources. Summary Report. Natural Resources Management and Environment Department. <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf> (dostęp on-line: 6.04.2016 r.).
3. Food Statistics Pocketbook 2012 [online] DEFRA. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130123162956/http://www.defra.gov.uk/statistics/files/defra-stats-foodfarm-food-pocketbook-2012-130104.pdf> (dostęp on-line: 6.04.2016 r.)
4. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., Meybeck, A. Global food losses and food waste. Extent, Causes and Prevention. Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), Gothenburg (Sweden), and FAO, Rome (Italy) 2011.
5. Lipiński B., Hanson C., Lomax J., Kitinoja L., Waite R., Searchinger T. Reducing food loss and waste. World Resources Institute Working Paper, June 2013.
6. Preparatory Study On Food Waste Across EU 27. Technical Report, October 2010. [online] European Communities. http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/bio_foodwaste_report.pdf (dostęp on-line: 02.04.2016 r.)
7. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 19 stycznia 2012 r. Jak uniknąć marnotrawienia żywności: strategię na rzecz poprawy wydajności łańcucha żywnościowego w UE, 2011/2175(INI) <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P7-TA-2012-0014+0+DOC+XML+V0//PL> (dostęp on-line: 6.04.2016 r.).
8. www.projektmost.niemarnuje.pl/ (dostęp on-line: 6.04.2016 r.).

ROLNICTWO EKOLOGICZNE JAKO ŹRÓDŁO ŻYWNOSCI FUNKCJONALNEJ

Wprowadzenie

Wielowiekowa tradycja ludów Dalekiego Wschodu traktujących żywność jako pożywienie i lekarstwo dała podstawy nowej żywności, która najczęściej jest znana pod nazwą żywności funkcjonalnej [Roberfried, 1999; Higman, 2012; Gawęcki, 2015]. Za ojców współczesnej żywności funkcjonalnej uznaje się Japończyków, którzy zapoczątkowali badania i w 1984 roku pierwsi ją zdefiniowali jako FOSHU (Foods for Specified Health Use) – żywność o specjalnym zastosowaniu zdrowotnym. Japonia jest też pierwszym i jedynym krajem na świecie posiadającym regulacje prawne w zakresie żywności funkcjonalnej (od 1991 roku) i specjalną procedurę przyznawania produktom statusu takiej żywności [Arai, 1996].

W Europie definicja żywności funkcjonalnej została sformułowana w 1999 roku w końcowym dokumencie projektu FUFOS (Functional Food Science in Europe) i brzmi następująco: „Żywność może być uznana za funkcjonalną, jeśli udowodniono jej korzystny wpływ na jedną lub więcej funkcji organizmu ponad efekt odżywczy, który to wpływ polega na poprawie stanu zdrowia, samopoczucia i/lub zmniejszeniu ryzyka chorób. Żywność ta musi przypominać postacią żywność konwencjonalną i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą – przy czym nie są to tabletki albo kapsułki, ale część składowa prawidłowej diety” [Scientific Concepts, 1999]. Korzystny wpływ żywności funkcjonalnej na zdrowie i ogólną kondycję organizmu człowieka wynika z zawartości w niej wielu cennych substancji biologicznie czynnych oraz z optymalnie fizjologicznie proporcji składników odżywczych [Siro i in., 2008; Czapski i Górecka, 2014; Gadomska i in., 2014].

Ekologiczne rolnictwo jest systemem wyraźnie polepszającym jakość surowców rolniczych [Rembiałkowska, 2004; Winter i Davis, 2006; Załęcka i Rembiałkowska, 2013; Golinowska, 2013]. Potwierdzona w badaniach Kilar i Ruda [2014], Kuczyńskiej [2011], Staniak [2014], Rembiałkowskiej i Hellmann [2008b], Hallmann i Rembiałkowskiej [2007] większa różnorodność i ilość składników w żywności wytworzonej metodami ekologicznymi nadają jej status żywności funkcjonalnej. Szersze wprowadzenie do diety tego rodzaju żywności funkcjonalnej może znacząco ograniczyć występowanie wielu schorzeń cywilizacyjnych [Grajeta, 2004; Olędzka, 2007; Bąkowska-Barczak i in., 2007; Saraf i in., 2007; Gadomska i in., 2014; Saluk-Juszczak i in., 2010; Trziszka i Różański, 2015].

Celem pracy jest określenie prognoz rozwoju ekologicznego rolnictwa w Polsce jako źródła naturalnej żywności funkcjonalnej.

Cechy funkcjonalne żywności ekologicznej

Castellini i in. [2002] stwierdzili w mięśniach ekologicznych kurcząt większy udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz fosfolipidów. Ekologiczne mięso wołowe miało wyższy poziom β -karotenu, α -tokoferolu i retinolu (odpowiednio o: 0,152, 4,051 i 0,112 $\mu\text{g/g}$ tkanki) [Walshe i in., 2006] oraz wyższy o 0,80% poziom kwasu CLA [Nielsen i Thamsborg, 2005]. W ekologicznym surowcu wieprzowym wykazano wyższą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych [Grela i Kowalczyk, 2009; Kim i in., 2009] i wyższe stężenie mioglobiny [Millet i in., 2004]. Ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych była też wyższa w ekologicznym mięsie pozyskanym z jagniąt [Angood i in. 2008] i królików [Pla i in., 2007]. Ponadto Pla i in. [2007] odnotowali korzystniejsze proporcje wielonienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych. Z badań Angood i in. [2008] wynika, że ekologiczna jagnięcina była bardziej soczysta i aromatyczna i miała o 55% więcej kwasów tłuszczowych n-3. Wójciak [2012] podaje, że ekologiczna jagnięcina cechuje się wyższym udziałem sprzężonego kwasu linolowego (CLA). Mleko od krów z ekologicznych gospodarstw odznaczało się korzystniejszym składem kwasów tłuszczowych w porównaniu z mlekiem pozyskanym w intensywnej produkcji [Molkentin i Giesemnn, 2007; Butler i in., 2008]. Ellis i in. [2007] oraz Butler i Leifert [2009] w ekologicznym mleku stwierdzili więcej (od 31,8 do 39,4 g/kg) kwasów wielonienasyconych PUFA i niższy (korzystniejszy) stosunek kwasów n-6 do n-3 (0,42:0,23). Według Dewhursta i in. [2003] ekologiczne mleko zawiera o 2/3 więcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Zdaniem Butlera i in. [2008] poziom CLA w ekologicznym mleku może być nawet o 60% wyższy. Ponadto w ekologicznym mleku jest więcej witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i antyoksydantów, a szczególnie witaminy E i karotenoidów [Nielsen i in., 2004; Butler i in., 2008; Kuczyńska, 2011] oraz białek [Palupi i in., 2012]. Sokołowicz i in. [2012] stwierdzili, że jaja pochodzące z ekologicznej produkcji odznaczają się wyższą zawartością witaminy A i E oraz korzystnym stosunkiem kwasów tłuszczowych n-3 do n-6.

Ekstrakty z ekologicznych płodów rolnych w porównaniu do konwencjonalnych wykazywały silniejsze działanie antymutagenne i antyoksydacyjne oraz skuteczniej ograniczały proliferację komórek nowotworowych [Średnicka-Tober i in., 2015]. Surowce roślinne wytworzone ekologicznymi metodami cechuje niższa zawartość wody, co warunkuje teksturę produktów, a zarazem wyższą koncentrację substancji smakowych [Tyburski i Żakowska-Biemans, 2007]. Ekologiczne produkty

pochodzenia roślinnego charakteryzują się istotnie wyższymi zawartościami substancji biologicznie czynnych, a między innymi: witaminy C (o 47%), beta-karotenu (o 21,47%), flawonoidów (o 99,31%) oraz związków polifenolowych o charakterze przeciwutleniającym (o 36,22%). W ekologicznych warzywach i owocach stwierdzono znacznie wyższą zawartość związków mineralnych: fosforu (o 15,75%), żelaza (o 23,20%) i magnezu (o 35,75%) [Rembiałkowska, 2000; Rembiałkowska, 2004], a także cukrów ogółem (o 51,20%) oraz suchej masy (o 9,64%) [Rembiałkowska i Hallmann, 2008a]. Według Seidler-Łożykowskiej i in. [2005] rośliny zielarskie uprawiane ekologicznymi metodami odznaczają się wyższą zawartością składników mineralnych: potasu (o 13,61%), magnezu (o 19,63%), fosforu (o 12,03%). Również zawierają więcej kwasów fenolowych (o 23,14%), witaminy C (o 12,11%), flawonoli (o 15,45%) i suchej masy (o 8,41%) [Kazimierczak i in., 2012]. Zdaniem Hellera [2009] ekologiczne nasiona lnu mają nieznacznie wyższą (o 0,85-1,81%) zawartość kwasu α -linolenowego, ale niższą (o 3,16%) zawartość kwasu linolowego w porównaniu do nasion konwencjonalnych.

Źródła materiałów i postępowanie badawcze

Materiał badawczy stanowiły dane z raportów Głównego Inspektoratu Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych o stanie ekologicznego rolnictwa w Polsce. Zakres czasowy dostępnych danych obejmował okres od 2005 do 2014 roku. Z raportów wykorzystano informacje dotyczące: liczby gospodarstw ekologicznych, powierzchni ekologicznych użytków rolnych, średniej powierzchni gospodarstwa ekologicznego gospodarstwa oraz liczby przetwórci ekologicznych [Raporty o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce od 2005 do 2014 roku].

Perspektywy rozwoju ekologicznej produkcji określono na podstawie prognoz statystycznych do 2025 roku. Prognozy zmian oszacowano wykorzystując model regresji liniowej podanej przez Cieślak [2004] jako:

1. liniowa funkcja trendu

$$y_t^* = a + \beta t$$

2. logarytmiczna funkcja trendu

$$y_t^* = a + \beta \ln t \quad \text{gdzie } \beta > 0$$

gdzie:

y_t^* – wartość prognozy,

a – poziom podaży w okresie zerowym,

β – współczynnik regresji wyrażający tempo przyrostu podaży,

t – czas wyrażony w kolejnych latach (np. 2005 = 1, 2006 = 2, ... 2014 = 10).

Stan obecny i prognozy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce do 2025 roku

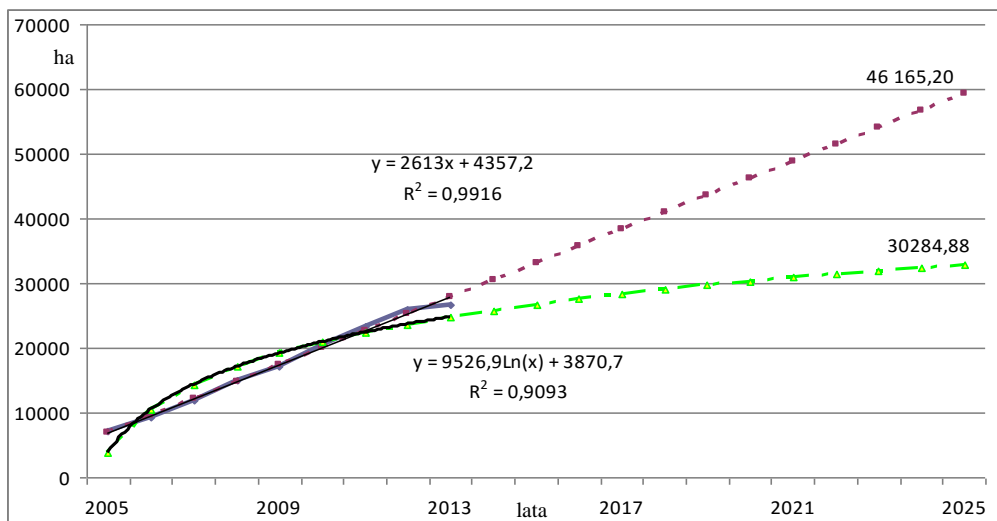
Era coraz większej świadomości potrzeby dbania o jakość życia wśród Polaków sprzyja rozwojowi ekologicznej produkcji żywności. Jej rozmiary wyznaczają ogólne zasoby rolnictwa ekologicznego.

Tabela 1. Potencjał rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2005-2014

Rok	Liczba gospodarstw	Powierzchnia użytków (tys. ha)	Średnia powierzchnia gospodarstwa (ha)	Liczba przetwórci
2005	7182	166,30	23,16	99
2006	9194	228,00	24,82	170
2007	12121	287,50	24,29	206
2008	15206	314,80	21,14	236
2009	17423	416,30	24,36	277
2010	20956	519,10	25,22	293
2011	23449	605,50	25,82	270
2012	25944	661,70	25,50	312
2013	26598	670,00	25,92	407
2014	25427	657,90	25,19	484

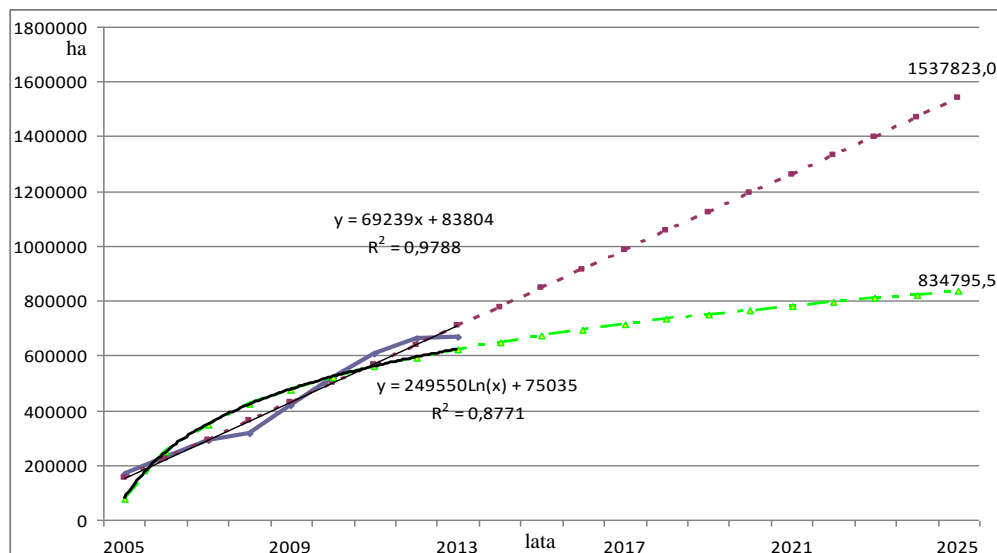
Źródło: Dane GIJHARS

Z badań wynika, że latach 2005-2014 w Polsce systematycznie wzrastała liczba gospodarstw rolniczych gospodarujących w systemie rolnictwa ekologicznego (Tab. 1). Tak znaczący przyrost (o 394%) liczby gospodarstw ekologicznych mógł być efektem wsparcia finansowego w ramach PROW 2007-2013 [2007], a także wzrostu świadomości konsumentów poszukujących żywności o wyższej wartości biologicznej [Szamrowski i Pawlewicz, 2014; Kowalska, 2015]. Wyznaczona prognoza wskazuje na dalszy wzrost liczby gospodarstw ekologicznych (Rys. 1). W 2025 roku w zależności od przyjętej metody prognozowania liczba gospodarstw ekologicznych w Polsce może wahać się od około 30285 (logarytmiczna funkcja trendu) do nawet około 46165 (liniowa funkcja trendu). Jednak ta optymistyczna prognoza liczby gospodarstw ekologicznych może się nie potwierdzić, bowiem od 2014 roku obowiązują nowe wymagania do uzyskania wsparcia finansowego w ramach PROW 2014-2020 [2014]. Zdaniem Szamrowskiego i Pawlewicza [2014] zastosowany limit powierzchniowy oraz degresywność mogą zmniejszyć liczbę gospodarstw o większym areale.



Rysunek 1. Progniza liczby gospodarstw ekologicznych w Polsce do 2025 roku

Z danych zawartych w tabeli 1. wynika, że wraz ze wzrostem liczby gospodarstw z certyfikowaną produkcją surowców żywnościowych zwiększała się ogólna powierzchnia ekologicznych użytków rolnych oraz średnia powierzchnia gospodarstwa ekologicznego.



Rysunek 2. Progniza powierzchni ekologicznych użytków rolnych w Polsce do 2025 roku

W 2014 r. ogólna powierzchnia ekologicznych użytków rolnych wynosiła około 660 tys. ha, przy średniej powierzchni gospodarstwa 25,19 ha. Najwięcej gruntów użytkowanych w systemie rolnictwa ekologicznego było w województwach:

zachodniopomorskim (129,4 tys. ha), warmińsko-mazurskim (117 tys. ha) oraz podlaskim (65 tys. ha) [Raporty o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce od 2005 do 2014 roku].

Prognozy wzrostu powierzchni ekologicznych użytków rolnych do 2025 roku w Polsce przedstawiono na rysunku 2. Interpretując wartości obliczonych funkcji można oczekiwać dalszego wzrostu ogólnej powierzchni ekologicznych użytków od około 835 tys. ha (logarytmiczna funkcja trendu) do około 154 tys. ha (liniowa funkcja trendu). Jak podaje GIJHARS w 2014 roku w strukturze ekologicznych upraw rolnych w Polsce największy udział miały roślin paszowych (35%), trwałe użytki zielone (31%) i zboża (17%) [Raporty o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce od 2005 do 2014 roku], co też może rzutować na produkcję surowców zwierzęcych.

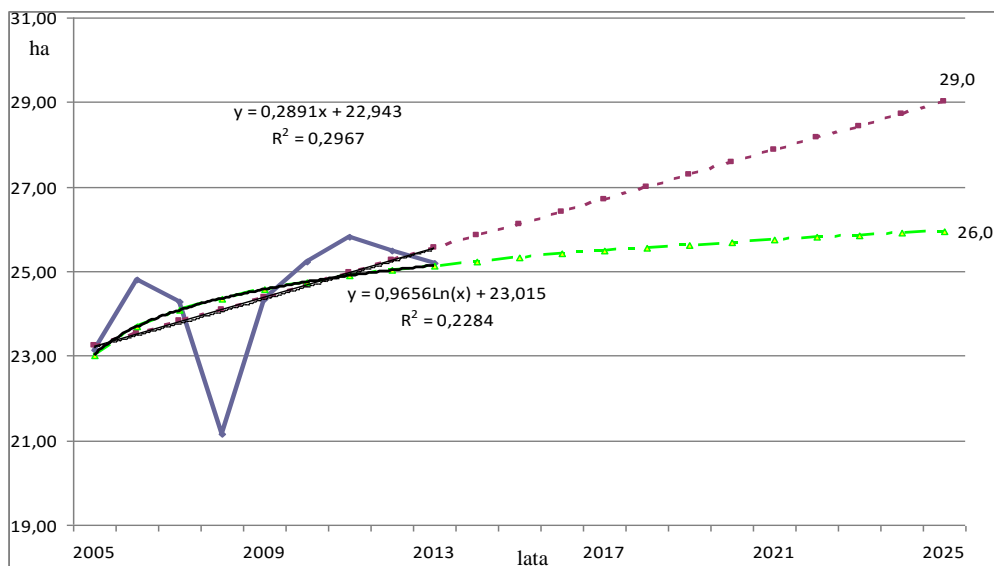
W 2014 roku w strukturze wielkości gospodarstw ekologicznych najwięcej (28,2%) było o powierzchni od 10 do 20 ha. Gospodarstwa o powierzchni od 5 do 10 ha stanowiły 23,3%, a gospodarstwa powyżej 100 ha 4,7%. Wielkość gospodarstwa ekologicznego w Polsce jest wyraźnie zróżnicowana regionalnie i waha się od około 10 ha w województwie małopolskim do 43 ha w województwie wielkopolskim [Raporty o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce od 2005 do 2014 roku]. W obowiązującej sytuacji prawnej lepszą pozycję rynkową mają gospodarstwa powierzchniowo większe [Szamrowski i Pawlewicz, 2014; Domagalska i Buczkowska, 2015]. Większe partie produktów ekologicznych, zwiększają ich dostępność w dużych aglomeracjach miejskich gdzie mieszka więcej konsumentów o wyższych dochodach.

Na rysunku 3. przedstawiono prognozy zmian średniej powierzchni gospodarstwa ekologicznego w Polsce do 2025 roku.

Według prognozy wyznaczonej na podstawie liniowej funkcji trendu należy oczekiwać dalszego zwiększenia średniej powierzchni gospodarstwa ekologicznego do około 29 ha. Zaś prognoza oszacowana na podstawie logarytmicznej funkcji trendu wskazuje, że wzrost będzie wolniejszy i nie przekroczy 26 ha.

Ważne znaczenie w dostępności do żywności ekologicznej ma baza przetwórcza. Produkty sezonowe jak owoce czy warzywa, aby były dostępne przez cały rok muszą być przetworzone. Przetworzeniu poddaje się też część surowców o krótszej trwałości jak mleko i mięso. Z kolei charakter ziarna zbóż powoduje, że spożywa się je dopiero po przetworzeniu [Gumul i in., 2005]. Wzrost zainteresowania przetwórstwem ekologicznych surowców rolniczych potwierdza liczba przybywających przetwórci. W 2014 roku w kraju było 484 przetwórci z certyfikatem rolnictwa ekologicznego (Tab. 1). Opracowany przez MRiRW

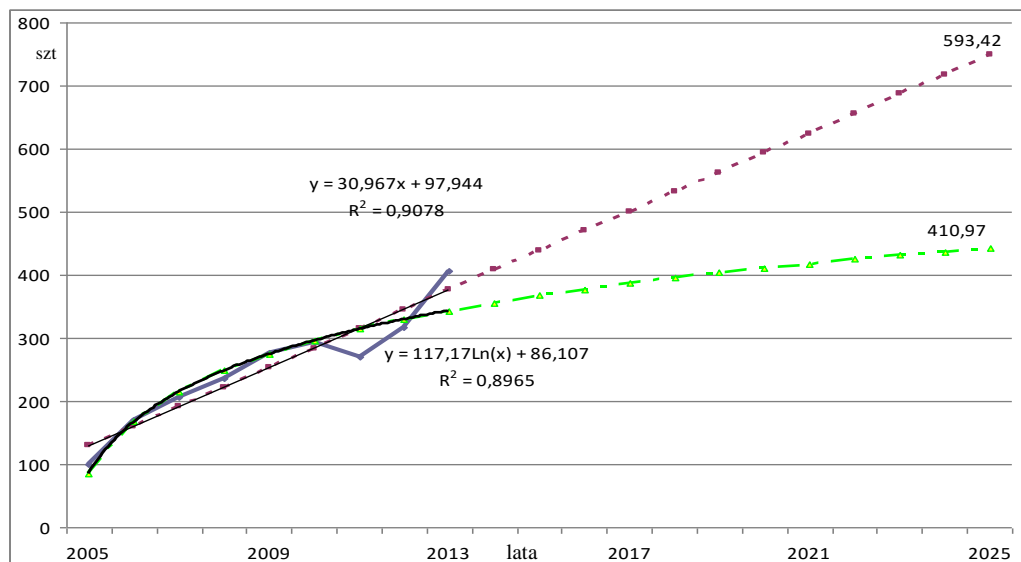
Ramowy Plan Działań dla Żywności i Rolnictwa Ekologicznego na lata 2014-2020 [2014] zakłada, że liczba przetwórci ekologicznych wzrośnie do około 700.



Rysunek 3. Prognoza średniej powierzchni gospodarstwa ekologicznego w Polsce do 2025 roku

Własna prognoza określona w dłuższym przedziale czasowym, bo do 2025 roku wskazuje na nieco inne wartości. Według logarytmicznej funkcji trendu liczba przetwórci będzie wynosić tylko 411 a według liniowej funkcji trendu wzrośnie do 594 (Rys. 4).

Analizując wartość średniego względnego błędu procentowego prognoz liczby przetwórci ekologicznych w Polsce można stwierdzić, że najlepiej dopasowaną do danych rzeczywistych (błąd względny prognozy 4,32%) jest predykcja wyznaczona przy pomocy logarytmicznej funkcji trendu. Oszacowane prognozy mogą zostać zrealizowane przy założeniu, że otoczenie formalno-prawne i finansowe funkcjonowania przetwórci ekologicznych nie ulegną zmianie.



Rysunek 4. Prognoza liczby przetwórnicy ekologicznych w Polsce do 2025 roku

Podsumowanie

System ekologicznego gospodarowania w rolnictwie już w swej istocie daje możliwość pozyskiwania wielu różnorodnych biologicznie i bezpiecznych zdrowotnie produktów. W tym aspekcie rolnictwo ekologiczne stanowi najpoważniejsze źródło naturalnej żywności funkcjonalnej.

Wyznaczone do 2025 roku prognozy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce pozwalają stwierdzić, że produkcja naturalnej żywności funkcjonalnej będzie wzrastać.

Literatura

1. Angood K.M., Wood J.D., Nute G.R., Whittington F.M., Hughes S.I., Sheard P.R. A comparison of organic and conventionally-produced lamb purchased from three major UK supermarkets: price, eating quality and fatty acid composition. *Meat Sciences*, 2008, 78, 176-184
2. Arai S. Studies on functional foods in Japan – State of the art. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 1996, 60, 9-15.
3. Bąkowska-Barczak A., Marianchuk M., Kolodziejczyk P. A survey of bioactive components in western Canadian berries. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2007, 86, 1-14.
4. Butler G., Leifert C. Proceedings of the conference on „Improvement of quality of animal products obtained in sustainable production system with special reference to bioactive components and their benefit for human health”. 2009. 14-15 may 2009, Jastrzębiec, 88-93.
5. Butler G., Nielsen J.H., Slots T., Seal C., Eyre M.D., Sanderson R., Leifer C. Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 88(8), 1431-144.
6. Castellini C., Mugnai C., dal Bosco A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Sciences*, 2002, 60, 219-225.
7. Cieślak M (red.). Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania. 2004. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

8. Czapski J., Górecka D. (red.) Żywność prozdrowotna – składniki i technologia. 2014. Wydawnictwo UP, Poznań.
9. Domagalska J., Buczkowska M. Rolnictwo ekologiczne – szanse i perspektywy rozwoju. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2015, 96(2), 370-376.
10. Dewhurst R.J., Fisher W.J., Tweed J.K.S., Wilkins R.J. Comparison of grass and legume Silages for milk production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(8), 2598-2611.
11. Ellis K.A., Innocent G.T., Grove-White D., Cripps P., McLeana W.G., Howard C.V., Mihm M., Dairy cow cleanliness and milk quality on organic and conventional farms in the UK. *Journal of Dairy Research*, 2007, 74 (3), 302-310.
12. Gadomska J., Sadowski T., Buczkowska M. Ekologiczna żywność jako czynnik sprzyjający zdrowiu. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2014, 95(3), 556-560.
13. Gawęcki J. (red.). Ewolucja na talerzu czyli wczoraj, dziś i jutro żywienia człowieka. 2015. Wydawnictwo UP, Poznań.
14. Gumul D., Korus J., Achremowicz B. Wpływ procesów przetwórczych na aktywność przeciwtleniającą surowców pochodzenia roślinnego. *Żywność, Nauka, Technologia. Jakość*, 2005, 4(45), supl., 41-48.
15. Golinowska M. Rozwój rolnictwa ekologicznego. 2013. Wydawnictwo UP, Wrocław.
16. Grajeta H. Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 2004, 13, 3, 503-510.
17. Greła E.R., Kowalczyk E. Zawartość składników odżywczych i profil kwasów tłuszczowych mięsa i wybranych wędlin z ekologicznej produkcji świń. *Żywność. Nauka Technologia Jakość*, 2009, 65(4), 34-40.
18. Hallmann E., Rembiałkowska E. Zawartość wybranych składników odżywczych w czerwonych odmianach cebuli z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 2(51), 107-110.
19. Heller K. Uprawa lnu włóknistego i oleistego metodami ekologicznymi. 2009. Sprawozdanie z prac badawczych prowadzonych w 2009 roku na rzecz rolnictwa ekologicznego, Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu, Poznań.
20. Higman B.W. Historia żywności. 2012. Wydawnictwo Alethia, Warszawa.
21. Kazimierzczak R., Hallmann E., Ardasińska B., Łoś B. Wpływ ekologicznego i konwencjonalnego systemu uprawy na zawartość związków fenolowych w roślinach zielarskich. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2002, 57(3), 200-202.
22. Kilar J., Ruda M. The nutritional value organic meat from the loin of deer and fallow deer. 2014. 6th International Conference on the "Quality and Safety in Food Production Chain". Wrocław, 26-27 June 2014, s. 72.
23. Kim D.H., Seong P.N., Cho S.H., Kim J.H., Lee J.M., Jo C., Lim D.G. Fatty acid composition and meat quality traits of organically reared Korean native black pigs. *Livestock Science*, 2009, 120, s. 96-102.
24. Kowalska A. Rolnictwo ekologiczne jako czynnik rozwoju zrównoważonej konsumpcji. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 2015, 3(37), 467-476.
25. Kuczyńska B.A. Składniki bioaktywne i parametry technologiczne mleka produkowanego w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. 2011, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
26. Millet S., Hesta M., Seynaeve M., Ongenaes E., De Smet S., Debraekeleer J., Janssens G.P.J. Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition. *Livestock Production Science*, 2004, 87, 109-119.
27. Molkentin J., Giesemann A. Differentiation of organically and conventionally produced milk by stable isotope and fatty acid analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2007, 388(1), 297-305.
28. Nielsen B.K., Thamsborg S.M. Welfare, health and product quality in organic beef production: a Danish perspective. *Livestock Production Science*, 2005, 94, 41-50.
29. Nielsen J.H., Lund-Nielsen T., Skibsted L. Higher antioxidant content in organic milk than in conventional milk due to feeding strategy. *Newsletter from Danish Research Centre for Organic Farming*. September 2004, 3, 1-2.
30. Olędzka R. Nutraceutyki, żywność funkcjonalna – rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromatologia Chemia Toksykologia*, 2007, 1, 1-8.

31. Palupi E., Jayanegara A., Ploeger A., Kahl J. Comparison of nutrition quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92, 2774-2781.
32. Pla M., Hernández P., Ariño B., Ramírez J.A., Díaz I. Prediction of fatty acid content in rabbit meat and discrimination between conventional and organic production systems by NIRS methodology. *Food Chemistry*, 2007, 100(1), 165-170.
33. PROW 2007-2013. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2007. Warszawa, 1-439.
34. PROW 2014-2020. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2014. Warszawa, 1-721.
35. Ramowy Plan Działań dla Żywności i Rolnictwa Ekologicznego w Polsce na lata 2014-2020. 2014, MRiRW, Warszawa, 1-37.
36. Raporty o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce od 2005 do 2014 roku. GIJHARS, Warszawa.
37. Rembiałkowska E. Zdrowotna i sensoryczna jakość ziemniaków oraz wybranych warzyw z gospodarstw ekologicznych. 2000. Fundacja Rozwój SGGW Warszawa.
38. Rembiałkowska E. The impact of organic agriculture on food quality. *Agricultura*, 2004, 1, 19-26.
39. Rembiałkowska E., Hallmann E. Zmiany zawartości związków bioaktywnych w owocach papryki marynowanej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008a, 53(4), 51-57.
40. Rembiałkowska E., Hallmann E. Ocena wartości odżywczej i sensorycznej pomidorów oraz soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008b, 53(3), 90-95.
41. Roberfrid M.B. Concepts in functional foods: An European perspective. *Nutrition Today*, 1999, 34, 162-165.
42. Saluk-Juszczak J., Kołodziejczyk J., Babicz K., Królewska K. Żywność funkcjonalna – rola nutraceutyków w profilaktyce chorób układu krążenia. *Kosmos*, 2010, 59, 3-4, 527-538.
43. Saraf S., Ashawat M.S., Saraf S. Flavonoids: A Nutritional protection against oxidative and UV induced cellular damages. *Pharmacognosy Reviews*, 2007, 1, 30-40.
44. Scientific Concepts of Functional Food in Europe: Concensus Document 1999.
45. Seidler-Łożykowska K., Kucharski W.A., Mordalski R. Ekologiczna uprawa roślin zielarskich. 2005. Centrum Doradztwa Rolniczego, Radom.
46. Siro I., Kapolna E., Kapolna B., Lugasi A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. *Appetite*, 2008, 51, 456-467.
47. Sokołowicz Z., Krawczyk J., Herbut E. Jakość jaj z chowu ekologicznego w pierwszym i drugim roku użytkowania niosek. *Żywność, Nauka, Technologia. Jakość*, 2012, 4(83), 185-194.
48. Staniak S. Charakterystyka żywności produkowanej w warunkach rolnictwa ekologicznego. *Polish Journal of Agronomy*, 2014, 19, 25-35.
49. Stein A.J., Rodriguez-Cerezo E. Functional Food in the European Union. 2008. JRC Scientific and Technical Reports.
50. Szamrowski P., Pawlewicz A. Funkcjonowanie i rozwój rynku ekologicznych surowców żywnościowych w nowej perspektywie finansowej w latach 2014-2020. *Więś i Rolnictwo*, 2014, 3, (164), 175-188.
51. Średnicka-Tober D., Kazimierczak R., Rembiałkowska E. Organic food and human health – a review. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2015, 60(4), 102-107.
52. Trziszka T., Różański H. Żywność funkcjonalna i nutraceutyki w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Herbalism*, 2015, 1(1), 9-19.
53. Tyburski J., Żakowska-Biemans S. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. 2007. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
54. Walshe B.E., Sheehan E.M., Delahunty C.M., Morrissey P.A., Kerry J.P. Composition, sensory and shelf life stability analyses of Longissimus dorsi muscle from steers reared under organic and conventional production systems. *Meat Science*, 2006, 73, 319-325.
55. Winter C.K. Davis S.F. Organic foods. *Journal of Food Science*, 2006, 63(12), 1526-1529.
56. Wójciak K. Jakość mięsa i wyrobów mięsnych produkowanych metodami ekologicznymi. *Nauka Przyroda Technologie*, 2012, 6 (1), 1-9.
57. Załęcka A., Rembiałkowska E. Koncepcje jakości żywności ekologicznej oraz perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w XXI wieku. 2013. Nauka o żywieniu człowieka. Osiągnięcia i wyzwania. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

MAREK SADY, JACEK DOMAGAŁA,
DOROTA NAJGEBAUER-LEJKO, GENOWEFA BONCZAR

*Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych,
Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

WŁAŚCIWOŚCI ORGANOLEPTYCZNE I FIZYKOCHEMICZNE LODÓW KEFIROWYCH

Streszczenie

Celem pracy była produkcja lodów na bazie kefiru naturalnego oraz ocena ich właściwości sensorycznych oraz wybranych parametrów fizykochemicznych w zależności od zawartości tłuszczu i cukru. Oprócz kefiru, surowcami do produkcji lodów były: śmietanka, sacharoza, odtłuszczone mleko w proszku, cukier wanilinowy. Produkowano lody o następującej zawartości tłuszczu/cukru (%): 4/15; 6/13; 8/13; 10/13. W badanym materiale oznaczono podstawowy skład chemiczny, teksturę, napowietrzenie, odporność na topnienie oraz właściwości sensoryczne. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zawartość suchej masy w lodach wynosiła od 32,15 do 35,7% i istotnie zależała od składu mieszanki. Poziom białka, laktozy i popiołu w lodach zawierał się w przedziale odpowiednio (%): 4,32-4,65; 6,07-6,62; 0,996-1,098. Ponadto wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu, istotnie zwiększała się odporność lodów na topnienie. Wysokie wartości twardości lodów (56,65-80,05 N) były związane prawdopodobnie z ich niewielkim napowietrzeniem (7,4-12,4 %). Wszystkie wyróżniki jakości sensorycznej najlepiej oceniono w lodach o zawartości tłuszczu 10%, czego skutkiem była najwyższa punktowo ocena ogólna tej grupy lodów, wynosząca 4,61. Najniższą notę punktową uzyskały natomiast lody zawierające 6% tłuszczu.

Wprowadzenie

Lody są chętnie spożywanym deserem mlecznym przez wszystkie grupy wiekowe konsumentów. Pomimo, że w Polsce są one traktowane głównie jako produkt sezonowy, stale zwiększa się ich konsumpcja. Efektem tego jest dynamiczny wzrost rynku lodów w Polsce. W latach 2006-2013 spożycie lodów wzrosło o około 21%, szacuje się, że w 2016 roku konsumpcja lodów wyniesie 4,65 litrów na osobę [Analiza rynku lodów, 2014]. Pomimo obserwowanej tendencji wzrostowej w dalszym ciągu spożycie lodów w Polsce należy do najniższych w Europie, co daje szansę na dalszy rozwój. Dla porównania w Szwecji, Finlandii i Norwegii – krajach w których klimat jest mniej sprzyjający konsumpcji deserów mrożonych, spożycie lodów przekracza 10 litrów na osobę [Rynek lodów w Polsce, 2015a]. Poza Europą najwięcej lodów konsumuje się w Nowej Zelandii (28 l/os.), Stanach Zjednoczonych

(20 l/os.) i Australii (18 l/os.) [Rynek lodów w Polsce, 2015b]. Z każdym rokiem zwiększa się świadomość konsumentów odnośnie składników z jakich produkowane są lody oraz rosną wymagania co do ich jakości [Analiza rynku lodów, 2014].

Oddziaływanie prozdrowotne żywności jest istotnym elementem jakości żywności, który jest obecnie przedmiotem zainteresowań konsumentów. Producenci starając się sprostać tym oczekiwaniom opracowują nowe produkty, które poza standardową wartością odżywczą wykazują aktywność biologiczną korzystnie wpływającą na funkcjonowanie organizmu człowieka. Produkty takie zalicza się do tzw. żywności funkcjonalnej. W grupie mlecznych deserów mrożonych o cechach funkcjonalnych wyróżnić można lody: o obniżonej zawartości tłuszczu i cukru, bez laktozy, z dodatkiem błonnika pokarmowego w tym oligofruktozy, inuliny oraz β -glukanu [Roland i in., 1999; Pszczola, 2006]. Odrębną grupę produktów tego typu stanowią lody zawierające bakterie fermentacji mlekowej i/lub bakterie probiotyczne. Najbardziej popularne na świecie są lody jogurtowe, zawierające bakterie *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbureckii ssp. bulgaricus*, a niekiedy również szczepy probiotyczne z rodzaju *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*. Atutem lodów jogurtowych jest zazwyczaj także obniżona zawartość tłuszczu oraz laktozy, która dzięki obecności mikroflory fermentacji mlekowej jest ponadto łatwiej strawna [Moussa i in., 2005; Szosland-Fołtyn i in., 2013]. Oprócz jogurtu, w krajach Europy środkowo-wschodniej dużą popularnością cieszy się kefir. Jest to mleko po fermentacji mlekowo-alkoholowej przeprowadzonej przez mikroflorę tzw. ziarna kefirowe w skład których wchodzi paciorkowce i pałeczki mlekowe oraz drożdże. Ziarna kefirowe są naturalnym systemem unieruchomionych komórek drobnoustrojów, które przeprowadzają procesy fermentacji laktozy zawartej w mleku i produkują kwas mlekowy, etanol, dwutlenek węgla oraz związki aromatyczne [Stepaniak i Fetliński, 2003]. Właściwości prozdrowotne kefiru wynikają głównie z obecności bardzo zróżnicowanej pod względem morfologicznym i zdolności metabolicznych mikroflory, w skład której wchodzi ponad 300 szczepów bakterii i drożdży. Na uwagę zasługuje charakterystyczny dla ziaren kefirowych glukozogalaktozan zwany potocznie kefiranem, zbudowany w 44% z D(-)glukozy i 56% z D(+)galaktozy, stanowiący tzw. matrycę kefiranową ziaren kefirowych. Polisacharyd ten występuje wyłącznie w kefirze. Ze względu na swoją wodochłonność i cechy reologiczne pozytywnie wpływa na konsystencję tego produktu. Kefiran stymuluje w przewodzie pokarmowym zdrowotne funkcje bakterii i drożdży oraz posiada właściwości przeciwrakowe [Kołakowski i in., 2001].

Dotychczasowe badania dotyczyły głównie wykorzystania jogurtów do produkcji lodów. Brak jest natomiast doniesień naukowych opisujących możliwości zastosowania kefiru do produkcji lodów oraz oceny ich jakości fizykochemicznej

i i/lub sensorycznej. Celem niniejszej pracy była produkcja lodów na bazie kefiru naturalnego oraz ocena ich właściwości sensorycznych i wybranych parametrów fizykochemicznych.

Materiał i metodyka

Materiał do badań stanowiły lody kefirowe wyprodukowane na skalę laboratoryjną, o zawartości tłuszczu i sacharozy w odpowiednim udziale procentowym (%): 4 i 15 (LK 4/15); 6 i 13 (LK 6/13); 8 i 13 (LK 8/13); 10 i 13 (LK 10/13). Do ich produkcji wykorzystano następujące surowce: kefir 1,5 % tł. (Robico, OSM Krośniewice), śmietanka UHT 36% tł. (Łaciata, Mlepol Grajewo), odtłuszczone mleko w proszku (SM Gostyń), cukier puder (Diamant, Pfeifer & Langen, Poznań), cukier wanilinowy (Dr.Oetker, Gdańsk). Szczegółową recepturę poszczególnych rodzajów lodów ustalono na podstawie bilansu mieszanki lodziarskiej, uwzględniając zawartość tłuszczu, suchej masy beztłuszczowej mlecznej oraz cukru w surowcach. Produkcja lodów polegała na: wymieszaniu składników poprzez miksowanie robotem kuchennym (Zelmer) przez 3 minuty, zamrażaniu we frezerze (Ice Chef, Kenwood) do czasu zestalenia mieszanki (około 25 min.), napełnianiu opakowań jednostkowych (opakowania PE 250 cm³), hartowaniu i magazynowaniu w temp. -23°C. Analizę właściwości fizykochemicznych i organoleptycznych lodów przeprowadzono po 7 dniach przechowywania.

Zawartość suchej masy, tłuszczu, laktozy, popiołu oraz kwasowość miareczkową oznaczono według PN-86430 [1967]. Kwasowość miareczkową przedstawiono jako zawartość kwasu mlekowego stosując przelicznik 1°SH – 0,0225%. Zawartość białka oceniano metodą Kjeldahla na aparacie Buchi [PN-EN ISO 8968-3:2008]. pH mierzono za pomocą pehametru CP-411 (Elemtron). Oznaczanie stopnia napowietrzenia wykonano metodą wagową [Marshall i in., 2003]. Podatność lodów na topnienie oznaczano jako: roztopialność – ilość wycieku (%) oraz czas topnienia (s) [Akalin i Erisir, 2008].

Analizę tekstury przeprowadzono bezpośrednio po wyjęciu lodów z zamrażarki (-23°C) przy użyciu analizatora tekstury TA-XT plus Stable Micro System). Test penetrometryczny przeprowadzono z wykorzystaniem sondy SMS P/4. Prędkość sondy przed testem wynosiła 1 mm/s, podczas testu i powrotu 1,5 mm/s. Głębokość penetracji wynosiła 15 mm. Na podstawie uzyskanych danych przy użyciu programu Texture Exponent v.7.0, obliczono twardość (maksymalna siła do osiągnięcia określonej deformacji produktu) oraz pracę wykonaną podczas penetracji (obliczoną jako pole powierzchni pod częścią wykresu obrazującą ruch sondy w głąb produktu).

Ocenę sensoryczną według skali 5-punktowej przeprowadził zespół złożony z 5 osób, spełniających podstawowe wymagania w zakresie wrażliwości sensorycznej

[PN-ISO 3972, 1998]. W ocenie tej uwzględniono następujące wyróżniki jakości i współczynniki ważkości: wygląd i barwa – 0,2; zapach – 0,15; smak – 0,35; struktura i konsystencja – 0,30.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej obejmującej jednoczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Istotności różnic pomiędzy średnimi wyznaczono za pomocą testu Tukeya. Obliczenia wykonano w programie Statistica 10 PL (StatSoft).

Wyniki

W tabeli 1. przedstawiono wyniki analizy podstawowego składu chemicznego oraz kwasowości lodów. Wykazano istotne różnice ($p \leq 0,05$) w zawartości suchej masy w zależności od składu mieszanki użytej do produkcji lodów.

Tabela 1. Skład chemiczny i kwasowość lodów

Parametr	Rodzaje lodów			
	LK 4/15	LK 6/13	LK 8/13	LK 10/13
Sucha masa [%]	32,15±0,05 ^a	32,50±0,20 ^b	33,96±0,05 ^c	35,7±0,16 ^d
Tłuszcz [%]	4,00±0,50 ^a	5,50±0,50 ^b	8,25±0,25 ^c	9,75±0,25 ^d
Białko [%]	4,65±0,01 ^a	4,58±0,01 ^a	4,42±0,16 ^a	4,32±0,20 ^a
Laktoza [%]	6,62±0,03 ^a	6,50±0,13 ^a	6,15±0,04 ^b	6,07±0,12 ^b
Popiół [%]	1,098±0,031 ^a	0,996±0,059 ^a	1,063±0,057 ^a	1,004 ± 0,018 ^a
Kwasowość [% kw. mlekowego]	0,684±0,009 ^a	0,666±0,027 ^a	0,626±0,005 ^b	0,558±0,002 ^c
pH	5,26±0,04 ^a	5,29±0,06 ^a	5,34±0,04 ^a	5,38±0,05 ^a

a,b,c,d – wartości średnie oznaczone różnymi literami (w wierszach) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Do głównych składników suchej masy lodów zalicza się tłuszcz i cukier, stąd wraz ze wzrostem ich poziomu zwiększała się zawartość suchej masy w lodach. Oceniane lody zawierały od 32,15 do 35,7% suchej masy. Zgodnie z PN-A-86431 [1999], zalecana zawartość suchej masy w lodach powinna wahać się w granicach 25-36%. Według Łoś-Kuczery i Piekarskiej cyt. przez Dzwolaka i Ziajkę [1998] poziom suchej masy w lodach kremowych, mlecznych i śmietankowych wynosi odpowiednio: 33, 26 i 30%. Marshall [2003] przedstawia, że zawartość suchej masy w lodach wynosi od 26 do 45%, przy czym typowe lody jogurtowe zawierają jej 30-36%, zatem wszystkie oceniane grupy lodów spełniały to kryterium. Wysoka zawartość suchej masy pozytywnie wpływa na wybrane właściwości lodów, takie jak lepkość mieszanki, napowietrzenie, wielkość kryształków lodu, tekstura, konsystencja, topnienie, struktura, smak i zapach [Dzwolak, 2012]. Zawartość tłuszczu w lodach była wynikiem przyjętych założeń technologicznych. Uzyskane w wyniku analizy wartości wskazują na odstępstwa od przyjętych założeń, wynoszące od 0,25 do 0,5%. Zgodnie z PN-A-86431 [1999] ilość tłuszczu w lodach zawiera się w przedziale od

0% do 14%. Poziom tłuszczu w lodach jogurtowych wynosi przeważnie od 3,25 do 6%, natomiast produkty te w wersji beztłuszczowej zawierają poniżej 0,8% tego składnika [Marshall, 2003]. Przyjęte założenia co do wyższej zawartości tłuszczu (8 i 10%) w dwóch grupach lodów wynikały z braku danych co do optymalnej ze względu na cechy sensoryczne zawartości tłuszczu w lodach kefirowych. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości białka pomiędzy ocenianymi grupami lodów. Jego poziom zawierający się w zakresie od 4,32 do 4,65% uznać można za raczej wysoki. Wiązało się to z przyjętymi założeniami technologicznymi co do zawartości suchej masy beztłuszczowej mleka (smbm, 12,03-12,60%), której jednym z głównych składników jest białko. Według Mashalla [2003] przy zawartości 10% smbm poziom białka w lodach wynosi około 3%. Laktoza jest podstawowym składnikiem smbm, stąd podobnie jak w przypadku białka stwierdzono jej znaczący udział w lodach na poziomie od 6,07 do 6,62%). Wykazano, że lody o zawartości tłuszczu 4 i 6% charakteryzowały się wyższym o około 0,5% poziomem laktozy ($p \leq 0,05$) w porównaniu z lodami zawierającymi 8 i 10% tego składnika. Przyczyną tego stanu rzeczy był prawdopodobnie większy udział kefiru a mniejszy śmietanki w lodach o niższej zawartości tłuszczu. Według danych producentów surowców użytych do produkcji lodów zawartość laktozy w kefirze wynosiła 4,2% a w śmietance 2,9%. Badania lodów jogurtowych pochodzących z rynku amerykańskiego wskazują na zawartość laktozy 2,3-4,3% [Marshall, 2003]. Wyższy poziom laktozy w lodach kefirowych związany był prawdopodobnie z większym udziałem w nich smbm. Zawartość popiołu we wszystkich rodzajach lodów była zbliżona i oscylowała wokół wartości 1%. Poziom popiołu w kefirze jest zbliżony do mleka i wynosi przeciętnie 0,7%. Większa ilość popiołu w lodach wynika z udziału odtłuszczonego proszku mlecznego w ich recepturze, który zawiera około 8% tego składnika. Według Cashmana [2003] zawartość składników mineralnych w lodach mlecznych, oznaczanych jako suma sodu, potasu, wapnia, chloru, fosforu oraz magnezu wynosi 0,6%. Kwasowość potencjalna lodów istotnie ($p \leq 0,05$) zmniejszała się wraz ze zwiększeniem zawartości tłuszczu w lodach, przy czym różnice pomiędzy produktami o najwyższym i najniższym poziomie tego parametru wyniosły 0,126% kw. mlekowego. Różnice te wynikały z receptury, zgodnie z którą wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu w lodach zwiększał się udział śmietanki a zmniejszał kefiru – składnika w głównym stopniu determinującego kwasowość lodów. Zgodnie z PN-A-86061 [2002], kwasowość kefiru nie powinna być niższa niż 0,6%, natomiast Ziajka i Dzwolak [1997] podają, że mieści się ona w przedziale od 0,73 do 1,15%. Według Marshalla [2003] kwasowość miareczkowa lodów jogurtowych kształtuje się na poziomie 0,3% kwasu mlekowego, przy zawartości jogurtu w lodach 10-20%. W będących przedmiotem niniejszej pracy lodach udział kefiru – produktu

o zbliżonej kwasowości do jogurtu – kształtował się na poziomie 55,4-70,5%, co tłumaczy ich znacznie wyższą kwasowość (0,558-0,684% kwasu mlekowego) niż przytacza Marshall [2003].

Wykazano istotną ($p \leq 0,05$) zależność parametrów tekstury w zależności od rodzaju lodów kefirowych (Tab. 2).

Tabela 2. Cechy fizyczne lodów

Parametr	Rodzaje lodów			
	LK 4/15	LK 6/13	LK 8/13	LK 10/13
Twardość [N]	60,86±2,01 ^a	80,05±6,25 ^b	46,85±2,90 ^c	56,65±3,21 ^a
Praca penetracji [N×mm]	447,05±33,38 ^a	626,25±34,72 ^b	368,5±33,93 ^c	421,39±42,08 ^{ac}
Stopień napowietrzenia [%]	7,7±1,0 ^a	12,4±2,6 ^B	12,4±2,1 ^b	7,4±2,7 ^a
Roztopialność [%]	93,03±5,75 ^a	81,48±1,31 ^b	71,63 8,90 ^c	47,10±0,80 ^d
Czas topnienia [s]	374±63 ^a	626±55 ^b	469±39 ^c	570±45 ^b

a,b,c,d – wartości średnie oznaczone różnymi literami (w wierszach) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Najwyższą twardością charakteryzowały się lody o zawartości 6% tłuszczu (80,05 N). W lodach o zawartości tłuszczu 4, 8 i 10% poziom tego parametru był niższy odpowiednio o 24%, 61% i 29%. W badaniach przeprowadzonych na lodach jogurtowych Gel-Nagar i in. [2002] zauważyli, że twardość lodów z wyższym poziomem tłuszczu jest znacznie mniejsza niż w przypadku lodów o niższej zawartości tego składnika. Guinard i in. [1997] wykazali, że twardość lodów mierzona instrumentalnie wykazywała odwrotną zależność do zawartości tłuszczu i węglowodanów (laktoza, sacharoza). W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono istotną ($p \leq 0,01$) korelację między twardością a pracą penetracji ($r = 0,96$). W lodach o zawartości tłuszczu 6%, które wykazały się najwyższą twardością, praca podczas penetracji była także najwyższa i wynosiła 626,25 Nmm, natomiast w lodach o zawartości tłuszczu 8% wartości obydwu oznaczanych parametrów tekstury były najniższe. Stosunkowo wysokie wartości twardości oraz pracy podczas penetracji wynikają prawdopodobnie z niskiego napowietrzenia lodów. Według Dzwolaka [2012] decydujący wpływ na teksturę ma napowietrzenie mieszanki podczas zamrażania lodów. Lody o niskim stopniu napowietrzenia są zbyt twarde, co z kolei pogarsza ich walory sensoryczne. Będąc przedmiotem badań lody charakteryzowały się stosunkowo niskim stopniem napowietrzenia zawartym w przedziale 7,4-12,4%. Przyczyną tego stanu rzeczy może być rodzaj użytego do wytworzenia lodów frezera pionowego o niskich obrotach mieszadła, który ze względu na swoją budowę nie pozwala osiągnąć wyższych wartości napowietrzenia. Przy użyciu frezów przemysłowych uzyskuje się znacznie korzystniejsze wartości napowietrzenia. Zgodnie z PN-A-86431 [1999] stopień napowietrzenia lodów nie powinien przekraczać 130%. W lodach o zawartości 6 i 8% tłuszczu stopień

napowietrzenia był istotnie ($p \leq 0,05$) wyższy (średnio o 64 %) w porównaniu z lodami o zawartości tłuszczu 4 i 10 %. W przypadku zbyt dużego napowietrzenia lodów stają się one zbyt lekkie i śniegowe. Niedostateczne napowietrzenie sprawia natomiast, że stają się ciężkie i zbite [Dzwolak i Ziajka, 1998]. Dzięki właściwościom absorbującym, odpowiedni poziom tłuszczu ułatwia napowietrzanie mieszanki, jednakże przy zawartości tłuszczu powyżej 8 % napowietrzenie spada [Anonim, 2007]. Uzyskane wyniki badań dotyczące lodów kefirowych są zatem zgodne z powyższą tezą. Stopień napowietrzenia zwiększał się wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu do wartości 8%, po czym obniżył się w lodach zawierających 10% tłuszczu. Skład mieszanki w istotny sposób ($p \leq 0,05$) wpłynął na czas topnienia oraz roztopialność lodów. Najdłuższym czasem topnienia charakteryzowały się lody o zawartości 6% tłuszczu (626 s). Dla lodów o zawartości tłuszczu 10, 8, i 4% wartość tego parametru była niższa odpowiednio o: 9, 25 i 40%. Odmienne tendencje stwierdzono w przypadku drugiego parametru obrazującego odporność lodów na topnienie – roztopialności. Najmniejszym wyciekem wynoszącym 47,1% charakteryzowały się lody o zawartości 10% tłuszczu, w pozostałych grupach lodów stwierdzono istotnie wyższą ($p \leq 0,05$) wartość wycieku. Poziom tego wzrostu wynosił dla produktów o zawartości tłuszczu 4,6 i 8%, odpowiednio: 97,5; 73 i 52%. Uzyskane rezultaty są zgodne z tezą Postolskiego [2007], który podaje, że wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu odporność lodów na topnienie rośnie, natomiast sacharoza wpływa na obniżenie tej cechy.

Wyróżniki jakości sensorycznej i ich liczbowe wartości zamieszczono w tabeli 3. W zależności od rodzaju lody kefirowe uzyskiwały istotnie ($p \leq 0,05$) różne oceny punktowe za smak. Zdecydowanie najlepszym smakiem charakteryzowały się lody o najwyższej zawartości tłuszczu (10%), które otrzymały notę ponad dobry (4,65 pkt). Smak lodów o zawartości tłuszczu 4 i 8% oceniano podobnie, jednakże oba te produkty uzyskały niższe średnio o 0,55 pkt noty od lodów zawierających 10% tłuszczu. Zdecydowanie najgorszym smakiem charakteryzowały się lody o zawartości 6% tłuszczu, które uzyskały ocenę 3,63 pkt. Zapach lodów istotnie ($p \leq 0,05$) uzależniony był od ich rodzaju. Najwyższą ocenę (4,63 pkt) za ten wyróżnik jakości uzyskały lody o zawartości 10% tłuszczu.

Tabela 3. Ocena sensoryczna lodów metodą 5-punktową

Wyróżnik	Rodzaje lodów			
	LK 4/15	LK 6/13	LK 8/13	LK 10/13
Wygląd i barwa	4,80±0,14 ^a	4,65±0,06 ^a	4,60±0,08 ^a	4,70±0,08 ^a
Smak	4,15±0,13 ^a	3,63±0,17 ^b	4,05±0,21 ^a	4,65±0,19 ^c
Zapach	4,25±0,21 ^a	4,20±0,12 ^a	4,17±0,17 ^a	4,63±0,05 ^b
Struktura i konsystencja	4,30±0,08 ^a	4,15±0,10 ^a	4,17±0,10 ^a	4,50±0,14 ^b
Ocena ogólna	4,34±0,05 ^a	4,07±0,10 ^b	4,22±0,11 ^a	4,61±0,05 ^c

a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami (w wierszach) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

W pozostałych rodzajach lodów (4,6 i 8% tłuszczu) zapach oceniono niżej średnio o 0,3 pkt, przy czym w obrębie tej grupy nie stwierdzono istotnych różnic. Lody o zawartości tłuszczu 10% oceniono najwyżej pod względem struktury i konsystencji, przyznając im notę 4,5 pkt. Podobnie jak w przypadku smaku, w pozostałych grupach lodów strukturę i konsystencję oceniono istotnie ($p \leq 0,05$) niżej, jednakże uzyskane wartości w przedziale 4,15-4,30 pkt potwierdzają dobrą jakość badanych lodów w obrębie tych cech. Wyniki oceny ogólnej lodów kefirowych potwierdzają ich wysoką jakość sensoryczną. Wszystkie wyróżniki jakości sensorycznej najlepiej oceniono w lodach o zawartości tłuszczu 10%, czego skutkiem była najwyższa ocena ogólna tej grupy lodów, wynosząca 4,61 pkt. Najniższą liczbę punktów (4,07) uzyskały lody zawierające 6% tłuszczu. Natomiast lody o zawartości 4 i 8% tłuszczu charakteryzowały się zbliżonymi wartościami oceny ogólnej (odpowiednio: 4,14 i 4,22 pkt). Różnice pomiędzy powyższymi grupami lodów były istotne ($p \leq 0,05$). Pluta [1998] stwierdził, że lody o wyższej zawartości suchej masy wykazują lepsze cechy organoleptyczne, są bardziej gładkie, pełne, mają lepszy aromat, na ogół wyższe napowietrzenie i nie dają wrażenia zbyt zimnych. Według Palicha [1994] o wrażeniach sensorycznych w znacznym stopniu decydują takie cechy fizykochemiczne lodów jak puszystość (napowietrzenie), topliwość i lepkość. Można zatem przypuszczać, że uzyskanie wyższego napowietrzenia pozytywnie wpłynęłoby na jakość sensoryczną lodów kefirowych.

Wnioski

Właściwości jakościowe lodów kefirowych istotnie zależą od receptury, która związana jest z przyjętymi założeniami technologicznymi odnośnie zawartości tłuszczu i cukru. Na podstawie uzyskanych rezultatów trudno jest jednoznacznie określić optymalną zawartość powyższych składników a zatem recepturę lodów. Biorąc pod uwagę potencjalne możliwości wprowadzenia produktu na rynek najważniejsza jest ich jakość sensoryczna. Uzyskane wyniki pozwalają przypuszczać, że największą akceptacją cieszyłyby się lody o zawartości 10% tłuszczu i 13% cukru,

uzyskujące najwyższe wartości w ocenie sensorycznej. Jak wyżej wspomniano, zastosowanie metod produkcji pozwalających na uzyskanie większego napowietrzenia, a w efekcie niższej twardości lodów prawdopodobnie poprawiłyby jakość sensoryczną tych produktów. W świetle powyższych faktów oraz biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie konsumentów żywnością o dużych walorach odżywczych i prozdrowotnych istnieje potencjalna możliwość zainteresowania konsumentów lodami kefirowymi. Stwarza to z kolei szansę poszerzenia asortymentu produkcji dla zakładów przemysłowych i wzbogacenia oferty handlowej o nowy, atrakcyjny produkt.

Projekt został sfinansowany ze środków MNiSW przyznanych na podstawie decyzji nr DS.-3700/WTŻ.

Literatura

1. Akalin A.S., Erisir D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice-cream. *Journal of Food Science*, 2008, 73, 4, 184-188.
2. Analiza rynku lodów 2011-2016, 2014, <http://www.ilody.com.pl/indeks/429-analiza-ryнку-lodow-2011-2016> (dostęp on-line: 12.05.2016 r.).
3. Anonim. Z czego składają się lody – Substancje stałe (c.d.). *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2007, 5, 100-101.
4. Cashman K.D. Minerals in dairy products. W: *Encyklopedia of dairy Sciences* (red. H. Roginski, J.F. Fuquay, P.F. Fox). Academic Press, London 2003, 2051-2058.
5. Dzwolak W. Wady w produkcji mlecznych deserów mrożonych – przyczyny oraz zapobieganie. *Przegląd Mleczarski*, 2012, 11, 20-24.
6. Dzwolak W., Ziąka S. *Produkcja mlecznych deserów mrożonych*. Oficyna wydawnicza „Hoża”, Warszawa 1998.
7. Gel-Nagar, Cowes G., Tudorica C.M., Kuri V., Brennan C.S. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 2002, 55(2), 89-93.
8. Guinard J.X., Zoumas – Morse C., Mori L., Uatoni B., Panyam D., Kilara A. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. *Journal of Food Science*, 1997, 62, 1087-1094.
9. Kołakowski P., Fetliński A., Fesnak D., Stepaniak L. Właściwości kefiru. *Przegląd Mleczarski*, 2001, 7, 326-327.
10. Marshal R.T. Ice cream and frozen desserts. W: *Encyklopedia of dairy Sciences* (red. H. Roginski, J.F. Fuquay, P.F. Fox). Academic Press, London 2003, 1367-1375.
11. Moussa M.E. Salem, Fatma A. Fathi1, R.A. Awad 2005, Production of probiotic ice cream. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2005, 14/55(3), 267-271.
12. Palich P. Badania nad zmianami jakości lodów w czasie przechowywania. *Chłodnictwo*, 1994, 8, 21-25.
13. Pluta A. Lody z dodatkiem alkoholu. Lody o wysokiej zawartości suchej masy. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 1998, 4, 64-66.
14. PN-A-86061:2002. Mleko i przetwory mleczne - Mleko fermentowane.
15. PN-A-86430:1967. Mleko i przetwory mleczarskie - Lody - Metody badań chemicznych.
16. PN-A-86431:1999. Mleko i przetwory mleczne - Lody - Wymagania i badania.
17. PN-EN ISO 8968-3:2008. Mleko - Oznaczanie zawartości azotu - Część 3: Metoda z zastosowaniem bloku do mineralizacji (szybka metoda rutynowa półmikro).
18. PN-ISO 3972:1998. Analiza sensoryczna - Metodologia - Metoda sprawdzania wrażliwości smakowej

19. Postolski J. Mrożona żywność wygodna cz. 4. 2007, <https://www.klimatyzacja.pl/chlodnictwo/mrozona-zywnosc-wygodna-cz-4-jacek-postolski> (dostęp on-line: 16.05.2016 r.)
20. Pszczola D.E. Future strategies for fat replacement, *Food Technology*, 2006, 6, 72-73.
21. Roland A.M., Phillips L.G., Boor K.J. Effect of fat replacers on the sensory properties, color, melting and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82, 2094-2100.
22. Rynek lodów w Polsce wciąż się rozwija, 2015a, <http://www.poradnikhandlowca.com.pl/aktualnosci-gospodarka/rynek-lodow-w-polsce-wciaz-sie-rozwija> (dostęp on-line: 12.05.2016 r.).
23. Rynek lodów w Polsce, 2015b, <http://tozalezy.pl/wp-content/uploads/2015/08/infosierpien.pdf> (dostęp on-line: 12.05.2016 r.).
24. Stepaniak L., Fetliński A., Kefir. W: *Encyklopedia of dairy Sciences* (red. H. Roginski, J.F. Fuquay, P.F. Fox). Academic Press, London 2003, 1049-1054.
25. Szosland-Fałtyn A., Królisiak J., Polak E. Lody jogurtowe nośnikiem fermentacji mlekowej. *Chłodnictwo*, 2013, 7, 38-41.
26. Ziajka S., Dzwolak W. Mleczne napoje fermentowane. W: *Mleczarstwo – zagadnienia wybrane* (red. S. Ziajka) Wydawnictwo ART, Olsztyn 1997, 61-104.

DETERMINANTY I KIERUNKI ROZWOJU FUNKcjONALNYCH WYROBÓW MIĘSNYCH

Wprowadzenie

Wartość odżywcza i walory prozdrowotne żywności stają się coraz ważniejsze dla współczesnego konsumenta, wpływają na jego preferencje i wymagania wobec produktów spożywczych, w tym mięsa i wyrobów mięsnych. Wiąże się to z rosnącą świadomością dotyczącą zależności między sposobem odżywiania się a występowaniem przewlekłych chorób niezakaźnych (ang. *noncommunicable diseases*; NCDs), do których zalicza się choroby sercowo-naczyniowe, cukrzycę, otyłość, niektóre nowotwory i inne. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia (ang. *World Health Organization*; WHO) choroby te w 2012 r. były przyczyną ponad 16 milionów przedwczesnych, możliwych do uniknięcia zgonów [WHO, 2014]. Te alarmujące dane stanowią główną motywację do kontynuowania badań nad żywnością prozdrowotną, w tym nad rozwojem koncepcji i wzrostem produkcji funkcjonalnych wyrobów mięsnych. Najbardziej aktualną przesłankę ku temu stanowi opublikowany w październiku 2015 r. przez WHO komentarz do badań Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (ang. *International Agency for Research on Cancer*; IARC) dotyczący wpływu konsumpcji czerwonego mięsa oraz przetworzonego mięsa na ryzyko wystąpienia nowotworów, który na nowo otworzył dyskusję dotyczącą zagrożeń i korzyści związanych z ich spożyciem [Bouvard i in., 2015]. Powszechna i stale zwiększająca się konsumpcji mięsa i produktów mięsnych, jako rezultat wzrostu gospodarczego i lepszej sytuacji ekonomicznej, stanowi dodatkowy bodziec do podjęcia działań w kierunku poprawy ich jakości zdrowotnej.

Kierunki rozwoju funkcjonalnych wyrobów mięsnych

Działania zmierzające do modyfikacji składu i wartości odżywczej produktów mięsnych ukierunkowane są przede wszystkim na:

- eliminację lub redukcję zawartości składników niepożądanych, oraz
- wzbogacanie mięsa i jego przetworów w substancje biologicznie aktywne [Arihara, 2006; Zhang i in., 2010].

Efekt ten można osiągnąć zarówno poprzez działania podejmowane na poziomie hodowli zwierząt rzeźnych jak i zmiany w składzie recepturowym produktów mięsnych [Jiménez-Colmenero i in., 2001; Olmedilla-Alonso i in., 2013]. Rezultatem

prac badawczych realizowanych w tym obszarze jest wskazanie możliwości nadania produktom mięsnym cech żywności funkcjonalnej m.in. poprzez modyfikację składu kwasów tłuszczowych, obniżenie zawartości chlorku sodu oraz dodatek substancji bioaktywnych [Higgs, 2000; Hoffmann i in., 2010; Zhang i in., 2010; Kumar i in., 2012; Olmedilla-Alonso i in., 2013].

Modyfikacje zawartości tłuszczu i kwasów tłuszczowych w mięsie

Działania zmierzające do otrzymania funkcjonalnego mięsa i przetworów mięsnych mogą być podejmowane już na etapie hodowli zwierząt oraz podczas pozyskiwania mięsa [Fernández-Ginés i in., 2005; Olmedilla-Alonso i in., 2013]. Jednym z głównych kierunków tych działań jest ograniczanie zawartości tłuszczu w mięsie. Skład chemiczny mięsa może być kształtowany przyżyciowo poprzez selekcję, krzyżowanie ras i linii oraz metody żywieniowe (modyfikowanie składu paszy). Tą drogą zmniejszono zawartość tłuszczu w tuszy wieprzowej o ok. 23%, a w wołowej o 6%. [Słowiński i Jankiewicz, 2011]. Odpowiedni dobór ras w krzyżowaniu towarowym umożliwia zmniejszenie otłuszczenia zewnętrznego tuszy i udziału niepożądanego tłuszczu międzymięśniowego przy utrzymaniu optymalnej zawartości tłuszczu śródmięśniowego. Usuwanie widocznej tkanki tłuszczowej podczas rozbioru półtuszy i wykrawania części zasadniczych dodatkowo zmniejsza jego zawartość w mięsie [Jiménez-Colmenero i in., 2001; Olmedilla-Alonso i in., 2013].

W zapobieganiu NCDs oprócz poziomu tłuszczu w diecie, istotną rolę odgrywa również jego skład, czyli wzajemne proporcje nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (WNKT) [Connor, 2000; Fernández-Ginés i in., 2005]. W badaniach nad rolą czynników dietetycznych w zapobieganiu NCDs, uwaga naukowców skupia się przede wszystkim na możliwości zwiększenia udziału w diecie WNKT z rodziny n-3, a tym samym obniżenia niekorzystnego stosunku n-6 do n-3 [Zhang i in, 2010; Marciniak-Łukasiak, 2011; Olmedilla-Alonso i in., 2013]. Działania mające na celu wzbogacenie tłuszczów zwierzęcych w WNKT n-3 mogą być podejmowane już na etapie hodowli, poprzez modyfikowanie składu mieszanek paszowych. W tym celu koncentraty paszowe bogate w kwas linolowy (n-6) zastępuje się mieszankami z dodatkiem składników będących źródłem WNKT n-3 (olej lniany, siemię lniane, algi morskie, olej rybi). Modyfikację profilu kwasów tłuszczowych na drodze żywieniowej prowadzi się przede wszystkim u zwierząt monogastrycznych, gdyż u przeżuwaczy WNKT ulegają w znacznym stopniu biouwodowaniu do nasyconych kwasów tłuszczowych [Zymon i Strzetelski, 2010]. Zwiększenie udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w diecie zwierząt wymaga zastosowania odpowiedniej ochrony przeciw procesom utleniania, poprzez dodatek witamin antyoksydacyjnych np. witaminy E, β -karotenu, witaminy

C. Oprócz pogorszenia stabilności oksydacyjnej, zwiększenie udziału WNKT n-3 w mięsie tuczników może się ponadto przyczynić do niekorzystnych zmian cech sensorycznych i przydatności technologicznej surowca (nadmierna miękkość, mazistość tłuszczu), a także negatywnie wpływać na trwałość [Decker i Park, 2010; Piotrowska i in., 2012].

W produkcji wyrobów mięsnych modyfikację profilu kwasów tłuszczowych można również osiągnąć poprzez bezpośrednie zastąpienie w recepturze produktu części tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym (np. rzepakowym, lnianym, z alg morskich) lub rybim [Toldrá i Reig, 2011]. Oleje te mogą być wprowadzane do receptury przetworów mięsnych bezpośrednio (w formie oleju), w postaci wodnej emulsji z białkiem, a także w postaci mikrokapsułek. Zamknięcie wewnątrz kapsułki chroni olej przed dostępem tlenu i zmniejsza tempo niekorzystnych zmian oksydacyjnych a także maskuje nieprzyjemny smak i zapach [Jiménez-Colmenero, 2007]. Badania nad wpływem modyfikacji profilu kwasów tłuszczowych przetworów mięsnych na ich skład chemiczny, barwę, jakość sensoryczną, stabilność oksydacyjną i wartość prozdrowotną wykazały, iż zastosowanie surowców mięsnych o zwiększonej zawartości WNKT n-3, jak również bezpośrednie zastąpienie części dodawanego w procesie produkcji tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym lub rybim, pozwala uzyskać wyroby o zwiększonej zawartości kwasów: α -linolenowego, eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego oraz o korzystnym stosunku n-6 do n-3. Wobec dobrze udokumentowanych w literaturze właściwości prozdrowotnych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3, mięso wieprzowe i przetwory mięsne o zwiększonej ich zawartości można uznać za przykład żywności funkcjonalnej [Piotrowska i in., 2012].

Redukcja zawartości soli w wyrobach mięsnych

Kolejnym składnikiem wyrobów mięsnych, który budzi uzasadnione obawy z żywieniowego punktu widzenia, jest sól kuchenna [Fernández-Ginés i in., 2005; Toldrá i Reig, 2011]. Chlorek sodu (NaCl) jest substancją powszechnie stosowaną w technologii mięsa, a wyroby mięsne stanowią jedno z głównych źródeł sodu w diecie [Desmond, 2006]. Ponieważ sól stanowi uznany czynnik ryzyka nadciśnienia tętniczego, które z kolei zwiększa ryzyko wystąpienia m.in. chorób sercowo-naczyniowych, WHO zaleca, aby dzienne spożycie soli nie przekraczało 5 g [WHO 2012]. Ograniczanie zawartości soli nie jest zadaniem łatwym, gdyż poza kształtowaniem pożądanego słonego smaku i działaniem bakteriostatycznym, sól kuchenna pełni w wyrobach mięsnych także szereg innych funkcji technologicznych (zwiększenie wodochłonności oraz poprawa właściwości żelujących i emulgujących)

[Makała, 2011]. Dotychczasowe badania zmierzające do ograniczenia dodatku soli były ukierunkowane przede wszystkim na:

- ograniczenie dodatku NaCl do produktów mięsnych do minimalnego poziomu akceptowalnego sensorycznie i umożliwiającego uzyskanie produktu spełniającego kryteria mikrobiologiczne. Wykazano, iż możliwe jest obniżenie poziomu soli w produktach mięsnych do 1,7% bez zmiany cech sensorycznych i konieczności stosowania środków wspomagających wiązanie wody i tłuszczu (fosforany, preparaty białek sojowych) [Ruusunen i in., 2001];
- zastąpienie części NaCl innymi chlorkami (KCl, MgCl₂, CaCl₂);
- zastąpienie części NaCl innymi solami nie będącymi chlorkami (mleczanami lub fosforanami) [Ruusunen i Puolanne, 2005; Desmond, 2006].

Redukcja zawartości azotanów w wyrobach mięsnych i peklowanie „bezazotynowe”

W produkcji wyrobów mięsnych istotnym procesem jest peklowanie mięsa polegające na stosowaniu mieszaniny soli kuchennej z azotanem(III) i/lub azotanem(V) sodu. Peklowanie kształtuje właściwości organoleptyczne (barwę, smak oraz zapach) i stabilność oksydacyjną, a co najistotniejsze, hamuje rozwój *Clostridium botulinum* [Honikel, 2008; Toldrá i Reig, 2011]. Niezależnie od korzyści wynikających ze stosowania azotanu(III) sodu, ze względu na wysoką reaktywność i możliwość tworzenia z zawartymi w mięsie drugorzędowymi aminami kancerogennych *N*-nitrozoamin, ogranicza się jego stosowanie [Sebranek i Bacus, 2007]. W badaniach nad związkami mogącymi zastępować barwotwórczą rolę azotanu(III) sodu przebadano m.in. wyizolowany barwnik gotowanego, peklowanego mięsa (ang. *cooked cured meat pigment*; CCMP) oraz szereg naturalnych (m.in. betanina, likopen, koszenila, czerwień allura, β-karoten, ekstrakt papryki i angkak – mielona mączka ryżowa z namnożonymi szczepami *Monascus purpureus*) i syntetycznych barwników (m.in. S-nitrozocysteina). Badano również niektóre substancje i związki chemiczne zapobiegające oksydacji lipidów (BHT, BHA, TBHQ, fosforany oraz naturalne przeciwutleniacze zawarte w ziołach i przyprawach), mogące stanowić zamiennik azotanu(III) sodu w procesie peklowania. Alternatywnych do azotanu(III) sodu składników antybakteryjnych poszukiwano wśród takich związków jak: sorbinian potasu, nizyna, kwas mlekowy i jego sole, polifosforany, estry fumarowe, podfosforyn sodu [Hoffmann i in., 2010]. Uzyskane wyniki badań wskazują, iż zastąpienie wielofunkcyjnych właściwości azotanu(III) sodu wymaga stosowania innych czynników utrwalających, często w sposób skojarzony, przy zachowaniu wysokich standardów higienicznych podczas

produkcji oraz wysokiej jakości mikrobiologicznej surowca [Sindelar i Houser, 2009; Sebranek i in., 2012].

Do metod alternatywnych w stosunku do peklowania z użyciem azotanów(III) sodu zaliczane jest również peklowanie wykorzystujące naturalne źródła azotanów(V) w postaci suszonych soków warzywnych (m.in. z selera) z jednoczesnym dodatkiem kultur bakterii denitryfikujących (głównie z rodzaju *Staphylococcus*) [Sebranek i Bacus, 2007]. Jedną z substancji możliwych do zastosowania w alternatywnym peklowaniu mięsa do produkcji wędlin surowo dojrzewających może być serwatka kwasowa, stanowiąca produkt uboczny przy produkcji twarogów. Kielbasy wyprodukowane z dodatkiem soli morskiej i serwatki kwasowej (bez dodatku związków azotowych), charakteryzowały się barwą typową dla wyrobów z dodatkiem azotanów(III) i (V) po dojrzewaniu oraz po sześciu miesiącach przechowywania. W wyrobach tych nitrozylomioglobina może powstawać bez dodatku związków azotowych, gdyż jak sugerują Autorzy, niektóre szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus* i *Staphylococcus* w wyniku prowadzonego procesu proteolizy wytwarzają tlenek azotu z L-argininy, który następnie może łączyć się z cząsteczką mioglobiny tworząc nitrozylomioglobinę. Zawarte w serwatce kwasowej aktywne peptydy (<3 kDa) i aminokwasy o właściwościach redukujących, z wolnymi grupami –SH, stabilizują barwę wyrobu w trakcie przechowywania [Wójciak i Dolatowski, 2015].

Wykorzystanie bakterii probiotycznych w produkcji wyrobów mięsnych surowo dojrzewających

Znaczącą pozycję na rynku żywności funkcjonalnej posiadają produkty z mikroflorą probiotyczną. W przemyśle mięsnym podejmuje się próby wykorzystania bakterii probiotycznych, głównie bakterii kwasu mlekowego, w produkcji wędlin surowo dojrzewających. Do tego celu najczęściej stosuje się szczepy z rodzaju *Lactobacillus* i/lub *Bifidobacterium* [De Vuyst i in., 2008]. Bakterie probiotyczne wykorzystywane jako kultury startowe powinny wykazywać dobrą adaptację do warunków występujących w wyrobach surowo dojrzewających i muszą być tak dobrane, aby ich profil enzymatyczny umożliwiał wytwarzanie pożądaných produktów. Dodana mikroflora powinna stać się dominującą w produkcji końcowym potęgując jego właściwości prozdrowotne. Dodatkowo, aby wywoływać oczekiwane efekty w organizmie, powinna być zdolna do przeżycia w przewodzie pokarmowym człowieka [Kołożyn-Krajewska i Dolatowski, 2012]. Proces produkcji wyrobów surowo dojrzewających nie wymaga stosowania wysokich temperatur, w związku z czym wydaje się być odpowiedni dla wzrostu i przeżycia bakterii probiotycznych. Jednak ich rozwój w wyrobach mięsnych może być ograniczony

poprzez wysoką zawartość soli, śladową ilość węglowodanów oraz niską aktywność wody. Poważny problem stanowi także konkurencyjna, rodzima mikroflora surowca mięsnego [Dolatowski i Kołożyn-Krajewska, 2010]. Wyniki badań świadczą, że szczepy probiotyczne, pojedynczo lub jako mieszanki szczepów, takie jak *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus* LOCK900 (wcześniej *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900), *Lactobacillus acidophilus* Bauer, *Bifidobacterium bifidum* mogą być wykorzystane do produkcji surowo dojrzewających wyrobów mięsnych [De Vuyst i in. 2008; Wójciak i in., 2012; Stadnik i in., 2014].

Oprócz roli w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych, reologicznych i organoleptycznych szczepy bakterii probiotycznych, dzięki właściwościom proteolitycznym, mogą być także wykorzystane do uwalniania bioaktywnych peptydów w trakcie fermentacji i dojrzewania wyrobów mięsnych [Arihara, 2006; Decker i Park, 2010; Zhang i in, 2010; Toldrá i Reig, 2011]. Bioaktywne peptydy zwykle zawierają 2-20 reszt aminokwasowych, połączonych w określonych sekwencjach i ze względu na małą masę cząsteczkową mogą być wchłaniane przez jelito do krwioobiegu w nienaruszonym stanie i wywierać zróżnicowane efekty fizjologiczne w całym organizmie lub lokalnie w obrębie miejsca występowania (odcinku przewodu pokarmowego) [Ryan i in, 2011]. Korzystne efekty zdrowotne sekwencji peptydowych obejmują między innymi działanie przeciwutleniające, przeciwbólowe, immunomodulujące, przeciwzakrzepowe, obniżające ciśnienie krwi, antybiotyczne [Stadnik i Kęska, 2015a]. Jedną z najważniejszych biologicznych funkcji bioaktywnych peptydów jest ich działanie antyoksydacyjne oraz hipotensyjne wynikające z faktu, iż niektóre z nich wykazują właściwości inhibitorów konwertazy angiotensyny (ang. *ACE inhibitors*). Hydroliza enzymatyczna *in silico* wybranych sekwencji białek miofibrylarnych mięsa wieprzowego, dokonana dzięki narzędziom dostępnym w bazie BIOPEP wykazała, że spośród wszystkich sekwencji uwolnionych podczas symulowanego trawienia, ponad 50% stanowiły peptydy o aktywności inhibitorów ACE [Stadnik i Kęska, 2015b]. Potwierdza to potencjał białek mięsa do generowania aktywnych biologicznie peptydów i przydatność metod bioinformatycznych (analiza *in silico*) do projektowania żywności funkcjonalnej [Iwaniak i in., 2014].

Podsumowanie

Mięso i wyroby mięsne cechują się wysokim potencjałem innowacyjności, co stwarza możliwość zaspokajania coraz bardziej różnicujących się oczekiwań konsumentów w stosunku do tej grupy produktów żywnościowych. Współczesna wiedza z zakresu technologii mięsa, wskazuje szereg możliwych kierunków modyfikacji składu i wartości odżywczej produktów mięsnych. Produkcja żywności

o określonych walorach prozdrowotnych, kierowanej w szczególny sposób do określonych grup odbiorców, może być szansą rozwoju dla producentów mięsa i jego przetworów poszukujących nowych grup konsumentów swoich produktów.

Literatura

1. Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 2006, 74, 219-229.
2. Bouvard V., Loomis D., Guyton K.Z., Grosse Y., Ghissassi F.E., Benbrahim-Tallaa L. i in. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet. Oncology*, 2015, 16 (16), 1599.
3. Connor W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, 71, 171S-175S.
4. De Vuyst L., Falony G., Leroy F. Probiotics in fermented sausages. *Meat Science*, 2008, 80, 75-78.
5. Decker E.A., Park Y. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 2010, 86, 49-55.
6. Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 2006, 74, 188-196.
7. Dolatowski Z.J., Kołożyn-Krajewska D. Bakterie probiotyczne w produktach mięsnych. *Przemysł Spożywczy*, 2010, 64, 21-25.
8. Fernández-Ginés J.M., Fernández-López J., Sayas-Barberá E., Pérez-Alvarez J.A. Meat products as functional foods; a review. *Journal of Food Science*, 2005, 70, R37-R43.
9. Higgs J.D. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, 11, 85-95.
10. Hoffmann M., Waszkiewicz-Robak B., Świdorski F. Functional food of animal origin. *Meat and meat products. Nauka Przyroda Technologie*, 2010, 4, 5, #63.
11. Honikel K.O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 2008, 78, 68-76.
12. Iwaniak A., Pasemko D., Darewicz M., Protasiewicz M. Hydroliza enzymatyczna *in silico* wybranych sekwencji białek mięsa kurczaka w aspekcie pozyskiwania peptydów biologicznie aktywnych. *Nauka Przyroda Technologie*, 2014, 8, 4, #49.
13. Jiménez-Colmenero F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 2007, 18, 567-578.
14. Jiménez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 2001, 59, 5-13.
15. Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J. Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochemistry*, 2012, 47, 1761-1772.
16. Konieczny P., Górecka D. Mięso w żywieniu człowieka aktualne kierunki w produkcji wyrobów mięsnych. *Przemysł Spożywczy*, 2011, 65, 28-31.
17. Kumar A., Kumar S., Sharma B.D., Mendiratta S.K., Verma O.P., Patel A.K. Functional meat and meat products: an overview. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 2012, 2, 314-324.
18. Makała H. Zawartość soli w przetworach mięsnych. *Gospodarka Mięsna*, 2011, 12, 42-47.
19. Marciniak-Lukasiak K. Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 79, 24-35.
20. Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F.J. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 2013, 95, 919-930.
21. Piotrowska A., Świąder K., Waszkiewicz-Robak B., Świdorski F. Możliwości uzyskania mięsa i przetworów z mięsa wieprzowego o podwyższonej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 84, 5-19.
22. Ruusunen M., Puolanne E. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 2005, 70, 531-541.
23. Ruusunen M., Särkkä-Tirkkonen M., Puolanne E. Saltiness of coarsely ground cooked ham with reduced salt content. *Agricultural and Food Science*, 2001, 10, 27-32.
24. Ryan J.T., Ross R.P., Bolton D., Fitzgerald G.F., Stanton C. Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients*, 2011, 3, 765-791.

25. Sebranek J.G., Bacus J.N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 2007, 77, 136-147.
26. Sebranek J.G., Jackson-Davis A.L., Myers K.L., Lavieri N.A. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*, 2012, 92, 267-273.
27. Sindelar J.J., Houser T.A. Alternative curing systems, w: *Ingredients in Meat Products* (red. R. Tarté). Springer, New York 2009, 379-405.
28. Słowiński M., Jankiewicz L. Mięso i przetwory mięsne żywnością funkcjonalną. Część I. *Gospodarka Mięsna*, 2011a, 4, 10-13.
29. Stadnik J., Kęska P. Meat and fermented meat products as a source of bioactive peptides. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2015a, 14, 181-190.
30. Stadnik J., Kęska P. Porcine myofibrillar proteins as a source of bioactive peptides - an *in silico* study. 61st International Congress of Meat Science and Technology. Clermont-Ferrand 2015b.
31. Stadnik J., Stasiak D.M., Dolatowski Z.J. Proteolysis in dry- aged loins manufactured with sonicated pork and inoculated with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *International Journal of Food Science and Technology*, 2014, 49, 2578-2584.
32. Toldrá F., Reig M. Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, 2011, 22, 517-522.
33. WHO. Global status report on noncommunicable diseases 2014, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/148114/1/9789241564854_eng.pdf?ua=1 (dostęp on-line: 15.04.2016 r.).
34. WHO. Guideline: Sodium intake for adults and children 2012, http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf (dostęp on-line: 15.04.2016 r.).
35. Wójciak K.M., Dolatowski Z.J. Effect of acid whey on nitrosylmyoglobin concentration in uncured fermented sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 64, 713-719.
36. Wójciak K.M., Dolatowski Z.J., Kołożyn-Krajewska D., Trzaskowska M. The effect of the *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain on the quality of dry-fermented sausage during chilling storage. *Journal of Food Quality*, 2012, 35, 353-365.
37. Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E.J., Ahn D.U. Improving functional value of meat products. *Meat Science*, 2010, 86, 15-31.
38. Zymon M., Strzetelski J. Sposoby poprawy właściwości prozdrowotnych mięsa bydłęcego. *Wiadomości Zootechniczne*, 2010, XLVIII, 53-63.

WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWDROBNOUSTROJOWE I BEZPIECZEŃSTWO BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ, JAKO KRYTERIUM STAWIANE NOWOCZESNYM SZCZEPIONKOM DO ŻYWNOSCI

Kultury startowe i ich wykorzystanie w produkcji żywności

Fermentacja żywności jest znana od stuleci. Pierwsze procesy fermentacyjne były prowadzone przez nieznaną, dzięki szczepy mikroorganizmów naturalnie występujących w surowcach i środowisku. Wiele rodzajów żywności tradycyjnej i regionalnej, takiej jak sery, napoje, czy surowo dojrzewające wyroby mięsne, są nadal produkowane przez spontaniczną fermentację [Steinkraus, 1995]. W miarę upływu czasu, w celu szybkiej aktywacji procesu fermentacji zaczęto stosować zakwas, czyli porcję żywności z poprzedniej partii produkcyjnej, zawierającą dużą liczbę mikroorganizmów. Jednakże tego typu naturalne szczepionki wciąż ewoluują, często podlegając sezonowym zmianom ilościowym i jakościowym, co może powodować zmienne właściwości produktu końcowego. Z tego powodu, z początkiem ubiegłego stulecia zaczęto stosować szczepy wyizolowane z najlepszych naturalnych fermentacji, które poddaje się badaniom w kierunku określonych cech użyteczności przemysłowej i wykorzystuje jako kultury startowe w produkcji żywności [Bassi i in., 2015].

Kultury startowe (starterowe) mogą być definiowane jako preparaty zawierające dużą liczbę komórek co najmniej jednego specjalnie wyselekcjonowanego mikroorganizmu, które są dodawane do surowca w celu przyspieszenia i kontrolowania procesu fermentacji. Ich zastosowanie w produkcji żywności fermentowanej jest zawsze celowe i służy do uzyskania określonych cech sensorycznych i mikrobiologicznych w gotowym produkcie [Leroy i De Vuyst, 2004].

Współcześnie do produkcji komercyjnych preparatów startowych stosuje się głównie bakterie fermentacji mlekowej (LAB – *lactic acid bacteria*), które mają długą i bezpieczną historię stosowania w produkcji fermentowanej żywności. Dzięki produkcji kwasów organicznych, w tym głównie kwasu mlekowego, powodują szybkie zakwaszenie surowca, przez co zwiększają bezpieczeństwo żywności. Ponadto produkcja kwasu octowego, etanolu, związków aromatycznych, bakteriocyn, egzopolisacharydów oraz enzymów, przyczynia się do poprawy trwałości, tekstury i cech sensorycznych produktu końcowego [Leroy i De Vuyst, 2004]. Produkowane na skalę przemysłową

startery są dostępne w formie zamrożonej, suszonej (np. preparaty liofilizowane) oraz płynnej.

Do grupy LAB, odpowiedzialnej za proces fermentacji, z wytworzeniem kwasu mlekowego, zaliczamy między innymi: *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* oraz *Vagococcus*, *Weissella*. W tabeli 1. przedstawiono przykłady bakterii fermentacji mlekowej, obecne w szczepionkach.

Tabela 1. Przykłady bakterii fermentacji mlekowej (LAB) stosowanych jako kultury starterowe w przemyśle spożywczym

Bakterie fermentacji mlekowej	Zastosowanie w przemyśle spożywczym
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Mleko, jogurty, maślanki acidofilne
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar. <i>diacetylactis</i> <i>Lactobacillus helveticus</i>	Sery oraz fermentowane produkty mleczne
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	Jogurty
<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> <i>Lactobacillus brevis</i>	Zakwasy chlebowe
<i>Lactobacillus sakei</i> <i>Lactobacillus curvatus</i>	Fermentowane wyroby mięsne
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Fermentowane mięso, warzywa oraz zakwasy chlebowe
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Sery, jogurty
<i>Pediococcus acidilactici</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i>	Fermentowane mięso oraz warzywa
<i>Pediococcus halophilus</i>	Sos sojowy
<i>Oenococcus oeni</i>	Napoje alkoholowe, wino
<i>Leuconostoc lactis</i>	Sery, fermentowane produkty mleczne
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>cremoris</i>	Sery, fermentowane produkty mleczne oraz fermentowane warzywa
<i>Lactobacillus alimentarius</i> , <i>Carnobacterium piscicola</i>	Fermentowane ryby

*Źródło: opracowanie własne na podstawie Durso i Hutkins (2003) i Leroy i De Vuyst, (2004)

Bakterie z rodzaju *Lactobacillus* są najważniejszymi, użytecznymi przemysłowo drobnoustrojami z grupy LAB. Są one używane do zakwaszania mleka w produkcji serów i jogurtów, dodawane jako kultury startowe do fermentacji mięsa i warzyw. W ostatnich latach wiele uwagi poświęcono wykorzystaniu bakterii pałeczek kwasu mlekowego jako mikroorganizmów probiotycznych, szczególnie ze względu na ich funkcje prozdrowotne i możliwości zapobiegania chorobom u ludzi [Parvez i in., 2006]. Mechanizmy działania prozdrowotnego nie są w pełni poznane, ale mogą uwzględniać: konkurencję z patogenami o adhezję do ścian jelita, neutralizację czynników rakotwórczych diety, produkcję metabolitów przeciwdrobnoustrojowych i modulację funkcji układu immunologicznego [Corthesy i in., 2007]. Według definicji przyjętej obecnie przez FAO/WHO [2002] probiotyki to „żywe drobnoustroje, które podane w odpowiedniej liczbie wywierają korzystny wpływ na zdrowie gospodarza”.

Mikroorganizmy probiotyczne wyizolowane z przewodu pokarmowego człowieka są rekomendowane do stosowania przez ludzi jako probiotyki, i stosowane jako kultury startowe. Jednak niektóre badania wskazują, że szczepy uznawane za probiotyczne izoluje się również z fermentowanych produktów pochodzenia zwierzęcego, jak i z nie-mlecznych fermentowanych produktów [Schrezenmeir i Vrese de, 2001, Holzapfel, 2002]. Tradycyjne fermentowane produkty są obfitym źródłem mikroorganizmów, z których część może wykazywać właściwości probiotyczne [Botes i in., 2007; Lee i Lee, 2006; Todorov i in., 2008; Mathara i in., 2008; Kumar i in., 2012; Zielińska i in., 2015].

Projektowanie nowoczesnych kultur startowych do żywności

Właściwości przeciwdrobnoustrojowe bakterii fermentacji mlekowej

Bakterie fermentacji mlekowej stanowią najliczniejszą spośród grup mikroorganizmów stosowanych w technologii żywności jako kultury startowe. Wykorzystuje się je standardowo w przemysłowej produkcji fermentowanych wyrobów mlecznych, mięsnych, warzywnych i zbożowych [Suskovic i in., 2010]. Najistotniejszym czynnikiem, który warunkuje aktywność antymikrobiologiczną, jest zdolność szczepów bakterii fermentacji mlekowej do obniżania pH środowiska oraz konwersji cukrów prostych do kwasów organicznych [Reis i in., 2012]. Drobnoustroje pochodzące naturalnie z surowców oraz środowiska, mogą również intensywnie wzrastać w czasie fermentacji, a w efekcie osiągać większą liczbę komórek niż bakterie dodawane do produktu w celach technologicznych [Suskovic i in., 2010]. W przypadku produktów tradycyjnych, często fermentacja zachodzi pod wpływem wzrostu mikroflory autochtonicznej, dzięki czemu wykształcone zostają specyficzne cechy sensoryczne gotowego produktu [Topisirovic i in., 2006]. Często tego typu szczepy izoluje się i wykorzystuje do tworzenia specyficznych kultur startowych, nadających produktowi

zaplanowane wyróżniki sensoryczne. Każdy izolat musi zostać poddany charakterystyce genotypowej i fenotypowej, przed wykorzystaniem w produkcji przemysłowej. Istnieje możliwość zastosowania szczepów LAB oraz ich metabolitów do przedłużania trwałości produktów typu 'ready to eat', jako jeden z elementów „technologii płótków”, dzięki czemu można zminimalizować straty witamin i składników odżywczych spowodowane obróbką cieplną. Wykorzystanie szczepów syntetyzujących bakteriocyny oraz oczyszczonych preparatów tych związków jako skoncentrowanych składników bioaktywnych, stwarza realną możliwość ograniczania wzrostu bakterii patogennych oraz powodujących psucie się żywności [Galvez i in., 2007; Reis i in., 2012; Balciunas i in., 2013].

Aktywność antymikrobiologiczna kultur startowych związana jest ze zdolnością do syntezy specyficznych metabolitów, takich jak: kwasy organiczne (głównie mlekowy i octowy), nadtlenek wodoru, etanol, diacetyl, aldehyd octowy, bakteriocyny i inne niskocząsteczkowe związki antymikrobiologiczne [Reis i in., 2012]. Metabolity o działaniu antymikrobiologicznym, produkowane przez szczepy LAB, można podzielić ze względu na rozmiar cząsteczki na dwie główne grupy – substancje o niskiej (poniżej 1000 Da) i wysokiej (powyżej 1000 Da) masie cząsteczkowej [Suskovic i in., 2010]. Do tej drugiej grupy należą głównie bakteriocyny.

Zdolność do syntezy określonych związków przeciwdrobnoustrojowych jest zmienna w obrębie rodzaju, zależy także od składu chemicznego podłoża wzrostowego. Drobnocząsteczkowe metabolity LAB podlegają akumulacji w środowisku, co ma znaczny wpływ na warunkowanie parametrów umożliwiających wzrost innych mikroorganizmów, tj. pH czy potencjał oksydo-redukcyjny [Suskovic i in., 2010].

Szczepy bakterii fermentacji mlekowej mogą prowadzić fermentację heksoz na drodze homofermentatywnej (głównym produktem jest kwas mlekowy), albo heterofermentatywnej (oprócz kwasu mlekowego, syntetyzowane są równomolowe ilości mleczanu etylu, etanolu oraz dwutlenku węgla). Fermentacja pentoz skutkuje otrzymaniem równomolowych ilości kwasu mlekowego i octowego. Wiele gatunków heterofermentatywnych ma enzym, peroksydazę flawoproteinową, odpowiadający za redukcję tlenu w środowisku, co skutkuje powstawaniem dużych ilości nadtlenku wodoru, który jest silnym związkiem utleniającym [Reis i in., 2012].

Toksyczne działanie kwasów organicznych, mlekowego i octowego, wynika najczęściej z obecności niezdysocjowanej formy cząsteczki, która dyfunduje do cytozolu. Obniżenie pH wnętrza komórki bakteryjnej prowadzi m.in. do zmian strukturalnych w białkach, co z kolei skutkuje zaburzeniami metabolicznymi. Wysokie stężenie kwasów organicznych powoduje zmianę potencjału błony komórkowej, spowolnienie i zatrzymanie procesów energetycznych, a w konsekwencji śmierć komórki [Lorca i in., 2009].

Niektóre szczepy bakterii fermentacji mlekowej posiadają zdolność do syntezy bakteriocyn. Bakteriocyny to substancje antymikrobiologiczne o charakterze peptydowym. Początkowo obserwowano głównie bakteriocyny skuteczne przeciwko blisko spokrewnionym gatunkom, jednak obecnie zidentyfikowano wiele związków należących do tej grupy, które mają bardzo szerokie spektrum działania i hamują wzrost zarówno szczepów Gram-ujemnych, jak i Gram-dodatnich [Galvez i in., 2007; Balciunas i in., 2013]. Bakteriocyny są peptydami syntetyzowanymi rybosomalnie, przez wiele gatunków bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych. Naukowcy zwracają szczególną uwagę na te, wytwarzane przez szczepy LAB wyizolowane z naturalnych produktów spożywczych. Istnieją możliwości aplikacji tych związków w przemyśle, jako naturalnych środków konserwujących (biokonserwanty). Najczęściej bakteriocyny szczepów LAB są aktywne wobec blisko spokrewnionych bakterii Gram-dodatnich, podczas gdy komórki produkujące są odporne na działanie swoich bakteriocyn [Cotter i in., 2005]. Obecnie na rynku dostępne są komercyjnie dwa preparaty oczyszczonych bakteriocyn – nizyny oraz pediocyny PA-1 [Galvez i in., 2007]. Spośród drobnoustrojów patogennych, szczególnie podatne na działanie hamujące ich wzrost są szczepy z gatunku *Listeria monocytogenes* oraz *Staphylococcus aureus* [Suskovic i in., 2010].

Zastosowanie bakteriocynogennych kultur startowych LAB pozwala zwiększyć tempo obniżania pH produktu. Szczególne znaczenie tego czynnika występuje jednak w przypadku mikroorganizmów tolerujących zakwaszone środowisko, takich jak *L. monocytogenes*. Zastosowanie szczepu mającego zdolność syntezy bakteriocyny może odgrywać kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności. Co więcej, bakteriocynogenny szczep LAB w kulturze startowej może zapobiegać niekorzystnemu rozrostowi mikroflory autochtonicznej, powodującej powstawanie niepożądanych cech smakowych bądź zapachowych. Dzięki takiemu działaniu, możliwe jest standaryzowanie procesu fermentacji, szczególnie w przypadku kiszzonej kapusty, fermentowanych kiełbas, warzyw, oliwek czy sera [Leroy i in., 2006; Suskovic i in., 2010].

Bakteriocynogenne szczepy bakterii fermentacji mlekowej mogą być wykorzystywane także jako kultury pomocnicze, równoległe z kulturą startową. Taki szczep musi posiadać zdolność wzrostu w warunkach wytwarzanych przez szczepy z kultury startowej oraz nie wykazywać antagonistycznej aktywności w stosunku do nich. Wyjątkiem jest sytuacja, w której kultura startowa zostaje unieczynniona przez szczep bakteriocynogenny, aby uwolnić wewnątrzkomórkowe enzymy, przyspieszające dojrzewanie sera [O'Sullivan i in., 2003]. Wykazano, że szczep *Lactococcus lactis*, mający zdolność do syntezy nizyny i laktycyny 481, wyizolowany z surowego mleka, może być wykorzystywany do wspomaganie aktywności kultur startowych używanych w produkcji wyrobów mlecznych, aby ograniczać wzrost niepożądanych drobnoustrojów [Bravo i in., 2009].

Szczepy bakterii fermentacji mlekowej są także wykorzystywane jako kultury ochronne, do przedłużania trwałości produktów spożywczych niefermentowanych. Szczepy bakteriocynogenne syntetyzują bakteriocyny *in situ* (w produkcji lub na powłoce opakowaniowej), albo w trakcie inkubacji na pożywce wzrostowej, która jest następnie wykorzystywana jako składnik w procesie produkcyjnym. Dwa preparaty tego typu są obecnie dostępne komercyjnie – ALTA™, zawierający pediocynę PA-1, oraz Microgard™, zawierający sfermentowane mleko wraz z antymikrobiologicznymi składnikami [Galvez i in., 2007].

Wprowadzenie do żywności oczyszczonej bakteriocyny wymaga zgody odpowiednich instytucji legislacyjnych. Poza tym, produkcja takiego preparatu jest kosztowna, nisko wydajna oraz niestabilna [Galvez i in., 2007]. Rozwiązaniem tych problemów może być immobilizacja bakteriocyn lub bakterii bakteriocynogennych na nośnikach lub ich mikrokapsułkowanie. Preparaty otrzymane w ten sposób mogą być skuteczne w niższych stężeniach, ponieważ dozowanie odbywa się na powierzchnię produktu spożywczego, a nie w całej jego objętości [Balciunas i in., 2013]. Co więcej, istnieje możliwość uwalniania bakteriocyny z nośnika w sposób zależny od gradientu stężeń, co pozwala chronić cząsteczkę bakteriocyny przed interakcją ze składnikami żywności i inaktywacją enzymatyczną [Papagiani i in., 2009]. Wykorzystanie antymikrobiologicznych powłok do pakowania jest nowym trendem w technologii żywności, z którym można wiązać duże nadzieje [ConchaMeyer i in., 2011].

Bezpieczeństwo bakterii fermentacji mlekowej

Bakterie fermentacji mlekowej mają status GRAS (ang. *generally recognized as safe*), co oznacza *ogólnie uznane za bezpieczne*. Ze względu na to, że sam proces fermentacji mlekowej jest znany i powszechnie stosowany w technologii żywności od setek lat, bakterie stosowane jako kultury startowe teoretycznie nie powinny wywoływać niekorzystnych dla zdrowia skutków [Kubiszewska i in., 2014]. Jednak zgodnie z wymaganiami FAO/WHO [2002] istnieje konieczność szczegółowego badania i oceny bezpieczeństwa szczepów-kandydatów na probiotyczne kultury startowe do żywności. Ponadto, Libudzisz [2004] zaproponowała kryteria selekcji bakterii, uwzględniając bezpieczeństwo stosowania, cechy funkcjonalne i cechy technologiczne. Bezpieczeństwo dotyczy takich aspektów jak: (1) pochodzenie z mikrobiomu człowieka, (2) izolacja szczepów z przewodu pokarmowego ludzi zdrowych, (3) dokładna identyfikacja, (4) historia bezpiecznego stosowania, (5) brak informacji o powiązaniu z infekcjami, chorobami serca i przewodu pokarmowego, (6) brak zdolności do rozszczepiania soli kwasów żółciowych, (7) brak genów oporności na antybiotyki, zlokalizowanych na niestabilnych elementach. Wszystkie te właściwości ocenia się indywidualnie dla każdego szczepu.

Jednym z najważniejszych kryteriów wyboru kultur startowych jest brak oporności bakterii na najpopularniejsze antybiotyki. Kluczowe dla kontroli i zapobiegania antybiotykooporności jest określenie obecności i sposobów przenoszenia genów oporności wśród mikroorganizmów. Ze względu na to, że stosowanie antybiotyków w populacji ludzi i zwierząt jest powszechne, istnieje konieczność badania mechanizmów transferu genów, szczególnie u bakterii, nawet tych, które z natury wywołują korzystne skutki zdrowotne. Bakterie fermentacji mlekowej mogą być zbiornikiem genów oporności, a w konsekwencji mogą być donorami tych genów dla patogenów. Te z kolei powodują, że tradycyjne terapie antybiotykowe są nieskuteczne i wydłużają czas leczenia chorób bakteryjnych, a ponadto powodują nadwrażliwość organizmów na leki [Rodak, 2011].

Nabywanie oporności na antybiotyki przez bakterie oznacza, że zachodzą zmiany w ich genomie na skutek mutacji lub nabycia genu oporności od innych bakterii [Rodak, 2011]. Oporność wrodzona (ang. *intrinsic*) jest stałą cechą gatunku lub szczepu i nie jest związana ze zmianami genetycznymi. Może być związana z budową ściany komórkowej, jak np. oporność na gentamycynę [Monteagudo-Mera i in., 2012] czy wankomycynę [Gueimonde i in., 2013]. Z kolei oporność nabyta (ang. *acquired*) powstaje u mikroorganizmów, które najpierw są wrażliwe na dany antybiotyk, a następnie nabywają gen oporności lub na skutek mutacji w ich genomie stają się na niego odporne. Istnieje kilka rodzajów przenoszenia genów, a ich mechanizmy są skomplikowane i nie są do końca wyjaśnione. Ze względu na to, że łańcuch żywnościowy jest jednym z głównych dróg przenoszenia genów antybiotykooporności, stała kontrola nad tym procesem jest obligatoryjna [Mathur i Singh, 2005; WHO, 2014], a co za tym idzie istnieje konieczność szczegółowego badania bakterii, które są lub mogą być wykorzystywane w żywności.

Bakterie fermentacji mlekowej są aktywne enzymatycznie i wykazują właściwości proteolityczne, lipolityczne i/lub sacharolityczne, w zależności od rodzaju, gatunku i szczepu. Z punktu widzenia bezpieczeństwa, istotne jest by LAB nie produkowały enzymów szkodliwych dla człowieka, ale również by produkty enzymatyczne nie przeszkadzały w produkcji czy przechowywaniu gotowych produktów żywnościowych. Niepożądana jest wysoka aktywność β -glukuronidazy, enzymu uważanego za karcinogeny, ze względu na gromadzenie toksycznych związków w wątrobie, które są przenoszone do jelita wraz z żółcią [Kumar i in., 2012]. Istotna ilość produkowanych enzymów α -chymotrypsyny i *N*-acetylo- β -glukozaminidazy również może wpływać negatywnie na pracę jelit człowieka, dlatego pożądanym jest, aby kultury startowe nie posiadały ich aktywności. Wysoka ekspansja proteolityczna lub lipolityczna może negatywnie wpływać na produkt, szczególnie podczas przechowywania, ze względu na tworzenie się związków gnilnych lub objawiających się jełczeniem produktu, co może

obniżać jakość sensoryczną żywności, lub może utrudniać sam proces technologiczny wytwarzania produktów.

Inne niebezpieczne produkty metaboliczne, związane z bakteriami fermentacji mlekowej to karbaminian etylu oraz aminy biogenne. Karbaminian etylu to produkt metabolizmu cytruliny i argininy, który może mieć właściwości nowotworowe, jego produkcja związana jest z produkcją wyrobów winnych, gdzie swój udział odgrywają również bakterie kwasu mlekowego [Jurkowski i Błaszczuk, 2012]. Aminy biogenne są niskocząsteczkowymi organicznymi zasadami, są degradowane jako wynik metabolizmu organizmów żywych, w tym bakterii fermentacji mlekowej. Histamina, tyramina, putrescyna czy kawaderyna, mogą powstawać jako produkt kontrolowanej lub spontanicznej fermentacji oraz podczas przechowywania. Obawy wynikające z tworzenia przez LAB amin biogennych związane są z ich działaniem toksycznym, a nawet rakotwórczym, poprzez tworzenie prekursorów nowotworowych N-nitrozwiązków [Stadnik, 2011].

Podsumowanie

Wszechstronny rozwój technologii w XX wieku stworzył możliwość konserwacji żywności dzięki pojawieniu się na rynku komercyjnych kultur starterowych o znanym, zdefiniowanym składzie, odpowiedzialnych za proces fermentacji kontrolowanej. Mikroorganizmami najczęściej wykorzystywanymi w formie szczepionek są bakterie fermentacji mlekowej uznane przez amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (ang. *FDA - Food and Drug Administration*) za bezpieczne (ang. *GRAS - generally recognised as safe*). Początkowo, zadaniem wyselekcjonowanych kultur bakteryjnych było sterowanie i przyspieszanie procesu fermentacji w celu przedłużenia trwałości produktu oraz zwiększenia efektywności produkcji żywności fermentowanej. Obecnie dzięki szczególnym właściwościom wybranych bakterii przemysł ten rozwija się w kierunku żywności prozdrowotnej. Opracowywanie nowych kultur startowych, dedykowanych do żywności fermentowanej, z pewnością pozwoli na rozszerzenie rynku produktów spożywczych. Bezpieczeństwo zdrowotne szczepów-kandydatów na kultury startowe do żywności jest jednym z najważniejszych kryteriów, jakie są im stawiane. Szczególne nadzieje wiąże się także z izolacją nowych kultur startowych o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, co pozwoliłoby wyeliminować w znacznej części substancje konserwujące dodawane do żywności.

Stosowanie kontrolowanego, pod względem bezpieczeństwa zdrowotnego procesu fermentacji, z wykorzystaniem kultur startowych bakterii fermentacji mlekowej jest zatem najlepszym sposobem na zaspokojenie wymagań rosnącej grupy świadomych konsumentów, poszukujących produktów smacznych, łagodnie utrwalanych oraz cechujących się właściwościami prozdrowotnymi.

Literatura

1. Balciunas E.M., Castillo Martinez F.A., Todorov S.D., Gombossy de Melo F., Attilio Converti B.D., de Souza Oliveira R.P. Novel biotechnological applications of bacteriocins: A review, *Food Control*, 2013, 32, 134-142.
2. Bassi D, Puglisi E, Cocconcelli PS. Comparing natural and selected starter cultures in meat and cheese fermentations. *Current Opinion in Food Science*. 2015; 2, 118-122.
3. Botes, A., Todorov, S.D., von Mollendorff, J.W., Botha, A., Dicks, L.M.T. Identification of lactic acid bacteria and yeast from boza. *Process Biochem*. 2007, 42, 267-270.
4. Bravo D., Rodríguez E., Medina M. Nisin and lacticin 481 coproduction by *Lactococcus lactis* strains isolated from raw ewes' milk, *J. Dairy Sci*. 2009, 92, 4805-4811.
5. Concha-Meyer A., Schöbitz R., Brito C., Fuentes R. Lactic acid bacteria in an alginate film inhibit *Listeria monocytogenes* growth on smoked salmon, *Food Control*, 2011, 22, 485-489.
6. Corthesy B, Gaskins HR, Mercenier A. Cross-talk between probiotic bacteria and the host immune system. *J Nutr* 2007, 137:781S-790S.
7. Cotter P.D., Hill C., Ross R.P., Bacteriocins: Developing innate immunity for food, *Nat. Rev. Microbiol.*, 2005, 3, 777-788.
8. Durso L., Hutkins R. (2003): Starter Cultures. [w:] Cabarello B., Trugo L., Finglas P., *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, 2003, Academic Press, Wielka Brytania, s. 5583-5593.
9. FAO/WHO. Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. 2002, 1-3.
10. Gálvez A., Abriouel H., López R.L., Ben Omar N. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation, *Int. Journal Food Microb.*, 2007, 120, 51-70.
11. Gueimonde M., Sánchez B., de los Reyes-Gavilán C. G., Margolles A. Antibiotic resistance in probiotic bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 2013, 4, 1-6.
12. Holzapfel W. H. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 75, 197-212.
13. Jurkowski M., Błaszczuk M. Charakterystyka fizjologiczno-biochemiczna bakterii fermentacji mlekowej. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 2012, 3(61), 493-504.
14. Kubiszewska I., Januszewska M., Rybka J., Gackowska L. Bakterie kwasu mlekowego i zdrowie: czy probiotyki są bezpieczne dla człowieka? *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2014, 68, 1325-1334.
15. Kumar M., Ghosh M., Ganguli A. Mitogenic response and probiotic characteristics of lactic acid bacteria isolated from indigenously pickled vegetables and fermented beverages. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2012, 28, 703-711.
16. Lee, H.M., Lee, Y., Isolation of *Lactobacillus plantarum* from kimchi and its inhibitory activity on the adherence and growth of *Helicobacter pylori*. *J. Microbiol. Biotechnol*. 2006, 16, 1513-1517.
17. Leroy F., Verluysen J., De Vuyst L. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation, *Int. J. Food Microbiol*. 2006, 106, 270-285.
18. Leroy, F., & De Vuyst, L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 2004, 15(2), 67-78.
19. Libudzisz Z. Mikroflora jelitowa a probiotyki. *Zakażenia*, 2004, 6, 49-51.
20. Lorca G., de Valdez G.F.: *Lactobacillus Stress Responses* [w:] *Lactobacillus Molecular Biology: From Genomics to Probiotics*, Å. Ljungh, T. Wadström (ed.), Caister Academic Press, Norfolk, Wielka Brytania, 2009, 115-138.
21. Mathara J.M., Schillinger U., Guigas C., Franz C., Kutima P.M. and Mbugua S.K. i in., Functional characteristics of *Lactobacillus* spp. from traditional Maasai fermented milk products in Kenya, *International Journal of Food Microbiology* 2008, 126 (1-2), 57-64.
22. Mathur S., Singh R. Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 2005, 105, 281-295.
23. Monteagudo-Mera A., Rodriguez-Aparicio L., Rúa J., Martínez-Blanco H. Navasa N., Garcia-Armesto M. R., Ferrero M. A. *In vitro* evaluation of physiological probiotic properties of different lactic acid bacteria strains of dairy and human origin. *Journal of Functional Foods*, 2012, 4, 531-541.
24. O'Sullivan L., Ross R.P., Hill C. A lacticin 481-producing adjunct culture increases starter lysis while inhibiting nonstarter lactic acid bacteria proliferation during cheddar cheese ripening, *J. Appl. Microbiol*. 2003, 95, 1235-1241.

25. Papagianni M., Anastasiadou S. Pediocins: The bacteriocins of pediococci. Sources, production, properties and applications, *Microb. Cell Fact.*, 2009, 8.
26. Parvez, S., Malik, K. A., Ah Kang, S., & Kim, H. Y. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of applied microbiology*, 2006, 100 (6), 1171-1185.
27. Reis J.A., Paula A.T., Casarotti S.N., Penna A.L.B., Lactic Acid Bacteria Antimicrobial Compounds: Characteristics and Applications, *Food Eng Rev*, 2012, 4, 124-140.
28. Rodak E. Antybiotykooporność bakterii kwasu mlekowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2011, XLIV, 2, 204-211.
29. Schrezenmeir, J., de Vrese, M. Probiotics, prebiotics, and synbiotics approaching a definition. *Am. J. Clin. Nutr.* 2001, 77, 361-364.
30. Stadnik J. Aminy biogenne w wyrobach mięsnych surowo dojrzewających. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 88(3), 5-15.
31. Steinkraus K. *Handbook of Indigenous Fermented Foods*, revised and expanded. 2nd ed. CRC Press; 1995. 121.
32. Šušković J., Kos B., Beganović J., Leboš Pavunc A., Habjanič K., Matošić S. Antimicrobial Activity – The Most Important Property of Probiotic and Starter Lactic Acid Bacteria, *Food Technol. Biotechnol.* 2010, 48, 296-307.
33. Todorov, S.D., Botes, M., Guigas, C., Schillinger, U., Wiid, I., Wachsmann, M.B., Holzapfel, W.H., Dicks, L.M.T. Boza, a natural source of probiotic lactic acid bacteria. *J. Appl. Microbiol.* 2008, 104, 465-477.
34. Topisirovic L., Kojic M., Fira D., Golic N., Strahinic I., Lozo J. Potential of lactic acid bacteria isolated from specific natural niches in food production and preservation, *Int. J. Food Microbiol.* 2006, 112 230-235.
35. WHO. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2014, 1-256.
36. Zielińska D., Rzepkowska A., Radawska A., Zieliński K.: *In vitro* screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber. *Current Microbiology*, 2015, 2 (70), 183-194.

ALEKSANDRA DUDA-CHODAK, TOMASZ TARKO,
ŁUKASZ WAJDA, KATARZYNA BODNAR

*Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, e-mail: a.duda-chodak@ur.krakow.pl*

**OCENA WPŁYWU WYBRANYCH SUPLEMENTÓW DIETY NA BAKTERIE
JELITOWE – BADANIA *IN VITRO***

Streszczenie

Z uwagi na rosnące zainteresowanie pozytywnym wpływem polifenoli i innych substancji o aktywności antyoksydacyjnej na zdrowie człowieka, w ostatnich latach wzrasta spożycie suplementów diety zawierających polifenole. Celem niniejszej pracy było sprawdzenie w warunkach *in vitro* jak suplementy diety Resveratrol 100, Super Antioxidants oraz ekstrakt z pestek z winogron wpływają na bakterie będące przedstawicielami ludzkiej fizjologicznej mikrobioty jelitowej.

Z suplementów przygotowano roztwory w DMSO, po czym dodawano je do podłoża hodowlanego odpowiedniego dla danej bakterii (stężenia końcowe 0,001%, 0,005% oraz 0,01%), a następnie oceniano ich wpływ na wzrost bakterii poprzez pomiar gęstości optycznej po 24 godzinach hodowli. Wykazano, że SuperAntioxidants silnie hamuje wzrost dobrotocznej bakterii z rodzaju *Lactobacillus* sp. już w stężeniu 0,005%, wobec *Ruminococcus gausvreauii*, *Eubacterium cylindroides*, *Bifidobacterium catenulatum* i *Bacteroides galacturonicus* wykazuje działanie bakteriostatyczne, natomiast stymuluje wzrost *E. coli*. Resveratrol 100 w badanym zakresie stężeń wykazywał słabe działanie inhibitorowe wobec większości badanych gatunków bakterii, szczególnie *B. catenulatum*. Z kolei ekstrakt z pestek winogron nie wykazywał istotnego wpływu lub nawet nieznacznie stymulował wzrost *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus caccae* i *E. coli*.

Uzyskane wyniki wskazują, że należy zachować ostrożność podczas stosowania suplementów diety, gdyż, poprzez hamowanie wzrostu jednych gatunków i stymulowanie innych, mogą one wpływać na fizjologiczną mikrobiotę jelitową modulując jej skład, co w efekcie może spowodować niekorzystne skutki zdrowotne u konsumenta.

Wprowadzenie

Polifenole stanowią dość powszechną grupę metabolitów wtórnych w tkankach roślin, odpowiadając za smak i barwę owoców i warzyw, a także chroniąc je przed inwazją owadów i patogenów. Z uwagi na ich obecność w diecie oraz ze względu na ich właściwości przeciwutleniające, zdolność zmiatania wolnych rodników oraz właściwości

antybakteryjne mogą wywierać wpływ także na zdrowie ludzi. Przyjmuje się, że dzięki swoim właściwościom przeciwutleniającym, polifenole zapobiegają rozwojowi wielu chorób, m.in. cukrzycy, miażdżycy, chorób sercowo-naczyniowych, neurologicznych, nowotworowych czy niektórych zaburzeń immunologicznych [Havsteen, 2002; Xia i in., 2010]. Z drugiej strony wykazano, że polifenole mogą hamować wzrost mikroorganizmów, w tym bakterii i grzybów, oraz działać antywirusowo [Bae i in., 1999, Cushnie i Lamb, 2005; Xia i in., 2010; Daglia, 2012]. Badania dotyczące oceny wpływu polifenoli na różne patogeny jelitowe są dość częste, podobnie jak dość liczne są badania nad biodostępnością polifenoli i ich przemianami pod wpływem mikrobioty jelitowej. Wiadomo, że w zależności od składu mikrobioty jelitowej oraz enzymów, jakimi ona dysponuje, dany związek może być przekształcony w różne metabolity, o różnorodnym wpływie na zdrowie gospodarza, często korzystniejszym niż substancja wyjściowa.

W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie wpływem diety bogatej w polifenole na zdrowie konsumentów, co przekłada się także na zwiększoną dostępność suplementów diety zawierających oczyszczone związki polifenolowe oraz na ich zwiększone spożycie. Wielu konsumentów bezkrytycznie spożywa rozmaite suplementy, łącząc preparaty zawierające silne przeciwutleniacze z polifenolami o działaniu przeciwzapalnym, przeciwmiażdżycowym czy antynowotworowym. W konsekwencji do organizmu wprowadzane są bardzo duże ilości związków polifenolowych. Na przykład rezweratrol staje się coraz bardziej popularnym suplementem diety, mającym m.in. przedłużać życie, szczególnie u osób otyłych. Rezweratrol, tak jak niskokaloryczna dieta, ma zdolność aktywacji sirtuin, enzymów odpowiedzialnych m.in. za deacylację czynników transkrypcyjnych, co w konsekwencji prowadzi do przemian znacząco wydłużających życie komórki [Siedlecka i Bogusławski, 2005]. Stężenie rezweratrolu w tabletkach suplementu wynosi 100-500 mg w zależności od producenta, a zalecana dawka dzienna aż 500 mg na każde 23 kg masy ciała (dane producenta suplementu podane na ulotce), co oznacza przyjmowanie nawet 2 g tego stilbenu na dobę. Na rynku dostępnych jest coraz więcej także innych polifenoli, które bez żadnych ograniczeń, zachęceni reklamami, możemy spożywać w postaci farmaceutyków i suplementów zawierających stężenia wielokrotnie wyższe niż naturalnie spotykane w dobrze zbilansowanej i zróżnicowanej diecie. Większość polifenoli nie jest absorbowana w żołądku i dociera do jelita, gdzie ulega przemianom, np. pod wpływem bakteryjnych glikozydaz i esteraz uwalniane są aglikony i oligomery, dzięki czemu zwiększa się ich wchłanianie. Produkty bakteryjnego metabolizmu mogą być dalej przekształcane do różnorodnych pochodnych, zarówno o korzystniejszym wpływie na zdrowie gospodarza niż wyjściowy składnik, jak i o wpływie szkodliwym.

Jak dotąd do rzadkości należą badania nad wpływem polifenoli na skład i aktywność niepatogennych przedstawicieli mikrobioty jelitowej. W poprzednich

badaniach [Duda-Chodak, 2012] wykazano, że polifenole, szczególnie aglikony flawonoidowe jak kwercetyna, naringenina i hesperetyna, hamowały wzrost wybranych przedstawicieli mikrobioty jelitowej, natomiast ich glikozydy (odpowiednio rutyna, naringina i hesperydyna) – nie miały takiego wpływu. W niniejszej pracy postanowiono sprawdzić czy suplementy diety zawierające różne związki polifenolowe również wywierają hamujący wpływ na mikrobiotę jelitową.

Material i metody

Bakterie i media hodowlane

Do doświadczeń wykorzystano czyste kultury 7 różnych gatunków bakterii, będących przedstawicielami najważniejszych rodzajów tworzących fizjologiczną mikrobiotę jelitową człowieka i zgodnie z kartami charakterystyk zostały one wyizolowane z jelita ludzkiego: *Bacteroides galacturonicus* DSM 3978 /BAC/, *Lactobacillus* sp. DSM 20059 /LCB/, *Enterococcus caccae* DSM 19114 /EN/, *Eubacterium cylindroides* DSM 3983 /EUB/, *Bifidobacterium catenulatum* DSM 16992 /BF/, *Ruminococcus gauvreauii* DSM 19829 /RUM/ i *Escherichia coli* DSM 1116/EC/. Bakterie zakupione w niemieckiej kolekcji czystych kultur mikroorganizmów i linii komórkowych DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH) w formie zliofilizowanej, rozbankowano i namnażano w odpowiednich – dla danej bakterii – podłożach, w temperaturze 37°C, w warunkach mikroaerofilowych (EN, EC, LCB) lub beztlenowych (BAC, BF, RUM, EUB). Do doświadczeń z EN, RUM, BAC oraz EUB wykorzystano podłoże TSYEM (o składzie Trypticasein Soy Broth 30 g/l, ekstrakt drożdżowy 3 g/l), *Lactobacillus* hodowano w pożywce de Man, Rogosa, Sharpe (MRS), a *E. coli* w bulionie odżywczym. W doświadczeniach z *Bifidobacterium* użyto Medium 58 o składzie (na liter): produkt trawienia kazeiny trypsyną (10,00 g, Sigma-Aldrich, Niemcy), ekstrakt drożdżowy (5,00 g), ekstrakt wołowy (5,00 g), pepton sojowy (5,00 g), glukoza (10,00 g), K₂HPO₄ (2,00 g), MgSO₄ × 7H₂O (0,20 g), MnSO₄ × H₂O (0,05 g), Tween 80 (1,00 ml, Sigma-Aldrich), NaCl (5,00 g), L-cysteina × HCl × H₂O (0,50 g, Sigma-Aldrich), resazuryna (1 mg, Sigma-Aldrich), 40 ml roztworu soli. Skład roztworu soli (na liter): 0,25 g CaCl₂ × 2H₂O, 0,50 g MgSO₄ × 7H₂O, 1,00 g K₂HPO₄, 1,00 g KH₂PO₄, 10,00 g NaHCO₃, 2,00 g NaCl. Wszystkie podłoża zakupiono w Biocorp (Polska), pozostałe odczynniki (jeśli nie zaznaczono inaczej) w POCh S.A. (Gliwice, Polska).

Suplementy diety

W badaniach wykorzystano suplementy diety zakupione w sklepach z tzw. „zdrową żywnością”: ekstrakt z pestek winogron /PWE/ (sklep internetowy Magiczny Ogród, kraj pochodzenia – Chiny), Resveratrol 100 /RS100/ (Swanson Health Products, USA, sklep

internetowy e-Vita) oraz Super Antioxidants /sAOX/ (NOW Foods, USA, sklep internetowy e-Vita). Z suplementów przygotowano roztwory w DMSO, w przypadku sAOX i RS100 o stężeniu 0,5%, natomiast dla PWE o stężeniu 0,05%. Esktrakty wysterylizowano poprzez filtrację (ϕ 0,45 μ m), a do czasu analiz przechowywano w lodówce.

Ocena wpływu suplementów na mikrobiotę jelitową

W celu określenia wpływu suplementów na bakterie jelitowe do odpowiedniego dla danej bakterii sterylnego medium dodano ekstrakty poszczególnych suplementów diety w stężeniu końcowym: 0,001%, 0,005% oraz 0,01%. Następnie do podłoża dodano inokulum bakteryjne tak, aby wyjściowa liczebność populacji wynosiła 3×10^6 komórek/ml. Określenia zmian liczebności bakterii pod wpływem różnych stężeń suplementów dokonano na podstawie pomiarów mętności zawiesiny (densytometr DEN-1B, BIOSAN, Łotwa wyskalowany w jednostkach McFarland'a) po 24-godzinnej inkubacji poszczególnych bakterii (37°C, warunki anaerobowe lub mikroaerofilowe). Kontrolę pozytywną stanowiła odpowiednia pożywka bez dodatku ekstraktu zaszczipiona taką samą ilością bakterii i inkubowana w tych samych warunkach. Kontrolą negatywną były podłoża z odpowiednimi stężeniami danego suplementu bez dodatku bakterii. Odczyty uzyskane z tych prób każdorazowo odejmowano od wartości zmętnienia próbki właściwej. Uzyskane wyniki wyrażono jako procent kontroli pozytywnej, w celu łatwiejszego porównywania wyników uzyskanych dla różnych mikroorganizmów.

W celu kontroli toksyczności rozpuszczalnika użytego do rozpuszczenia flawonoidów wykonano ocenę wpływu czystego DMSO na poszczególne bakterie.

Analiza statystyczna

Wszystkie oznaczenia wykonano w minimum 3 powtórzeniach (zwykle 6-ciu), a wyniki przedstawiono jako średnią arytmetyczną \pm SD. W celu oceny istotności statystycznej różnic wykonano test jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) z testem post hoc Tukey-Kramer'a. Rozkład normalności określono za pomocą testu Kolgomorova-Smirnova. Wszystkie obliczenia statystyczne zostały wykonane przy użyciu programu GraphPad InStat, wersja 3.01 dla Windows (GraphPad Software, San Diego, Kalifornia, USA).

Wyniki i dyskusja

Suplement Super Antioxidants (sAOX) już w stężeniu 0,005% niemal całkowicie zahamował wzrost *Lactobacillus* sp., a w stężeniu 0,01% wykazywał działanie bakteriostatyczne wobec EUB, RUM, BAC i BF (Tab. 1).

Tabela 1. Liczebność populacji bakterii danego gatunku wyrażona jako % kontroli pozytywnej w zależności od stężenia suplementu diety Super Antioxidants (sAOX)

Bakteria	0,001% sAOX	0,005% sAOX	0,01% sAOX
<i>B. galacturonicus</i>	94,87±4,22 ^a	78,58±3,09 ^b	58,86±5,49 ^c
<i>B. catenulatum</i>	103,89±5,13 ^b	65,47±10,04 ^a	53,95±38,11 ^a
<i>E. caccae</i>	115,76±2,19 ^b	112,58±5,75 ^a	104,92±2,63 ^a
<i>E. coli</i>	165,77±18,30 ^a	129,26±17,76 ^{ab}	106,28±3,33 ^b
<i>E. cylindroides</i>	127,17±5,24 ^a	129,15±3,85 ^a	33,19±41,96 ^b
<i>Lactobacillus</i> sp.	94,65±2,39 ^a	5,00±4,10 ^b	4,83±1,60 ^b
<i>R. gauvreauii</i>	104,92±1,19 ^a	102,10±2,53 ^a	28,62±11,68 ^b

a,b,c – jednakowe litery w wierszu oznaczają, że różnice między średnimi uzyskanymi dla różnego stężenia suplementu nie są istotne statystycznie dla $p < 0,05$

Zupełnie odwrotny wpływ zaobserwowano wobec EC, EUB i EN, których wzrost był istotnie zwiększony przez sAOX, szczególnie przez jego niższe dawki. Wraz ze wzrostem stężenia dodawanego sAOX stymulacja była jednak coraz słabsza, co wskazuje na obecność związków o właściwościach inhibitorowych w tym suplemencie. Wraz z rosnącym stężeniem ilość tych substancji również rośnie i przypuszczalnie potencjał hamujący przeważał nad stymulującym, co ujawniło się w postaci mniejszej aktywacji wzrostu *E. coli* i *E. caccae* dla wyższych stężeń suplementu oraz w znaczącym ograniczeniu populacji *Eubacterium*.

Super Antioxidants to preparat, który łączy w sobie wiele substancji aktywnych pochodzących z różnych roślin, w największej ilości znajduje się w nim ekstrakt z zielonej herbaty, którego składniki, takie jak katechiny, mają udowodnione działanie przeciwbakteryjne [Pillukat i in., 2014]. Ważnym składnikiem jest również Ostropest plamisty, który jest bogaty w sylimarynę stanowiącą kompleks flawonolignanów, składający się z sylibiny, izosylibiny, sylikrystyny i sylidianiny. Sylimaryna wykazuje właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne i przeciwbakteryjne [Shaker i in., 2010]. W preparacie tym zawarte są również inne związki lub ekstrakty o potwierdzonym działaniu przeciwbakteryjnym jak: kurkuma [Chatterjee i in., 1999], kwercetyna [Liu i in., 2014], enzym bromelaina trawiący białka [Corz i in., 2012], żurawina [Côté i in., 2011], rozmaryn [Vallverdú-Queralt i in., 2014], ekstrakt z pestek winogron [Lei i in., 2014]. W badaniach przeprowadzonych przez Parker i in. [2013] udowodniono, że kwercetyna oraz inne polifenole mogą stymulować wzrost bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* i *Bacteroides*. Mimo że Super Antioxidants zawiera szereg składników o działaniu bakteriobójczym, to wzrost niektórych bakterii został zastymulowany. Może to wynikać z faktu, że wzajemne interakcje tych związków nie zostały jeszcze rozpoznane, każdy z osobna może hamować wzrost danej bakterii, ale w połączeniu z innymi może całkowicie zmieniać swoje właściwości. Bardzo silne zdolności

hamujące wykazano w przypadku *Lactobacillus* sp., co również mogło być spowodowane pogłębieniem właściwości bakteriobójczych dzięki interakcji tych związków. Jest to zjawisko niepożądane dla konsumenta, ponieważ bakterie *Lactobacillus* sp. stanowią naturalną i pożądaną mikroflorę przewodu pokarmowego, wiele gatunków to bakterie probiotyczne, które pełnią szereg pozytywnych funkcji w organizmie gospodarza. Wszelkie zaburzenia w proporcji mikrobioty jelitowej, które mogą być spowodowane hamowaniem wzrostu *Lactobacillus* sp., zaburzają funkcjonowanie organizmu i mogą zwiększać szanse na zakażenie organizmu patogenymi drobnoustrojami. Dlatego jest to istotne z punktu widzenia konsumenta, który kupując suplementy diety jest przekonany o ich dobroczynnym działaniu, a okazać się może, że nie w każdej kwestii działają one bez zarzutu.

Wzrost bakterii *E. caccae*, *E. coli*, a także *B. catenulatum* był stymulowany przez niższe z zastosowanych stężeń suplementu diety o nazwie Resveratrol 100 (RS100) (Tab. 2). Natomiast najwyższe badane stężenie RS100 (0,01%) hamowało wzrost wszystkich analizowanych bakterii, z wyjątkiem *Enterococcus*, na wzrost którego nie miało znacznego wpływu. Z kolei w badaniach Man-Ying Chan [2002] wykazano, że w niskich stężeniach rezweratrol nie miał znacznego wpływu na wzrost *Enterococcus*, natomiast w wysokich stężeniach działał hamująco. Jednak w cytowanej pracy badano czysty związek, a w skład stosowanego w tych badaniach suplementu wchodziły jeszcze dodatkowe substancje (żelatyna, mikrokrystaliczna celuloza, stearynian magnezu, krzemionka), co mogło mieć wpływ na interakcje stilbenu z bakterią. Niemniej jednak uzyskane wyniki dowodzą, że istotne jest stężenie w jakim farmaceutyk został zastosowany. Rezweratrol to jeden z najbardziej rozpowszechnionych stilbenów. Zapobiega chorobom serca przez obniżenie poziomu cholesterolu, może być również stosowany w celu zapobiegania powstawaniu nowotworów [Vuong i in., 2014], dlatego całkowite wyeliminowanie go z diety może niekorzystnie wpłynąć na organizm. Rezweratrol może być stosowany również przy leczeniu depresji [Hurley i in., 2014]. Dlatego należy stosować go w ograniczonych ilościach, tak aby spełniał pozytywne funkcje nie ograniczając wzrostu niezbędnych i pożytecznych dla organizmu bakterii.

Ekstrakt z pestek winogron już w bardzo niskich stężeniach (0,0001-0,001%) stymulował wzrost *B. galacturonicus*, *B. catenulatum*, *E. caccae* i *E. coli* (Tab. 3), przy czym nie wykazano korelacji pomiędzy dawką a liczebnością bakterii. *E. cylindroides* i *R. gausvreauii* również ulegały lekkiej stymulacji, ale jedynie przy najniższym z zastosowanych stężeń. Wobec *Lactobacillus* sp. ekstrakt z pestek winogron wykazywał słabe działanie bakteriostatyczne, niezależne od użytego stężenia.

Wykorzystany w badaniach ekstrakt z pestek winogron w 95% składa się proantocyjanidyn i jest produktem wytwarzanym z odpadów powstających przy

produkcji wina, dzięki temu stanowi tanie, choć bogate źródło przeciwutleniaczy fenolowych [Shi i in., 2014]. Głównymi substancjami polifenolowymi występującymi w pestkach winogron są katechiny (epikatechina, galusan epikatechiny, galusan epigalokatechiny) oraz proantocyjanidyny, które wykazują działanie przeciwzapalne, poprawiają metabolizm lipidów, działają ochronnie na układ krwionośny i są stosowane przy leczeniu cukrzycy [Lei i in., 2014].

Tabela 2. Liczebność populacji bakterii danego gatunku wyrażona jako % kontroli pozytywnej w zależności od stężenia suplementu diety Resveratrol 100 (RS100)

Bakteria	0,001% RS100	0,005% RS100	0,01% RS100
<i>B. galacturonicus</i>	106,99±1,86 ^a	94,52±8,52 ^a	95,08±2,95 ^b
<i>B. catenulatum</i>	136,89±8,38 ^a	125,24±14,94 ^a	58,30±44,90 ^a
<i>E. caccae</i>	120,46±1,31 ^a	121,50±2,71 ^a	103,94±7,46 ^b
<i>E. coli</i>	130,07±17,14 ^a	118,17±14,45 ^a	97,31±3,98 ^b
<i>E. cylindroides</i>	57,17±14,53 ^a	108,57±14,57 ^b	87,85±37,72 ^{ab}
<i>Lactobacillus</i> sp.	95,73±2,91 ^a	97,00±1,87 ^a	94,31±6,74 ^a
<i>R. gausvrauii</i>	102,70±3,25 ^a	97,80±2,75 ^b	83,04±0,78 ^c

a,b,c – jednakowe litery w wierszu oznaczają, że różnice między średnimi uzyskanymi dla różnego stężenia suplementu nie są istotne statystycznie dla $p < 0,05$

Tabela 3. Liczebność populacji bakterii danego gatunku wyrażona jako % kontroli pozytywnej w zależności od stężenia ekstraktu z pestek winogron (PWE)

Bakteria	0,0001% PWE	0,0005% PWE	0,001% PWE
<i>B. galacturonicus</i>	116,97±9,79 ^a	113,50±5,98 ^a	114,55±5,34 ^a
<i>B. catenulatum</i>	104,61±1,08 ^a	114,48±0,53 ^b	108,42±2,34 ^a
<i>E. caccae</i>	117,43±2,47 ^a	120,14±4,67 ^a	117,16±6,94 ^a
<i>E. coli</i>	125,67±5,96 ^a	120,78±4,70 ^{ab}	110,11±2,67 ^b
<i>E. cylindroides</i>	107,55±1,83 ^a	99,44±4,26 ^b	98,34±4,82 ^b
<i>Lactobacillus</i> sp.	92,36±7,28 ^a	92,06±5,87 ^a	94,93±3,28 ^a
<i>R. gausvrauii</i>	106,68±2,34 ^a	98,64±4,79 ^b	96,71±5,71 ^b

a,b,c – jednakowe litery w wierszu oznaczają, że różnice między średnimi uzyskanymi dla różnego stężenia suplementu nie są istotne statystycznie dla $p < 0,05$

Badania przeprowadzone w 2009 roku przez hiszpańskich naukowców dowiodły, że żaden ze związków zawartych w ekstrakcie z pestek winogron nie działał hamująco na bakterie *Lactobacillus*, a katechiny i teanina wręcz stymulowały je do wzrostu [Hervert-Hernández i in., 2009]. Z kolei inne badania, prowadzone przez Furiga i in. [2009] dowodzą, że ekstrakt z pestek winogron w stężeniu 1500 µg/ml może hamować wzrost bakterii *Lactobacillus*. Różnice między wynikami różnych badań wynikają prawdopodobnie z zastosowania w doświadczeniach różnych szczepów bakterii oraz innego ekstraktu. W zależności od metody ekstrakcji oraz od zastosowanych w niej winogron, z których pozyskano pestki, zawartość i proporcje poszczególnych składników mogą się znacząco różnić, a co za tym idzie także ich aktywność w stosunku do

mikroorganizmów. W innej pracy badano wpływ proantocyjanidyn pochodzących z pestek winogron na *Escherichia coli* i wykazano, że wraz ze wzrostem stężenia tych substancji wzrastała siła hamowania wzrostu bakterii [Jayaprakasha i in., 2003].

Podsumowanie

Uzyskane wyniki wskazują, że należy zachować znaczną ostrożność podczas stosowania suplementów diety zawierających polifenole. Duże dawki tych składników, poprzez hamowanie wzrostu jednych gatunków i stymulowanie innych, mogą wpływać na fizjologiczną mikrobiotę jelitową modulując jej skład, co w efekcie – zamiast zamierzonej poprawy zdrowia – może spowodować niekorzystne skutki zdrowotne u konsumenta.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

1. Bae E.A., Han M.J., Kim D.H. *In vitro* anti-*Helicobacter pylori* activity of some flavonoids and their metabolites. *Planta Medica*, 1999, 65, 442-443.
2. Chatterjee S., Padwal Dessai S.R., Thomas P. Effect of γ -irradiation on the antioxidant activity of turmeric (*Curcuma longa L.*) extracts. *Food Research International*, 1999, 32, 487-490.
3. Corz C.A., Waliszewski K.N., Welti-Chanes J. Pineapple fruit bromelain affinity to different protein substrates. *Food Chemistry*, 2012, 133, 631-635.
4. Côté J., Caillet S., Doyon G., Dussault D., Sylvain J.-F., Lacroix M. Antimicrobial effect of cranberry juice and extracts. *Food Control*, 2011, 22, 1413-1418.
5. Cushnie T.P.T., Lamb A.J. Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2005, 26, 343-356.
6. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 2012, 23, 174-181.
7. Duda-Chodak A. The inhibitory effect of polyphenols on human gut microbiota. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2012, 63(5), 497-503.
8. Furiga A., Lonvaud-Funel A., Bedet C. *In vitro* study of antioxidant capacity and antibacterial activity on oral anaerobes of a grape seed extract. *Food Chemistry*, 2009, 113, 1037-1040.
9. Havsteen B.H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 2002, 96, 67-202.
10. Hervert-Hernández D., Pintado C., Rotger R., Goni I. Stimulatory role of grape pomace polyphenols on *Lactobacillus acidophilus* growth. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 136, 119-122.
11. Hurley L.L., Akinfiresoye L., Kalejaiye O., Tizabi Y. Antidepressant effects of resveratrol in an animal model of depression. *Behavioral Brain Research*, 2014, 268, 1-7.
12. Jayaprakasha G.K., Selvi T., Sakariah K.K. Antibacterial and antioxidant activities of grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Food Research International*, 2003, 36, 117-122.
13. Lei Y., Ren X., Chen J., Liu D., Ruan J. Protective effects of grape seed-derived procyanidin extract against carrageenan-induced bacterial prostatitis in rats. *Journal of Functional Foods*, 2014, 7, 416-424.
14. Liu H., Guo X., Chu Y., Lu S. Heart protective effects and mechanism of quercetin preconditioning on anti-myocardial ischemia reperfusion (IR) injuries in rats. *Gene*, 2014, 545, 149-155.
15. Man-Ying Chan M. Antimicrobial effect of resveratrol on dermatophytes and bacterial pathogens of the skin. *Biochemical Pharmacology*, 2002, 63, 99-104.
16. Parker S.G., Trower T.M., Stevenson D.E. Fecal microbial metabolism of polyphenols and its effects on human gut microbiota. *Anaerobe*, 2013, 23, 12-19.

17. Pillukat M.H., Bester C., Hensel A., Lechtenberg M., Petereit F., Beckebaum S., Müller K-M., Schmidt H.H.J. Concentrated green tea extract induces severe acute hepatitis in a 63-year-old woman – A case report with pharmaceutical analysis. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, 155(1), 165-170.
18. Shaker E., Mahmoud H., Mnaa S. Silymarin, the antioxidant component and *Silybum marianum* extracts prevent liver damage. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, 48, 803-806.
19. Shi C., Cui J., Yin X., Luo Y., Zhou Z. Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) filets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation. *Food Control*, 2014, 40, 134-139.
20. Siedlecka K., Bogusławski W. Sirtuiny - enzymy długowieczności? *Gerontologia Polska*, 2005, 13(3), 147-152.
21. Vallverdú-Queralt A., Regueiro J., Martínez-Huélamo M., Alvarenga J.F.R., Leal L.N., Lamuela-Raventos R.M. A comprehensive study on the phenolic profile of widely used culinary herbs and spices: Rosemary, thyme, oregano, cinnamon, cumin and bay. *Food Chemistry*, 2014, 154, 299-307.
22. Vuong T.V., Franco C., Zhang W. Treatment strategies for high resveratrol induction in *Vitis vinifera* L. cell suspension culture. *Biotechnology Reports*, 2014, 1-2, 15-21.
23. Xia E.-Q., Deng G.-F., Guo Y.-J., Li H.-B. Biological activities of polyphenols from grapes. *International Journal of Molecular Sciences*, 2010, 11, 622-646.

ROLA ŻYWNOŚCI FUNKCJONALNEJ W PROFILAKTYCE I LECZENIU PRZEWLEKŁYCH CHOROÓB NIEZAKAŻNYCH: NA PRZYKŁADZIE NNKT Z RODZINY OMEGA-3

Wprowadzenie

Choroby przewlekłe są obecnie główną przyczyną zgonów i inwalidztwa na świecie. Zmiana zwyczajów żywieniowych, aktywność fizyczna i zaprzestanie palenia papierosów odgrywają istotne znaczenie w zmniejszeniu występowania chorób przewlekłych, tj. chorób sercowo-naczyniowych, cukrzycy, otyłości i nowotworów. Naukowe dowody istotne w prewencji tych chorób to: zastępowanie kwasów tłuszczowych nasyconych pochodzenia zwierzęcego tłuszczami roślinnymi, ograniczenie spożycia produktów tłustych, słonych i słodkich, spożywanie większej ilości warzyw i owoców oraz utrzymanie prawidłowej masy ciała. Najbardziej efektywnym rozwiązaniem prowadzącym do ograniczenia występowania przewlekłych chorób niezakaźnych jest modyfikacja czynników środowiskowych mających główny wpływ na indukowanie rozwoju tych chorób. Jest to możliwe przez opracowywanie i wdrażanie programów prozdrowotnych promujących aktywność fizyczną i właściwy sposób żywienia oraz zaprojektowanie specjalnej żywności z udziałem znanych substancji bioaktywnych, które skutecznie mogą ograniczyć problemy z epidemią przewlekłych chorób niezakaźnych. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie możliwości zastosowania żywności funkcjonalnej w profilaktyce i leczeniu przewlekłych chorób niezakaźnych ze szczególnym uwzględnieniem roli NNKT z rodziny omega-3 i ich mechanizmy działania.

Rys historyczny definicje i charakterystyka żywności funkcjonalnej

Dieta człowieka przez ponad 10 000 lat uległa olbrzymim zmianom wynikającym ze zmian zachowań i nawyków żywieniowych oraz wartości biologicznej spożywanej żywności. W czasach paleolitycznych człowiek odżywiał się głównie rybami, mięsem upolowanej zwierzyny oraz owocami dziko rosnących drzew i używał też prawdopodobnie rosnących wtedy różnego rodzaju ziół jako przypraw [Jew i in., 2009]. Pasza, którą jadły zwierzęta, niewątpliwie zawierała wiele substancji bioaktywnych, które gromadziły się w ich organizmach.

Przejście do odżywiania się żywnością przetworzoną, o wysokiej zawartości sodu i uwodornionych tłuszczów, niskiej zawartości błonnika pokarmowego oraz niekorzystne

zmiany trybu życia spowodowały wzrost częstości występowania przewlekłych chorób niezakaźnych, takich jak: osteoporoza, otyłość, choroby układu sercowo-naczyniowego, cukrzyca typu 2 oraz nowotwory.

Intensywne badania nad substancjami bioaktywnymi zawartymi w żywności, a szczególnie w żywności funkcjonalnej i ich wpływem na zdrowie człowieka prowadzone są od kilkudziesięciu lat. Substancje bioaktywne zawarte w żywności funkcjonalnej, zwłaszcza niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) z rodziny omega-3, mogą mieć istotne znaczenie w zapobieganiu i zmniejszeniu częstości występowania wielu chorób o przebiegu przewlekłym, do których zaliczamy: nowotwory, choroby układu sercowo-naczyniowego, a ostatnio również różne choroby neurorozwojowe i psychiczne, takie jak: depresja, demencja, zespół nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD), reumatoidalne zapalenie stawów, astmę [Riediger i in., 2009; Fergusson, 2009]. Oszczędności w wydatkach na leczenie z tytułu stosowania tych kwasów tłuszczowych i steroli roślinnych szacuje się w USA na 2 do 3 mld dolarów rocznie.

Koncepcja produkcji żywności posiadającej w swoim składzie, oprócz podstawowych składników odżywczych, również związki o działaniu pozaodżywczym, wpływające korzystnie na zdrowie człowieka narodziła się w Japonii na początku lat 80. XX w., a następnie rozwinęła się w Stanach Zjednoczonych i Europie [Olędzka, 2007]. Żywność, która zawiera bioaktywne składniki określa się obecnie mianem żywności funkcjonalnej. Jej definicja ustalona przez organizację Functional Food Science in Europe (FUFOSE) brzmi: „Żywność może być uznawana za funkcjonalną, jeżeli udowodniono jej korzystny wpływ na jedną lub kilka funkcji organizmu ponad efekt odżywczy, a jej działanie prozdrowotne powinno być udokumentowane badaniami naukowymi”.

Działanie żywności funkcjonalnej polega na poprawie stanu zdrowia oraz samopoczucia i/lub zmniejszeniu ryzyka wystąpienia chorób. Tego typu żywność musi przypominać tradycyjną i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą. Nie mogą to być tabletki, proszki, saszetki itp. Definicja ta została ogólnie przyjęta i jest cytowana w wielu publikacjach [Olędzka, 2007; Sirtori i in., 2009; Binns i Howlett, 2009; Pascal, 2009].

Z definicji tej wynika, że za żywność funkcjonalną można uznać taką, która ma wprowadzone składniki o znanych właściwościach fizjologicznych, wykazuje działanie profilaktyczne, ale nie ma właściwości leczniczych.

Agget [2009] proponuje, aby dowody działania żywności funkcjonalnej oceniane były według ustalonych jednolitych kryteriów, do których zalicza: i) cechy żywności albo jej składników, do których jest przypisany efekt działania; ii) współzależność między dawką spożytej żywności funkcjonalnej a odpowiedzią organizmu; iii) dowody pozwalające na wyeliminowanie wpływu na wynik czynników, takich jak styl życia, model konsumpcji,

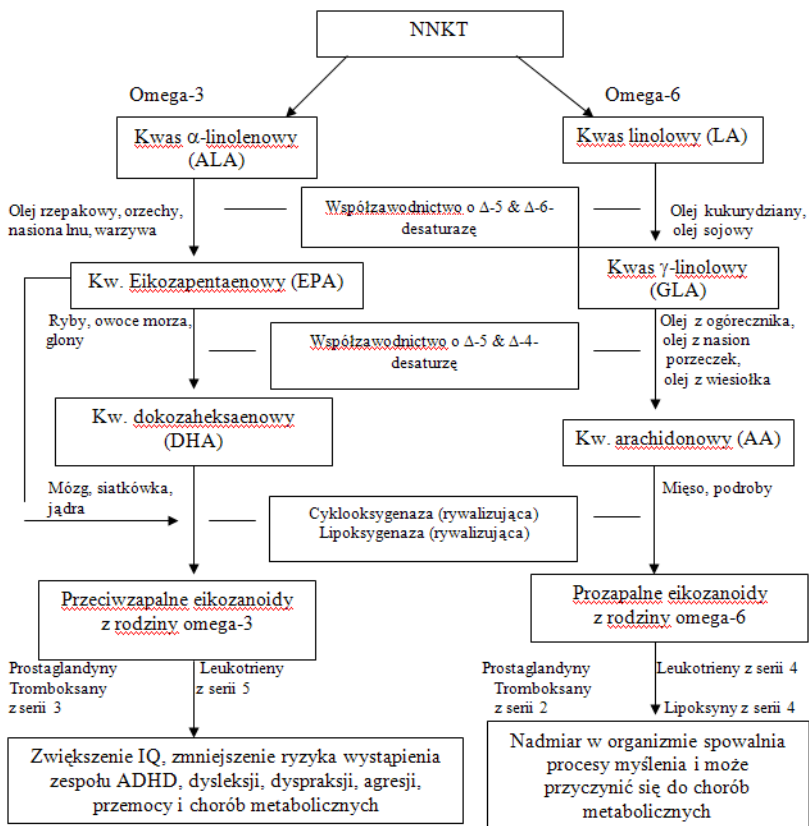
dieta stosowana w przeszłości; iv) właściwy czas trwania badań; v) ściśle stosowanie się pacjentów do wydanych poleceń; vi) badania statystyczne potwierdzające założoną hipotezę. Ponadto autor ten uważa za konieczne dokonanie wyboru wskaźników biochemicznych oznaczanych metodami zwalidowanymi, które potwierdzałyby jednoznacznie efekt działania żywności funkcjonalnej na organizm (np. wskaźniki metabolizmu lipidów). Do żywności funkcjonalnej Pascall [2009] zalicza następujące grupy środków spożywczych: a) żywność naturalną, b) żywność, z której jeden lub kilka komponentów usunięto albo dodano, stosując metody technologiczne lub biotechnologiczne, c) żywność naturalną, w której jeden lub kilka komponentów zostało zmodyfikowanych, d) żywność, w której bioprzyswajalność jednego lub więcej komponentów została zmieniona, e) jakiegokolwiek kombinacje wyżej wymienionych grup.

Kwasy tłuszczowe wielonienasycone z rodziny omega-3 jako bioaktywne komponenty żywności funkcjonalnej a choroby cywilizacyjne

Istnieją dwie rodziny niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), mianowicie: kwasy tłuszczowe z rodziny omega-3 oraz kwasy tłuszczowe z rodziny omega-6. Kwasy te powinny być spożywane z dietą, ponieważ organizm człowieka ich nie produkuje, z powodu braku enzymów Δ -15-desaturazy i Δ -12-desaturazy. Kwasy tłuszczowe wielonienasycone z rodziny omega-6 występują obficie w produktach takich jak: zboża, przetworzone produkty spożywcze, mięso, mleko, jaja i niektóre oleje roślinne. Natomiast kwasy tłuszczowe wielonienasycone z rodziny omega-3 występują tylko w niektórych nasionach i orzechach oraz w rybach i oleju rybim. Organizm człowieka wytwarza z obu rodzin eikozanoidy, które wykazują działanie podobne do hormonów. Eikozanoidy wywodzące się z kwasów tłuszczowych wielonienasyconych z rodziny omega-6 zwiększają proliferację (namnażanie się) komórek i procesy zapalenia oraz sprzyjają krzepnięciu krwi, natomiast eikozanoidy wytwarzane z kwasów tłuszczowych wielonienasyconych z rodziny omega-3 wykazują działania przeciwzapalne, antyproliferacyjne i rozcieńczające krew. Diety o wysokim stosunku kwasów tłuszczowych omega-6 do omega-3 zmniejszają skuteczność procesów zależnych od omega-3, co wynika z ograniczonej ilości enzymów produkujących eikozanoidy. Typowi przedstawiciele NNKT w żywności to kwas α -linolenowy (ALA) (omega-3) i kwas linolowy (LA) (omega-6), które podlegają przemianom metabolicznym z udziałem tego samego enzymu, mianowicie Δ -6-desaturazy, a zatem konkurują o dostęp do tego enzymu (Rys. 1). Dlatego zbyt wysoka podaż LA zmniejsza ilość Δ -6-desaturazy dostępnej dla metabolizmu ALA.

Kwas eikozapentaenowy (EPA) to kwas niezbędny dla przekazywania informacji między komórkami mózgowymi (Rys. 1). Zwiększone stężenie EPA zmniejsza aktywność fosfolipazy A₂, enzymu odpowiedzialnego za uwalnianie kwasu

dokozaheksaenowego (DHA) i kwasu arachidonowego (AA) z błon komórek nerwowych. DHA jest kwasem tłuszczowym strukturalnym i budulcem neuronów oraz innych komórek. Jest również bardzo ważnym składnikiem diety we wszystkich stadiach rozwoju człowieka, szczególnie podczas ciąży i dzieciństwa. Kwas gamma-linolenowy (GLA) jest metabolizowany do kwasu dihomo-gamma-linolenowego i AA. Pierwszy z nich pełni rolę przeciwzapalną, a drugi odgrywa rolę w czynnościach ośrodkowego układu nerwowego, w tym w procesach odpowiedzialnych za pamięć.



Rysunek 1. Metabolizm NNKT w organizmie człowieka i ich źródła pokarmowe [Bawa, 2011]

AA jest również substratem do produkcji substancji, fizjologicznie i farmakologicznie czynnych, znanych jako prostaglandyny (PG), tromboksany (TX), leukotrieny (LT) i lipoksyny (LX) (Rys. 1). W/w substancje wykazują działania hormonalne. Szlaki syntezy serii PG₂ i TX₂ oraz LT₄ oraz LX₄ są znane odpowiednio jako szlak cyklooksygenowy (powstają przy udziale enzymu cyklooksygenazy) i szlak lipoksygenowy (od enzymu lipoksygenazy). Istnieją trzy grupy substancji bioaktywnych powstających z LA i ALA (każda zawierająca PG, TX, LT i LX lub bezpośrednio z AA i EPA zawartych w diecie. ALA i LA są dostępne w diecie.

W ciągu ostatnich 150 lat obserwuje się zwiększenie udziału kwasów tłuszczowych omega-6 w typowej diecie mieszkańców krajów uprzemysłowionych oraz zmniejszenie ilości kwasów tłuszczowych omega-3. Jednocześnie notuje się wzrost częstości występowania choroby niedokrwiennej serca, depresji, schizofrenii, zespołu nadpobudliwości psychoruchowej, dysleksji i dyspraksji [Bawa, 2011]. W związku z powyższym, trwają dyskusje na temat optymalnego stosunku kwasów tłuszczowych omega-6 do omega-3 w diecie. Stosunek omega-6 do omega-3 można rozumieć jako stosunek AA do sumy EPA + DHA. Metabolity AA – prostaglandyny, leukotrieny, lipoksyny i produkty epoksygenaz, są silnymi regulatorami funkcji komórek. Liczne metabolity EPA posiadają właściwości, które uniemożliwiają albo przeciwdziałają skutkom działania metabolitów AA. Nadmiar omega-6 (AA) przy niedostatecznym spożyciu omega-3 EPA+DHA może zwiększać ryzyko rozwoju miażdżycy oraz wystąpienia nagłej śmierci z powodu arytmii serca. Zmniejszenie spożycia kwasów tłuszczowych omega-6 oraz stosunku AA/EPA+DHA zwiększa działanie przeciwarytmiczne kwasów tłuszczowych omega-3, co obniża wskaźnik zgonów z powodu chorób układu sercowo-naczyniowego. Uważa się, że stosunek ich powinien wynosić 3:1-4:1. Typowa dieta śródziemnomorska charakteryzuje się stosunkiem AA/EPA+DHA ok. 4,5:1 a dieta typowego Amerykanina – ok. 20:1. W Polsce stosunek kwasów tłuszczowych omega-6 do omega-3 wynosi od 5:1 do 7:1.

EPA i DHA z ryb i oleju rybiego mogą zmniejszyć ryzyko trombogenezy oraz wpływać na poprawę funkcji śródbłonna przez: (i) zmniejszenie produkcji metabolitów prostaglandyny E₂ (PGE₂), (ii) zmniejszenie tworzenia tromboksanu A₂ (TXA₂), który powoduje zwężenie naczyń krwionośnych i agregację płytek krwi, (iii) zmniejszenie syntezy leukotrienu B₄ (LTB₄), który powoduje zapalenie i chemotaksję leukocytów, (iv) zwiększenie tworzenia tromboksanu A₃ (TXA₃), będącego słabym czynnikiem nasilającym agregację płytek krwi, (v) zwiększenie produkcji prostacykliny PGI₃, co zwiększa ilość prostacyklin w organizmie bez zmniejszenia ilości PGI₂ (zarówno PGI₂, jak i PGI₃ są czynnikami rozluźniającymi naczynia i inhibitorami agregacji płytek krwi, (vi) zwiększenie syntezy leukotrienu B₅ (LTB₅), który jest słabym czynnikiem indukującym zapalenie i chemotaksję leukocytów [Bawa, 2011].

Korzystne działanie kwasów omega-3 udowodniono zarówno w zakresie pierwotnej, jak i wtórnej profilaktyki chorób układu sercowo-naczyniowego [Mohebi-Nejad i Bikdeli, 2014]. Wyniki wielu badań wykazały, że duże dawki EPA i DHA (>2 g/dobę) mogą obniżyć stężenie trójglicerydów we krwi na czczo i po posiłku nawet o 20-35% [Filion i in., 2010]. Zależne od dawki obniżenie poziomu trójglicerydów jest związane ze zmniejszeniem ich resyntezy w ścianie jelit i wątrobie oraz zwiększeniem katabolizmu w procesie beta-oksydacji [Filion i in., 2010]. Tabela 1. przedstawia zalecenia spożycia kwasów omega-3.

Tabela 1. Zalecenia spożycia kwasów omega-3 [Amerykańskie Towarzystwo Kardiologów; <http://www.americanheart.org>]

Grupa pacjentów	Zalecenia
Osoby bez udokumentowanej choroby niedokrwiennej serca	Przyjmowanie 2 porcji tłustej ryby w tygodniu
Osoby z udokumentowaną chorobą niedokrwinną serca	Spożycie 1 g EPA i DHA najlepiej z tłustej ryby. Alternatywnie, przyjmowanie suplementów oleju rybiego pod nadzorem lekarza
Trójglicerydemia	Przyjmowanie 2-4 g EPA i DHA w formie tabletek pod nadzorem lekarza

Mori [2006] stwierdza, że systematyczne spożycie ryb i kwasów omega-3 pochodzenia morskiego obniża ciśnienie tętnicze. Metaanaliza 31 badań klinicznych przeprowadzona przez Morrisa i in. [1995] wykazała, że przyjmowanie kwasów omega-3 w dawce 1g/dobę obniża ciśnienie skurczowe średnio o 0,66 mmHg, a rozkurczowe o 0,35 mmHg. Efekt ten jest zależny od dawki [Mori, 2006]. Najlepszą hipotensyjną odpowiedź na wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) uzyskiwano w grupach pacjentów z nadciśnieniem tętniczym oraz hipercholesterolemią [Morris, 1995]. Efektu takiego nie zaobserwowano u osób z prawidłowym ciśnieniem krwi.

Mechanizm hipotensyjnego działania kwasów omega-3 związany jest ze zwiększeniem poziomu prostacyklin i czynników wazodilacyjnych oraz hamowaniem syntezy TXA₂ i PGE₂ [Calder, 2010]. PGE₂ jest czynnikiem odpowiadającym za wydzielanie reniny i resorpcję zwrotną jonów sodu [Calder, 2010]. Wyniki badań dowodzą, iż za aktywność hipotensyjną oleju rybiego odpowiada głównie kwas dokozaheksaenowy [Russell i Bürgin-Maunders, 2012].

Kwasy omega-3 hamują nadmierną odpowiedź immunologiczną oraz zmniejszają syntezę PGE₂ i LTB₄, interleukiny 1 i czynnika martwicy nowotworu (TNF z ang. Tumor Necrosis Factor), które są silnymi mediatorami procesów zapalnych [Bawa, 2011]. Ponadto zwiększają produkcję cytokin przeciwzapalnych, takich jak: transformujący czynnik wzrostu TGF (TGF z ang. Transforming Growth Factor) i interleukina 2 [Calder, 2010].

Działanie przeciwzapalne wykazano u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów (RZS), wrzodziejącym zapaleniem jelita grubego, astmą, łuszczycą, alergią atopową i innymi schorzeniami autoimmunologicznymi [Calder, 2010]. Zaobserwowano znaczące korzyści ze stosowania kwasów omega-3 w przebiegu takich chorób, jak: choroba Crohna, toczeń rumieniowaty, stwardnienie rozsiane oraz migrenowe bóle głowy [Simopoulos, 2008].

Wyniki przeprowadzonych badań wykazują, że 18-tygodniowa suplementacja diety kwasami omega-3 w dawce 3,6 mg EPA i DHA u pacjentów z RZS zmniejsza dolegliwości związane z zapaleniem stawów i poprawia niektóre parametry, takie jak poranne sztywnienie stawów [Calder, 2008]. Dobroczynne działanie NNKT na stawy potwierdzają badania prowadzone nad skutecznością ekstraktu lipidowego z nowozelandzkich małży zielonych *Perna canaliculus* [Brien i in., 2008]. Jego przeciwzapalne działanie wynika z synergizmu 4 lub 5 wielononienasyconych kwasów tłuszczowych, jak EPA, DHA, DPA – kwasu dokozapentaenowego i być może kilku jeszcze nieopisanych [Brien i in., 2008]. Dodatek ekstraktu z małży do standardowego leczenia może skutkować redukcją bólu i obrzęków stawowych i umożliwić zmniejszenie dawek leków podstawowych [Brien i in., 2008].

Kwasy omega-3 przez zmniejszenie poziomu prozapalnych cytokin oraz wpływ na równowagę wapnia, aktywność osteoblastów oraz proces osteoblastogenezy korzystnie wpływają na metabolizm kości zwierząt [Maggio i in., 2009]. Orchard i in. [2012] uważają, iż potencjalne działanie ochronne kwasów omega-3 na układ kostny może być wzmocnione przez wapń, niektóre witaminy i składniki mineralne bądź oleje bogate w inne PUFA lub ich kombinacje, przy czym prawdopodobnie istnieją różnice w działaniu ALA, DHA i EPA na układ kostny. Zatem kwasy omega-3 mogą mieć zastosowanie w profilaktyce i leczeniu osteoporozy.

Dane epidemiologiczne i doświadczalne sugerują ochronne działanie kwasów rodziny omega-3 w przypadku niektórych nowotworów, jak rak piersi, okrężnicy i być może prostaty [Gerber, 2012]. Mechanizm tego działania wiąże się z najprawdopodobniej z zahamowaniem syntezy eikozanoidów powstających z kwasów omega-6 [Bawa, 2011], co w następstwie przyczynia się do zmniejszenia karcinogenezy, hamowania wzrostu komórek i apoptozy. Badania doświadczalne wykazują, iż dieta bogata w kwasy omega-3 hamuje karcinogenezę przez zmniejszenie powstawania PGE₂, TNF i interleukiny 1 oraz hamowanie ekspresji onkogenów [Gerber, 2012]. Analiza wyników badań przeprowadzonych w latach 1966-2005 nad wpływem kwasów omega-3 na zachorowalność na nowotwory wykazuje brak prewencyjnego działania omega-3 w tym zakresie [MacLean i in., 2006]. Wyniki ostatnich badań wykazują, iż przeciwnowotworowa aktywność kwasów omega-3 w przypadku raka prostaty może zależeć od współczynnika kwasów omega-6 do omega-3 w diecie [Apte i in., 2013]. Przypuszcza się, że niski współczynnik może opóźnić progresję nowotworu prostaty [Apte i in., 2013]. Odnotowano liczne korzyści wynikające ze zmniejszenia proporcji kwasów omega-6 do omega-3 poniżej 4-5:1 w przebiegu takich chorób, jak: rak jelita grubego i rak piersi [Simopoulos, 2008].

Spożycie niezbędnych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych na świecie i w Polsce

Mieszkańcy krajów uprzemysłowionych, w tym Polski, spożywają znaczącą ilość kwasu tłuszczowego z rodziny omega-3 zwanego kwasem α -linolenowym (ok. 2 g/dobę) z produktów roślinnych, ale spożycie DHA i EPA jest niewielkie tj. odpowiednio ok. 80 i 50 mg/dobę. EPA i DHA nie występują w produktach roślinnych zawierających kwas α -linolenowy (orzechy włoskie, nasiona lnu, olej lniany i olej rzepakowy).

Polska należy do krajów, gdzie występują niedobory kwasów tłuszczowych długołańcuchowych (DPA, EPA i DHA) wielonienasyconych z rodziny omega-3. Wyniki Wieloośrodkowego Ogólnopolskiego Badania Stanu Zdrowia Ludności (WOBASZ) przeprowadzonego przez Sygnowską i in. [2005] pokazują, że spożycie ryb w populacji polskiej jest niedostateczne. Przeciętne dzienne spożycie ryb w grupie mężczyzn wynosiło średnio 16 g (przy zalecanym spożyciu 35 g). Jedynie u mężczyzn w województwach kujawsko-pomorskim, warmińsko-mazurskim i zachodniopomorskim odnotowano spożycie ryb powyżej wartości zalecanej. U kobiet we wszystkich województwach spożycie ryb było poniżej zalecanej wartości i wynosiło 15 g (zalecane 30 g). Z ogólnopolskich badań sposobu żywienia wykonanych przez Szponara i in. [2003] wynika, że spożycie DHA w grupie kobiet w wieku 19-30 lat wynosiło 110 mg, a u kobiet w wieku 31-50 lat – 120 mg. Codzienna dieta nie dostarczała, zatem 200 mg długołańcuchowych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3 na dobę, zalecanych przez Instytut Żywności i Żywienia dla wszystkich grup wiekowych [Jarosz i in., 2012].

Dzieci w wieku 1-3 lata są szczególnie narażone na niedobory długołańcuchowych kwasów tłuszczowych wielonienasyconych z rodziny omega-3, ponieważ ich dieta zazwyczaj jest uboga w bogate źródła kwasów tłuszczowych omega-3, szczególnie w ryby. Z ogólnopolskich badań sposobu żywienia wynika, że spożycie DHA w grupie dzieci w wieku 1-3 lata wynosi przeciętnie (mediana) 10 mg/d (chłopcy – 9 mg, dziewczynki – 11 mg) [Szponar i in., 2003].

Madden i in. [2009] w swoich badaniach przeprowadzonych w Kanadzie u 41 dzieci (25 dziewcząt i 16 chłopców) w wieku 4-8 lat stwierdzili spożycie kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3 na poziomach: ALA 1161 ± 108 ; EPA $38,4 \pm 9,3$; DPA $26,3 \pm 3,9$ oraz DHA $54,1 \pm 11,4$ mg/d. Po dokładnym przeanalizowaniu wyników wykazano, że 61% badanych dzieci spożywało zalecane ilości ALA, a tylko 22% spożywało ilości DHA+EPA zgodne z zaleceniami ustalonymi przez Institute of Medicine w USA. Po porównaniu poziomów spożycia tych kwasów tłuszczowych z najnowszymi zaleceniami dla dzieci w Australii i Nowej Zelandii, które są wyższe od zaleceń USA, okazało się, że tylko 51% badanych dzieci spożywało zalecaną ilość EPA + DPA + DHA. Wyniki tych badań wykazują ogromną różnicę między poziomem spożycia długołańcuchowych KT wielonienasyconych z rodziny omega-3 a zaleceniami. Niedobory te można zmniejszyć

przez zwiększenie spożycia ryb i owoców morza lub przyjmowanie suplementów zawierających EPA i DHA lub wprowadzenie do codziennej diety jaj, napojów i produktów mlecznych wzbogaconych w te kwasy tłuszczowe.

Tabela 2. Zalecany poziom spożycia kwasów tłuszczowych rodziny omega-3 dla ludności europejskiej

Organizacja (rodzaj organizacji)	Grupa docelowa	Zalecenia
Expert Workshop of the European Academy of Nutritional Sciences [de Deckere i in, 1998] (ekspercka organizacja naukowa)	Ogólna populacja dorosła	<ul style="list-style-type: none"> Osoby nie spożywające ryb oraz owoców morza mogą rozważyć stosowanie suplementów EPA i DHA w wysokości 200 mg/d
European Food Safety Agency [EFSA, 2012] (Organ autorytatywny)	Ogólna populacja dorosła	<ul style="list-style-type: none"> 250 mg EPA + DHA/d
	Kobiety ciężarne i karmiące	<ul style="list-style-type: none"> 100-200 mg DHA/d + dawka zalecana dla ogólnej populacji dorosłej
	Dzieci 7-24 miesiące	<ul style="list-style-type: none"> 100 mg DHA/d
	Dzieci 2-18 lat	<ul style="list-style-type: none"> 250 mg EPA + DHA/d
The PeriLip and EARNEST projects of the European Commission [Koletzko i in., 2007] (Ekspercka organizacja naukowa)	Kobiety ciężarne i karmiące	<ul style="list-style-type: none"> 200 mg DHA/d

Uwagi końcowe

Kwasy omega-3 wydają się skuteczne w profilaktyce i leczeniu chorób sercowo-naczyniowych oraz chorób przebiegających z zapaleniem. Jednakże ich rola w ograniczeniu występowania nowotworów, chorób neurozwojowych oraz schorzeń neurologicznych i psychiatrycznych wymaga dalszych badań.

Literatura

1. Agget P.J. The process for the assessment of scientific support for claims on food. *European Journal of Nutrition*, 2009, 48(Suppl. 1), 23-26.
2. Apte S.A., Cavazos D.A., Whelan K.A., Degraffenried L.A. A low dietary ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids may delay progression of prostate cancer. *Nutrition and Cancer*, 2013, 65(4), 556-62.
3. Bawa S. The Role of Omega-3 Fatty Acids in the Prevention and Treatment of Neuropsychiatric and Neurodevelopmental Disorders. *Encyclopedia of Psychology Research 2011*, 3 Volume Set, 1195-1229.
4. Binns N., Howlett J. Functional food in Europe: International developments in science and health claims. Summary report of an international symposium held 9-11 May 2007, Portomaso, Malta. *European Journal of Nutrition*, 2009, 48(Suppl. 1), 3-13.

5. Brien S., Prescott P., Coghlan B., Bashir N., Lewith G. Systematic review of the nutritional supplement *Perna Canaliculus* (green-lipped mussel) in the treatment of osteoarthritis. *Quarterly Journal of Medicine*, 2008, 101, 167-179 .
6. Calder P.C. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes. *Nutrients*, 2010, 2, 355-374.
7. Calder P.C. PUFA, inflammatory processes and rheumatoid arthritis. *Proceedings of Nutrition Society*, 2008, 67, 409-418.
8. de Deckere E.A.M. Korver O., Verschuren P.M., Katan M.B. Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1998, 52(20), 749-753.
9. EFSA. Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA Journal*, 2012, 10(7): 2815
10. Fergusson L.R. Nutrigenomics approaches to functional foods. *Journal of American Dietetics Association*, 2009, 109, 452-458.
11. Filion K.B., El Khoury F., Bielinski M., Schiller I., Dendukuri N., Brophy J.M. Omega-3 fatty acids in high-risk cardiovascular patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2010, 10, 24.
12. Gerber M. Omega-3 fatty acids and cancers: a systematic update review of epidemiological studies. *British Journal of Nutrition*, 2012, 107 Suppl 2, S228- S239.
13. Jarosz M, Traczyk I, Stoś K, Charzewska J i in. *Normy żywienia dla ludności polskiej – nowelizacja. IŻŻ*, 2012.
14. Jew S., Abu Mweis S.S., Jones P.J.H. Evolution of the human diet; Linking our Ancestral diet to modern functional foods as a means of chronic disease prevention. *Journal of Medicinal Food*, 2009, 12, 925-934.
15. Koletzko B., Cetin I., Brenna J.T. Dietary fat intakes for pregnant and lactating women. *British Journal of Nutrition*, 2007, 98(5), 873-877.
16. MacLean C., Newberry S.J., Mojica W.A., Khanna P., Issa A.M., Suttorp M.J., Lim Y-W., Traina S.B., Hilton L., Garland R., Morton S.C. Effects of omega-3 fatty acids on cancer risk. *Journal of the American Medical Association*, 2006, 295(4): 403-415.
17. Madden S.M.M., Garrioch C.F, Holub B.J. Direct Diet Quantification Indicates Low Intakes of (n-3) Fatty Acids in Children 4 to 8 Years Old. *Journal of Nutrition*, 2009, 139(3), 528-532
18. Maggio M., Artoni A., Lauretani F., Borghi L., Nouvenne A., Valenti G., Ceda G. The impact of omega-3 fatty acids on osteoporosis. *Current Pharmaceutical Design*, 2009, 15(36): 4157-4164.
19. Mohebi-Nejad A., Bikdeli B. Omega-3 supplements and cardiovascular diseases. *Tanaffos*, 2014, 13(1), 6-14.
20. Mori T.A. Omega-3 fatty acids and hypertension in humans. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2006, 33(9): 842-846.
21. Morris M.C., Manson J.E., Rosner B. Fish consumption and cardiovascular disease in the Physicians' Health Study: A prospective study. *American Journal of Epidemiology*, 1995, 142, 166-175.
22. Olędzka R. Nutraceutyki, żywność funkcjonalna – rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2007, XL, 1-8.
23. Orchard T.S., Pan X., Cheek F., Ing S.W., Jackson R.D. A systematic review of omega-3 fatty acids and osteoporosis. *British Journal of Nutrition*, 2012, 107(2), 253-60.
24. Pascal G. Safety impact-the risk/benefits of functional foods. *European Journal of Nutrition*, 2009, 48(Suppl 1), 33-59.
25. Rajasekaran A., Kalaivani M. *Journal of Food Science and Technology*, 2013, 50(1), 1-16.
26. Riediger N.D., Othman N.A., Suh M., Moghadasian M.H. A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *Journal of American Dietetics Association*, 2009, 109, 668-679.
27. Russell F.D., Bürgin-Maunders C.S. Distinguishing health benefits of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Marine Drugs*, 2012, 10(11), 2535-2559.
28. Simopoulos A. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 2008, 233(6), 674-688.
29. Sirtori C.R., Anderson J.W., Sirtori E., Arnoldi A. Functional food for dyslipidemia and cardiovascular system risk prevention. *Nutrition Research Reviews*, 2009, 22, 244-261.
30. Sygnowska E., Waśkiewicz A., Głuszek J., Kwaśniewska M., Biela U., Kozakiewicz K., Zdrojewski T., Rywik S. Spożycie produktów spożywczych przez dorosłą populację Polski. Wyniki programu WOBASZ. *Kardiologia Polska*, 2005, 63:(supl. 4), 1-7.

31. Szponar L, Rychlik E, Ołtarzewski M. Badania indywidualnego spożycia żywności i stanu odżywienia w gospodarstwach domowych Prace IŻŻ 101, Warszawa (2003).

POLITYKA KONSUMENCKA A JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCI W POLSCE

Streszczenie

Zapewnienie konsumentom wysokiego poziomu jakości i bezpieczeństwa żywności, w całym łańcuchu żywnościowym „od pola do stołu”, powinno być priorytetem w działaniach producentów i władz publicznych. Polityka konsumencka jest jedną z tych polityk, która najbardziej odpowiada za zadania z zakresu ochrony konsumenta.

Artykuł ma charakter poznawczy. Dokonano przeglądu najnowszej literatury przedmiotu i przeanalizowano dostępne wyniki badań odnośnie ochrony konsumenta. W opracowaniu autorka próbuje odpowiedzieć na pytanie, czy prowadzona polityka konsumencka w wystarczającym stopniu wymusza na sektorze żywnościowym systematyczną poprawę jakości żywności. W pewnych elementach wskazuje możliwe obszary działań naprawczych w analizowanej polityce konsumenckiej na rynku żywności.

Wprowadzenie

W polskim sektorze żywnościowym od zawsze występował problem systematycznej poprawy jakości i bezpieczeństwa żywności. Zdecydowana większość konsumentów ma dostęp do wystarczającej ilości produktów żywnościowych. Jednocześnie współczesne gospodarstwa domowe coraz bardziej zwracają uwagę na jakość żywności i jej bezpieczeństwo. Konsumenti cenią je sobie i biorą pod uwagę w trakcie zakupów. Ogólnie znane jest przeświadczenie o wysokiej jakości polskich produktów żywnościowych. Szczególnie dotyczy to produktów ekologicznych, tradycyjnych, regionalnych i lokalnych. Choć i tu zdarzają się drobne nieprawidłowości. Żywność produkowana na masową skalę ma często gorsze parametry jakościowe. Niejednokrotnie konsumenci wyrażają opinie, że pogorszyła się jakość żywności.

W literaturze przedmiotu pojawiają się uwagi, że brak jest spójnej teorii objaśniającej ów groźny mechanizm [Meredyk, 2014]. Zauważa się również, że w stosunku do żywności konwencjonalnej nastąpił ogólny spadek zaufania [Jeżewska-Zychowicz i in., 2009].

Zapewnienie konsumentom wysokiego poziomu jakości i bezpieczeństwa żywności, w całym łańcuchu żywnościowym „od pola do stołu”, powinno być priorytetem

w działaniach producentów i władz publicznych. Polityka konsumencka jest jedną z tych, która najbardziej odpowiada za zadania z zakresu ochrony konsumenta.

Artykuł ma charakter poznawczy. Dokonano przeglądu najnowszej literatury przedmiotu i przeanalizowano dostępne wyniki badań odnośnie ochrony konsumenta. W opracowaniu autorka próbuje odpowiedzieć na pytanie, czy prowadzona polityka konsumencka w wystarczającym stopniu wymusza na sektorze żywnościowym systematyczną poprawę jakości żywności. W pewnych elementach wskazuje możliwe obszary działań naprawczych w analizowanej polityce konsumenckiej na rynku żywności.

Sytuacja na rynku żywności w Polsce w aspekcie jej jakości i bezpieczeństwa

Żywność jest szczególnym rodzajem dóbr, bo zaspokaja najbardziej zasadnicze potrzeby biologiczne konsumentów. W Polsce wydatki na żywność i napoje bezalkoholowe, w wydatkach ogółem gospodarstw domowych, stanowią od kilku lat dość stabilną jego część. Od 2005 r. udział ten zmniejszał się, a od 2009 r. przyjmuje wartość około 25%. Jego wysokość – w 2014r. wynosiła 24,4% – na tle innych krajów jest szczególnie duża [Sytuacja gospodarstw domowych w 2014, 2015]. Trafnie określa się polski model konsumpcji jako „żywnościowy” [Kuśmierczyk i in., 2012].

Decyzje zakupowe konsumentów warunkowane są, m.in. ceną, ale także jakością jest często brana pod uwagę [Zalega, 2012]. Wysoką jakością odznaczają się produkty ekologiczne, tradycyjne, regionalne i lokalne [NIK o rolnictwie ekologicznym, 2010]. Jednak są one traktowane jako dobra luksusowe, a dostęp do nich jest ograniczony [Newerli-Guz, 2015].

Powszechnie uważa się, że nieodpowiednia jakość żywności jest powodem wielu rodzajów chorób powstających na tle niedoborów niektórych składników odżywczych, lub ich nadmiaru w codziennej diecie. Szacuje się, że w Polsce 20% populacji cierpi na choroby i odchylenia stanu zdrowia związane z nieprawidłową dietą. Zaś w skali świata około 19% zgonów jest wynikiem sześciu czynników ryzyka powiązanych z dietą [Cianciara, 2011]. Szczególnie ważną sprawą jest to, by żywność nie zawierała niebezpiecznych składników dla zdrowia i życia ludzi.

Ogólny obraz jaki wyłania się z analizy jakości i bezpieczeństwa żywności z pozoru jest dobry, a badania wykazują, że jakość zdrowotna żywności poprawia się [Wierzejska, 2015]. Jednak badania różnych instytucji kontrolujących wskazują, że jakość żywności nie jest zadowolająca. Dotyczy to zarówno badań z wcześniejszych okresów kontrolnych, jak i tych najnowszych.

Badania Inspekcji Handlowej (IH) z 2009r. wykazały, że ilość zakwestionowanych próbek mięsa i przetworów mięsnych, mleka i przetworów mlecznych oraz miodu, w stosunku do poprzedniej kontroli, zwiększyła się, a tylko w przypadku ryb

i przetworów rybnych – zmniejszyła się [Raport Konsument na rynku artykułów żywnościowych..., 2009]. Natomiast badanie jakości handlowej przetworów mięsnych, prowadzone przez IJHARS, wykazało, że w okresie od 2009 r. do 2013 r. wzrósł odsetek zakwestionowanych partii – ze względu na deklarowane parametry fizykochemiczne – z 10,2% (w 2009 r.) do 23,5% (w I kw. 2013r .) [Majchrzak, 2013].

Wiele nieprawidłowości wykryła IH, badając produkty z tzw. najniższej półki. Takie badanie przeprowadzono po raz pierwszy w Polsce, a wyniki pokontrolne były bardzo niepokojące [Jakość handlowa, 2014]. Dlatego konieczne są działania na rzecz poprawy jakości żywności. W tekstach naukowych pojawiają się rekomendacje odnośnie poprawy „jakości żywności taniej” [Cianciara, 2011].

Konsumenci w czasie dokonywania zakupów coraz częściej zwracają uwagę na jakość produktów żywnościowych. Powodem tego jest pojawianie się informacji o „aferach żywnościowych” w prasie, telewizji i Internecie. Obniża to zaufanie do jakości żywności dostępnej na rynku, jak i producentów.

Fakt, że wysoka jakość produktów spożywczych liczy się dla konsumentów coraz bardziej, potwierdzają, np. badania klientów sieci „Biedronka”. Wśród propozycji działań poprawiających wizerunek tej sieci, co trzeci ankietowany wskazał poprawę jakości produktów, która znalazła się na drugiej pozycji proponowanych działań. Co szósty respondent uznał, że słabością sieci „Biedronka” jest niska jakość produktów [Kowrygo i in., 2015].

Interesujące wyniki badań zaprezentowała Gutowska i inni autorzy. W związku z realizacją Projektu *Biożywność – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego* zbadano, co konsumenci rozumieją pod pojęciem innowacyjnej żywności. Stwierdzenie, że konsumenci najczęściej kojarzą ją z żywnością lepszej jakości oraz bardziej bezpieczną zdrowotnie [Gutowska i in., 2014]. W związku z wynikami tych badań, moim zdaniem, należałoby wskazać, żeby przedsiębiorcy położyli większy nacisk na poprawę jakości produkowanej żywności, a nie wprowadzały pozorych ulepszeń i nowości.

Co zrobić, by podnieść jakość i bezpieczeństwo żywności w polskim sektorze żywnościowym? Konsumenci sami nie są w stanie wywierać decydującego wpływu na producentów, aby podjęli oni działania w celu poprawy jakości i bezpieczeństwa żywności. Są słabszą stroną rynku, dlatego konieczne są działania państwa, by chroniły one konsumentów. Jako zasadniczy powód tej ingerencji we współczesnych gospodarkach na pierwszy plan wysuwa się duża złożoność i wydłużenie łańcuchów żywnościowych. Zarządzanie procesami transportowania i magazynowania stało się w związku z tym trudniejsze. Do tego na każdym etapie łańcucha żywnościowego może dojść do nieprawidłowości. Toteż polityka państwa powinna się skoncentrować na ochronie interesów konsumentów związanych z konsumpcją żywności.

Potrzeba mądrych rozwiązań prawnych i instytucjonalnych na rynku żywności, ciągle ewoluujących, połączonych z przemyślanymi działaniami informacyjno-edukacyjnymi skierowanymi do konsumentów, by podnosić ich kompetencje w obszarze ochrony ich praw, w tym do bezpiecznej pod względem zdrowotnym żywności.

Znaczenie prawa żywnościowego i instytucji nadzorujących

Realizacja polityki konsumenckiej państwa przebiega w kilku płaszczyznach. Ozimek wyodrębnia następujące płaszczyzny polityki konsumenckiej: legislacyjną (tworzenie norm prawnych); instytucjonalną (budowanie infrastruktury organizacyjnej służącej ochronie interesów konsumentów); inspekcyjno-kontrolną (badanie przestrzegania praw nabywców); sądową (i przedsądową) (środek dochodzenia roszczeń konsumentów); informacyjno-edukacyjną (szerzenie wiedzy i wzrost świadomości konsumentów) [Ozimek, 2014].

Ochrona konsumenta za pomocą prawa żywnościowego jest uregulowana dość obszernie. Już w najważniejszym państwowym akcie prawnym, jakim jest Konstytucja, oraz w Traktatach UE poruszane są zagadnienia ochrony konsumenta. Również na poziomie międzynarodowym są uregulowania tej kwestii [Gulbicka, 2009]. Kwestie dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa żywności w produkcji i obrocie żywnością szczegółowo regulują unijne rozporządzenia i dyrektywy oraz krajowe ustawy. Na korzyść ochrony konsumenta w kwestii bezpieczeństwa żywności, należy przyjąć ewolucję unijnego prawa żywnościowego, tzn. odejście od dyrektyw i zwiększenie stosowania w tym obszarze prawa w formie rozporządzeń [Ozimek, 2013].

Unijne regulacje z zakresu prawa żywnościowego stanowią spójny i mocno rozbudowany zestaw przepisów prawnych, obejmujący cały łańcuch żywnościowy. Jest to ponad 100 prawnie wiążących aktów prawnych w formie rozporządzeń i dyrektyw (nie wliczając w tę liczbę aktów wykonawczych i delegowanych wydawanych przez Komisję oraz decyzji) [Wojciechowski, 2015].

Regulacje prawne w obszarze ochrony konsumenta na rynku żywności ulegają ciągłym przemianom. Spowodowane są one pojawieniem się coraz to nowszych zagrożeń oraz szybkim postępem technologicznym. Wiele nowych, niekorzystnych zjawisk, wynika także z rozwoju handlu międzynarodowego. Mnogość aktów wykonawczych czy ciągła zmiana przepisów prawa nie ułatwiają funkcjonowania przedsiębiorstwom. Stąd eksperci rekomendują upraszczanie regulacji i zmniejszanie ich liczby. [Ozimek, 2013; Wojciechowski, 2015; Gantner, 2015].

W Polsce istnieje wiele inspekcji czuwających nad jakością i bezpieczeństwem zdrowotnym żywności. Produkty spożywcze są poddawane stałej urzędowej kontroli żywności. Zewnętrzną kontrolę sprawuje pięć inspekcji, na mocy odpowiednich przepisów prawnych. Są to: Państwowa Inspekcja Sanitarna (PIS), Inspekcja

Weterynaryjna (IW), Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS), Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa (PIORiN) oraz Inspekcja Handlowa (IH). Kontrole, wykonywane przez te instytucje, są istotnym elementem działań podejmowanych na rzecz poprawy jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego żywności.

Jednak podział zadań, pomiędzy poszczególnymi inspekcjami, oparty jest na kilku kryteriach wzajemnie nakładających się, i nie zawsze w pełni czytelnych, co więcej w różnych ustawach stosuje się niejednorodną terminologię na ich określenie, co powoduje dodatkowe wątpliwości i problemy interpretacyjne [Korzycka-Iwanow i in., 2014]. Zdarza się, że inspekcje, które są zobligowane do urzędowej kontroli żywności, nie realizują swoich obowiązków prawidłowo [NIK o zwalczaniu salmonelli w stadach kur, 2013]. Obecnie dyskutuje się nad powołaniem jednej inspekcji.

Problematyczna jest kwestia wysokości wymierzonych przez inspekcje kar, które płać firmy, gdy nie stosują się do przepisów prawa żywnościowego (np. 500 zł). Z obliczeń własnych, na podstawie danych, które zamieszczono w informacji o ukaraniu producentów żywności przez IJHARS za nieprawidłowości stwierdzone w I kwartale 2015 r., wynika, że średnia kara pieniężna wynosiła 1611 zł, a średnia grzywna w drodze mandatu karnego – 212,5 zł [IJHARS, 2015]. Ponadto stwierdzono, że średnie kary grzywny i kary pieniężne nałożone przez IH były jeszcze niższe. Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono również, że za nieprawidłowości wykryte w produktach z „najniższej półki” ukarano firmy średnią karą grzywny 133 zł, a średnia kara pieniężna wynosiła 1300 zł [Jakość handlowa najtańszych produktów mięsnych i mlecznych, 2014]. Od pewnego czasu toczy się dyskusja, na poziomie wspólnotowym, by podnieść wysokość kar dla przedsiębiorstw.

Żaden system nadzoru nad produkcją i obrotem żywnością nie zdoła wyeliminować wszystkich istniejących nieprawidłowości. W takich uwarunkowaniach, decydującą rolę na rynku żywności musi odegrać konsument.

Rola konsumenta na rynku żywności

Jakość i bezpieczeństwo żywności są kluczowe dla życia i zdrowia konsumentów. Istotą polityki konsumenckiej jest m.in. ochrona zdrowia i życia konsumentów. W Polsce organizacją, która się tym – głównie – zajmuje jest Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów. W przeszłości znajomość instytucji chroniących konsumentów nie była zbyt wysoka, jak wykazały badania przeprowadzone przez naukowców i różne instytucje [Odorzyńska-Kondek, 2000; *GfK Custom Research*, 2005]. Obecnie za sprawą Internetu nastąpiła znaczna poprawa tej znajomości, ale nadal wiedza konsumentów jest niepełna, jak pokazują bardziej aktualne badania [Znajomość praw konsumentów, 2009].

Prawa konsumentów na rynku żywności nie są wystarczająco chronione w opinii ludzi młodych [Ozimek i in., 2015]. Ochrona konsumenta w prawie jest, ale faktyczna jej realizacja zależy, istotnie, od poziomu wiedzy i świadomości członków gospodarstw domowych na ten temat i od ich aktywności w zakresie egzekwowania przynależnych im praw na rynku żywności. Konsument ma do spełnienia szczególne zadanie, bo musi aktywnie reagować na wszelkie nieprawidłowości. Bezdyskusyjnym jest stwierdzenie, że żaden system kontroli i nadzoru nie jest w stanie wyeliminować istniejących nieprawidłowości podczas produkcji żywności i jej obrotu, gdy nie współpracuje z nim klient.

Bierność konsumentów i nieskładanie reklamacji jest przyzwoleniem dla producenta do niepodejmowania działań zmierzających do poprawy jakości i bezpieczeństwa żywności. Konsument mimo znajomości swojego prawa do reklamacji w większości przypadków z niego nie korzysta, a w badaniu poproszeni o wskazanie, przyczyny takiej decyzji odpowiedzieli, że składanie reklamacji zajmuje zbyt wiele czasu. Artykuły spożywcze są produktami najrzadziej reklamowanymi ze względu na niską cenę, a jeśli są reklamowane to w sklepach osiedlowych lub sklepach „blisko” [Balon, 2015]. Wszystkie instytucje chroniące konsumenta muszą zachęcać konsumentów do składania reklamacji, gdy kupili produkt niezgodny z umową. Będzie to motywowało firmy do zachowań rynkowych zgodnych z przepisami prawa.

W dokumencie „Polityka konsumencka na lata 2014-2018” UOKiK stwierdził, że doświadczenia „zebrane na gruncie realizacji poprzedniej *Polityki konsumenckiej* wskazują na szeroki wachlarz instytucji systemu ochrony konsumentów (organów, inspekcji) przy niedostatecznym poziomie identyfikacji przez konsumentów kompetencji poszczególnych organów. Jednocześnie obserwacja dotychczasowych działań organów państwowych zajmujących się ochroną interesów konsumentów wskazuje na potrzebę ścisłej koordynacji podejmowanych przez wymienione podmioty działań” [Polityka konsumencka na lata 2014-2018, 2014].

Ważne są przepisy i instytucje, ale nie może z pola tej polityki zniknąć podmiot działania tej polityki – konsument, który musi mieć świadomość istnienia polityki konsumenckiej. Spełnia ona rolę służebną dla niego, bo przygotowuje go do roli samodzielnego podmiotu aktywnie działającego w gospodarce. Prowadzone działania edukacyjne powinny być przystosowane do możliwości percepcyjnych konsumentów mających największe braki wiedzy.

Zwiększenie wiedzy konsumentów jest przesłanką świadomego kształtowania zachowań konsumpcyjnych. Konieczne jest więc organizowanie kampanii i działań edukacyjnych. Ukształtowanie świadomości konsumenta, co do tego, jakie są jego prawa, w jakim zakresie może korzystać z różnego rodzaju pomocy instytucji państwowych,

obywatelskich, stowarzyszeń, centrów informacji konsumenckich, ma ważne znaczenie. A potem, nie mniej ważne jest, zachęcenie go, żeby z tego prawa korzystał skutecznie.

Regulacje prawne w Polsce są wystarczające, ale chodzi o to, by były one realizowane i respektowane, by przedsiębiorcy brali odpowiedzialność za swoje działania. Konieczne jest obustronne zrozumienie, że konsument jest partnerem i przedsiębiorca jako druga strona. Gdy to zrozumienie będzie zachodzić, wtedy nie będzie problemów z przestrzeganiem norm prawnych.

Informowanie konsumentów o nieprawidłowościach, organizowanie kampanii poruszających kwestię zafałszowań żywności, zapewnianie dostępu do rzetelnych informacji na temat jakości żywności powinno być zintensyfikowane. By konsument mógł świadomie wybierać produkty żywnościowe, ważna jest jego edukacja w zakresie umiejętności czytania etykiet umieszczanych na ich opakowaniach. Wiedza konsumentów na temat zafałszowań żywności jest niedostateczna, jak pokazują badania [Stój, 2015].

Podsumowanie

Zakres narzędzi prawnych polityki konsumenckiej jest bardzo szeroki. Posługiwanie się nimi stanowi złożone zadanie, wymagające od podmiotów stosujących tę politykę dużej wiedzy o istocie i zasadach funkcjonowania poszczególnych instrumentów i ich wzajemnych reakcjach. Regulacje prawne muszą gwarantować konsumentom dostęp do żywności, która nie stwarza zagrożenia dla ich zdrowia i życia, a zatem jest wysokiej jakości. Wprowadzone do dystrybucji artykuły żywnościowe muszą spełniać określone w przepisach wymagania, nad czym powinny czuwać powołane do tego zadania inspekcje, które muszą rygorystycznie sprawdzać przestrzeganie prawa. W razie niezachowania prawa muszą one, odpowiednio do stopnia szkodliwości społecznej, wymierzać „dotkliwie” kary. Sprawna realizacja polityki konsumenckiej jest również, w dużym stopniu, uzależniona od ścisłej współpracy organizacji konsumenckich między sobą.

Zapewnienie odpowiednich narzędzi prawnych chroniących konsumentów na rynku żywności to kwestia zasadnicza. Następnie ważne jest, by zaktywizować konsumentów do skutecznego dochodzenia swoich roszczeń w formie reklamacji. W przypadku naruszenia podstawowych praw konsumenta regulacje prawne powinny gwarantować zrozumiały i nieskomplikowany system dochodzenia jego praw. Do tego potrzebne jest prowadzenie kampanii informacyjnych i edukacyjnych, aby zwiększyć poziom świadomości konsumentów w zakresie praw im przysługujących na rynku żywności. Instytucje, realizując politykę konsumencką, muszą też wskazywać działania, które wyeliminują niewłaściwe zachowania rynkowe przedsiębiorców. Suma wszystkich

działań, prowadzonych w ramach polityki konsumenckiej, może przyczynić się do poprawy jakości i bezpieczeństwa żywności na polskim rynku żywnościowym.

Literatura

1. Balon U. Zachowania konsumentów w zakresie składania reklamacji. *Handel Wewnętrzny*, 2015, 355(2), 19-32.
2. Cianciara D. Społeczny wymiar żywienia – zadania dla promocji zdrowia w Polsce. *Hygeia Public Health*, 2011, 46(1), 21-24.
3. Gantner A.. Słowo wstępne redaktora naczelnego. *FOOD Lex*, 2015, 3, 3.
4. GfK Custom Research. The knowledge you need to make successful business decisions. GfK Polonia, Luty 2005.
5. Gulbicka B. Kodeks Żywnościowy. *Biuletyn Informacyjny ARR*, 2009, 2, 42-49.
6. Gutkowska K., Kowalczyk I., Sajdakowska M., Żakowska-Biemans S., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A. Postawy konsumentów wobec innowacji na rynku żywności. *Handel Wewnętrzny*, 2014, 351(4), 80-93.
7. IJHARS ukarała producentów żywności za nieprawidłowości na kwotę 17 tys. zł, <http://www.portalspozywczy.pl/owoce-warzywa/wiadomosci/ijhars-ukarala-producentow-zywnosci-za-nieprawidlowosci-na-kwote-17-tys-zl,115933.html> (dostęp on line: 22.06.2015).
8. Jakość handlowa najtańszych produktów mięsnych i mlecznych w świetle kontroli przeprowadzanych przez Inspekcję Handlową. Departament Inspekcji Handlowej UOKiK, Warszawa 2014 r.
9. Korzycka-Iwanow M., Wojciechowski P. System bezpieczeństwa żywności – ochrona żywności w prawie polskim i unijnym. *Biuletyn Informacyjny ARR*, 2014, 1, 26-35.
10. Kowrygo B., Rejman K., Drozdowska A. Zachowania nabywcy w zakresie żywności klientów sieci Biedronka i postrzeganie jej placówek sprzedaży. *Handel Wewnętrzny*, 2015, 355(2), 209-221.
11. Kuśmierczyk K., Piskiewicz L. Konsumpcja w Polsce na tle pozostałych krajów Unii Europejskiej, w: *Konsumpcja i Rozwój 2/2012*. Wyd. IBRKK, Warszawa 2012, 78-93.
12. Majchrzak B. Jakość handlowa wędlin w Polsce na podstawie wyników kontroli IJHARS w latach 2009-2013. *Wiedza i Jakość*, 2013, 33(5), 6-8.
13. Meredyk K., Wstęp, w: *Mechanizm rozwoju sektora żywnościowego* (red. K. Meredyk), Wyd. WSFiZ w Białymstoku, Białystok 2014, 7-9.
14. Newerli-Guz J., Rybowska A. Produkt tradycyjny i regionalny – luksus od święta czy na co dzień?. *Handel Wewnętrzny*, 2015, 2, 286-295.
15. NIK o rolnictwie ekologicznym, www.nik.gov.pl/aktualnosci/rolnictwo/nik-o-rolnictwie-ekologicznym.html (dostęp on line: 30.03.2014).
16. NIK o zwalczaniu salmonelli w stadach kur, <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/nik-o-zwalczaniu-salmonelli-w-stadach-kur.html> (dostęp on line: 25.02.2013).
17. Odorzyńska-Kondek J. Ochrona interesów konsumentów – stan świadomości społecznej i potrzeby edukacyjne w: *Rynek i konsumpcja w transformowanej gospodarce* (red. F. Misiąg). Wyd. IRWiK, Warszawa 2000, 175-185.
18. Ozimek I. Ochrona konsumentów na rynku żywności w świetle zmieniających się regulacji prawnych. *Handel Wewnętrzny*, 2013, 345(4), 96-106.
19. Ozimek I. Ochrona konsumentów w Polsce wobec nowych regulacji prawnych, w: *Handel wewnętrzny w Polsce 2009-2014*. Raporty, Wyd. IBRKK, Warszawa 2014, 439-452.
20. Ozimek I., Szlachciuk J.. Poziom ochrony konsumentów na rynku żywności w Polsce w opinii wybranej grupy młodych konsumentów. *Handel Wewnętrzny*, 2015, 2, 296-307.
21. *Polityka konsumencka na lata 2014-2018*, UOKiK, Warszawa luty 2014.
22. Raport. Konsument na rynku artykułów żywnościowych (w świetle wyników kontroli produktów mlecznych, mięsnych, rybnych i miodu), Departament Inspekcji Handlowej UOKiK, Warszawa grudzień 2009.
23. Stój A., Kwiecień K., Mazurkiewicz J. Wiedza konsumentów na temat zafałszowań żywności w: *Bezpieczeństwo zdrowotne żywności. Aspekty mikrobiologiczne, chemiczne i ocena towaroznawcza*, (red. J. Stadnik, I. Jackowska). Wyd. Naukowe PTTŻ, Kraków 2015, 309-320.

24. Sytuacja gospodarstw domowych w 2014 r. w świetle wyników badania budżetów gospodarstw domowych, Notatka informacyjna, GUS, Warszawa 2015.
25. Wierzejska R. Bezpieczeństwo żywności w Polsce w okresie członkostwa w Unii Europejskiej. *Przemysł Spożywczy*, 2015, 69(2), 2-6.
26. Wojciechowski P. ABC prawa żywnościowego. *FOOD Lex*, 2015, 3, 93-97.
27. Zalega T. Zachowania konsumpcyjne polskich gospodarstw domowych w okresie II fali kryzysu. *Handel Wewnętrzny*, 2012, 4, 40-53.
28. Znajomość praw konsumenckich oraz analiza barier utrudniających konsumentom bezpieczne i satysfakcjonujące uczestnictwo w rynku. UOKiK, Warszawa, grudzień 2009.

KATARZYNA GOŚCINNA, DOROTA WICHROWSKA

*Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

STAN WIEDZY MŁODZIEŻY NA TEMAT ŻYWNOCI FUNKCJONALNEJ W SZKOŁACH PONADGIMNAZJALNYCH

W ostatnich paru latach nastąpił dynamiczny rozwój rynku żywności funkcjonalnej. Produkcja tej kategorii żywności jest obecnie najważniejszym z kierunków w rozwoju przemysłu spożywczego. Celem pracy była analiza stanu wiedzy młodzieży na temat żywności funkcjonalnej w szkołach ponadgimnazjalnych. Przeprowadzone badania miały ukazać wiedzę i opinię młodzieży na temat żywności funkcjonalnej. Większość uzyskanych wyników wskazuje, że znaczna część ankietowanych nie знаła pojęcia „żywność funkcjonalna”. W każdej grupie młodzieży mniej niż 50% badanych zetknęło się z pojęciem żywności funkcjonalnej. Ogólnie tylko 17% badanych słyszało o tej kategorii żywności, ale nie każdy potrafił w prawidłowy sposób ją zdefiniować. Najczęściej padały odpowiedzi, że jest to: żywność, która zmniejsza ryzyko różnych chorób; jest to żywność zmodyfikowana. Pomimo braku znajomości pojęcia „żywność funkcjonalna” młodzież intuicyjnie kojarzy ją z produktami pozytywnie wpływającymi na zdrowie. Ponad połowa ankietowanych (87,8%) wybiera tego rodzaju żywność ze względu na jej korzystny wpływ na organizm. Jako główne zalety produktów funkcjonalnych uczniowie podkreślają zmniejszoną zawartość składników niepożądanych. Respondenci uczęszczający do szkół ponadgimnazjalnych najczęściej kojarzą pojęcia związane z żywnością funkcjonalną takie jak: błonnik (58,9%), β -karoten (54,4%), kwasy omega-3 (33,3%), probiotyki (30%). Brak znajomości terminu "żywność funkcjonalna" nie oznacza, że uczniowie nie kupują produktów należących do tego segmentu. Badani nie znaleźli konkretnej odpowiedzi, zatem zaznaczali kategorie poszczególnych produktów, polegając na intuicyjnym rozumieniu pojęcia żywności funkcjonalnej, jako produktów wzbogaconych. Większość młodzieży ponadgimnazjalnej deklaruje chęć zakupu żywności funkcjonalnej w postaci posiłków gotowych do spożycia (87,7%) oraz wzbogaconych słodczy (40%).

Wprowadzenie

W ostatnim czasie wśród społeczeństwa zdrowe żywienie, połączone z aktywnością fizyczną, nabiera nowego wymiaru. Producenci żywności, wychodząc naprzeciw wymaganiom konsumentów, wciąż proponują nowe produkty. Według Annunziata i Vecchio [2011] żywność funkcjonalna reprezentuje jeden z najbardziej interesujących obszarów badań i innowacji w przemyśle spożywczym.

Koncepcja żywności funkcjonalnej pojawiła się po raz pierwszy w 1984 roku i stworzyli ją japońscy naukowcy, którzy badali zależności między żywieniem, a układem fizjologicznym człowieka [Martirosyan i Singh, 2015]. W 1991 roku japońskie Ministerstwo Zdrowia wprowadziło przepisy dotyczące zatwierdzenia określonej zdrowotnej kategorii żywności o nazwie FOSHU (Food for Specified Health Uses), ustanawiające konkretne oświadczenia zdrowotne dla tego rodzaju żywności [Martirosyan i Singh, 2015]. W 1996 r. Komisja Europejska zainicjowała program badawczy FUFOS (Functional Food Science in Europe), którego celem było sprecyzowanie pojęcia "żywność funkcjonalna" oraz kierunków jej opracowywania i wprowadzania na rynek UE. Na terenie UE do chwili obecnej nie przyjęto prawnie usankcjonowanej definicji „żywności funkcjonalnej”. W Stanach Zjednoczonych Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) nie ma także odrębnych regulacji prawnych dla produkcji żywności funkcjonalnej. Obowiązują takie same przepisy, jak przy żywności konwencjonalnej [Methakornkulnan i in., 2013].

W literaturze podawane są różne definicje żywności funkcjonalnej określającej m.in. że to żywność pochodzenia naturalnego, może być wzbogacona lub zmodyfikowana, korzystnie wpływa na organizm, musi przypominać żywność konwencjonalną, nie mogą to być ani kapsułki ani tabletki [Al-Sheraji i in., 2013]. Jak podaje Mazza [1998] „są to specjalnie opracowane produkty spożywcze o określonych i udokumentowanych naukowo korzyściach zdrowotnych, które powinny być spożywane, jako część codziennej diety”. Inna definicja mówi, że „jest to każda żywność mająca dodatkowy, korzystny wpływ na zdrowie, wydolność fizyczną i stan psychiczny, ponad ten który wynika z jej wartości odżywczej” [Goldberg, 1994]. Żywność funkcjonalna to produkty spożywcze specjalnie zaprojektowane o nabytym i udowodnionym korzystnym oddziaływaniu na organizm człowieka [Rifnaz i in., 2016]. Reasumując działanie żywności funkcjonalnej polega na poprawie stanu zdrowia oraz samopoczucia i/lub zmniejszania ryzyka wystąpienia chorób. Tego typu żywność musi przypominać tradycyjną i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą [Sirtori in., 2009; Lee i Foo, 2014].

W praktyce rynkowej różnych krajów, w odniesieniu do żywności funkcjonalnej, korzystnie działającej na zdrowie człowieka stosuje się wiele pojęć, często ząbieających się, np.: Designer Foods, Agromedical Foods, Medifoods, Medical Food, Fortified Foods, Fitness Food, Wellness Food, VitaFoods, Therapeutic Food, Performance Food, Pharma Food, Nutraceutical [Karwowska i Bogacz, 2007]. Wszystkie terminy, które funkcjonują we współczesnym języku muszą być dla ludzi jednakowo zrozumiałe. Z naukowego punktu widzenia określenie pojęcia żywności funkcjonalnej ma wiele niedoskonałości. Przymiotnik "funkcjonalny" może być mylony z łatwością użytkowania, wygodą, czy długim terminem ważności do spożycia, a nie jak powinien być kojarzony

z pozytywnie wpływającym na zdrowie. Niektórzy naukowcy proponują inne pojęcie dla tego typu żywności. Wydaje się, że pojęciem bardziej zrozumiałym jest termin „żywność prozdrowotna”. Często definiuje się ją jako żywność, która wykazuje udokumentowany i określony, korzystny wpływ na zdrowie, który wynika z jej właściwości lub szczególnego składu [Gawęcki, 2014].

Ze względu na szeroko rozumiane pojęcie żywności funkcjonalnej i przyjęte kryteria, jej podział może być bardzo różny. Na świecie stosuje się klasyfikację uwzględniającą m.in. produkty kształtujące dobrostan organizmu, żywność wpływającą na wydolność fizyczną organizmu i zdrowie człowieka, jak i żywność specjalną i dietetyczną. Znaczna część produktów należących do kategorii żywności funkcjonalnej może działać wielokierunkowo i może być zaliczana do kilku grup jednocześnie [Piesiewicz, 2008].

Żywność funkcjonalna występuje w postaci żywności tradycyjnej lub modyfikowanej technologicznie. Żywność tradycyjna (naturalna) jest zazwyczaj produkowana metodami konwencjonalnymi, ale z wykorzystaniem surowców pochodzących ze specjalnych hodowli i upraw prowadzonych w ściśle określonych warunkach. Modyfikacje technologiczne polegają na wzbogacaniu żywności w poszczególne substancje bioaktywne, czy ich odpowiednie kompozycje, na zwiększaniu dostępności oraz przyswajalności substancji, a także na obniżaniu zawartości składników niepożądanych lub wprowadzaniu ich zamienników [Kotilainen i Spence, 2006; Saluk-Juszczak, 2010].

Celem pracy była analiza stanu wiedzy młodzieży na temat żywności funkcjonalnej w szkołach ponadgimnazjalnych. Przeprowadzone badania miały ukazać wiedzę i opinię młodzieży na temat tego rodzaju żywności, jej dostępności na rynku, a także spożywania i znaczenia dla zdrowia człowieka. Analiza została dokonana na podstawie przeprowadzonej ankiety, w sposób umożliwiający wyciągnięcie wniosków.

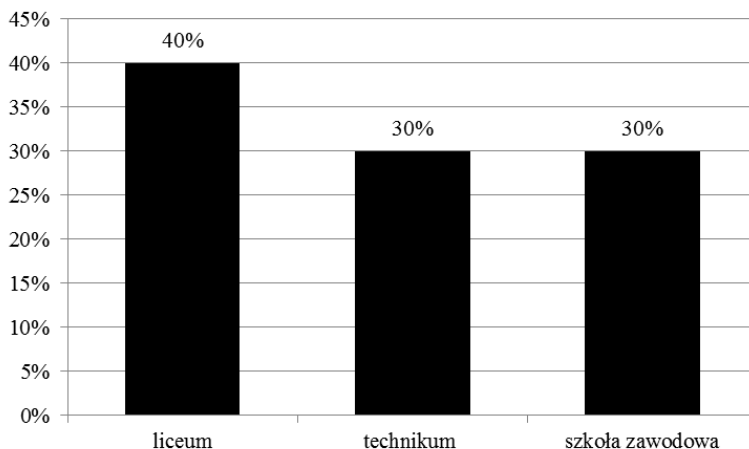
Materialy i metody

Ocenę stanu wiedzy na temat żywności funkcjonalnej przeprowadzono pod koniec 2015 r. wśród 90 uczniów uczęszczających w Inowrocławiu do następujących trzech typów szkół: liceum, technikum i szkoły zawodowej. Badania przeprowadzono metodą ankietową z wykorzystaniem specjalnie do tego celu przygotowanego kwestionariusza.

Charakterystyka grupy badanej

Uczestnicy niniejszych badań:

- ukończyli 18. rok życia;
- uczęszczający do liceum stanowili – 40%, technikum – 30% i szkoły zawodowej – 30% (Rys. 1);
- płci żeńskiej i męskiej stanowili odpowiednio 60 i 40%.



Rysunek 1. Udział uczniów uczęszczających do różnych typów szkół ponadgimnazjalnych [%]

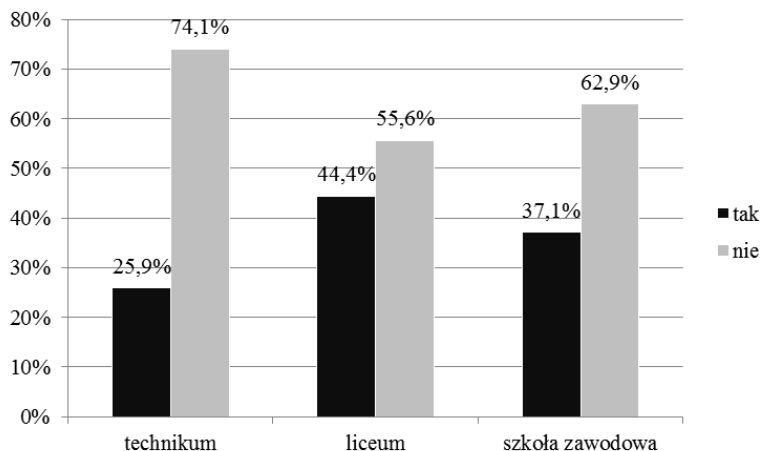
Metody analizy

Ocena stanu wiedzy na temat żywności funkcjonalnej dotyczyła m.in. znajomości definicji żywności funkcjonalnej i innych związanych z nią pojęć oraz stosunku konsumentów do tego typu żywności. W ankiecie pojawiły się też pytania dotyczące znajomości, zarówno korzystnego wpływu jak i zagrożeń dla organizmu, wskutek spożywania żywności funkcjonalnej oraz jej właściwego oznakowaniu.

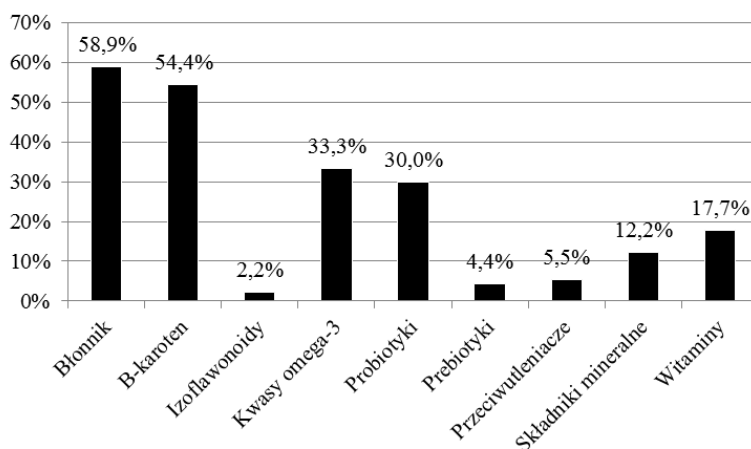
Wyniki i dyskusja

Światowe badania naukowe wskazują, że czynniki społeczno-demograficzne są słabymi predyktorami akceptacji żywności funkcjonalnej. Stosunek do żywności funkcjonalnej jest wysoko skorelowany ze świadomością konsumentów na temat wpływu sposobu żywienia na stan zdrowia człowieka [Cranfield i in., 2011; Rifnaz i in., 2016]. O roli żywności w tym aspekcie przekonana jest ponad połowa Polaków (54%), a popularność tej opinii jest w analizowanych grupach społeczno-demograficznych zbliżona [CBOS, 2014]. Zatem współczesny konsument wykazuje dość dużą świadomość dotyczącą wpływu żywności na zdrowie. Wśród polskiego społeczeństwa ośmiu na dziesięciu badanych (81%) ocenia, że ich codzienna dieta jest zdrowa, w tym nieliczni (5%) określają ją jako bardzo zdrową. Jako niezdrowy postrzega swój sposób odżywiania zaledwie co szósty respondent (16%), w tym większość z nich (15%) – jako umiarkowanie niezdrowy [CBOS, 2014]. Według analiz ankiety przeprowadzonej w szkołach ponadgimnazjalnych prawie wszyscy respondenci twierdzą, że odżywiają się zdrowo – 87 osób (96,7%), a niezdrowo – 3 osoby (3,3%).

Okazuje się jednak, że żywność funkcjonalna w Polsce jest jeszcze słabo znana, 83% wszystkich badanych twierdzi, że nie słyszało o żywności funkcjonalnej (Rys. 2). W każdej grupie młodzieży mniej niż 50% badanych zetknęło się z pojęciem „żywność funkcjonalna”. Najwięcej młodzieży licealnej spotkało się z pojęciem żywności funkcjonalnej (44,4%), następnie szkoły zawodowej (37,1%), a najmniej technikum (25,9%) (Rys. 2). W badaniach Zołoteńka-Synowiec i in. [2015] 52% ankietowanych wiedziało czym jest żywność funkcjonalna.



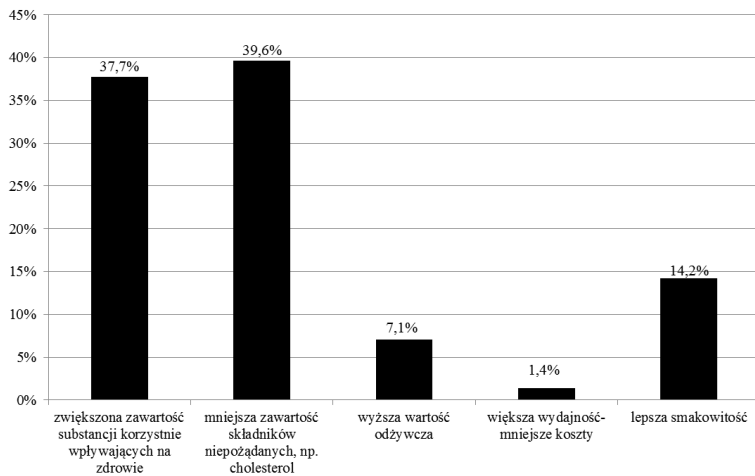
Rysunek 2. Odpowiedzi uczniów na pytanie „czy spotkałeś/ spotkałaś się z pojęciem żywność funkcjonalna?” [%]



Rysunek 3. Odpowiedzi respondentów na pytanie „które z pojęć funkcjonalnych jest Ci znane?” [%]

Osoby, które słyszały o żywności funkcjonalnej potrafiły prawidłowo ją określić i przypisać jej odpowiednie składniki. Na pytanie „czy potrafisz zdefiniować pojęcie żywność funkcjonalna?” odpowiadały m.in., że jest to żywność, która zmniejsza ryzyko różnych chorób; jest to żywność zmodyfikowana; żywność, która dostarcza dodatkowe składniki odżywcze; żywność która istotnie wpływa na stan zdrowia; czy środki spożywcze, które korzystnie wpływają na zdrowie. Respondenci najczęściej kojarzą pojęcia związane z żywnością funkcjonalną takie jak: błonnik (58,9%), β -karoten (54,4%). Mniej odpowiedzi padało na witaminy (17,7%), składniki mineralne (12,2%), przeciwutleniacze (5,5%) (Rys. 3).

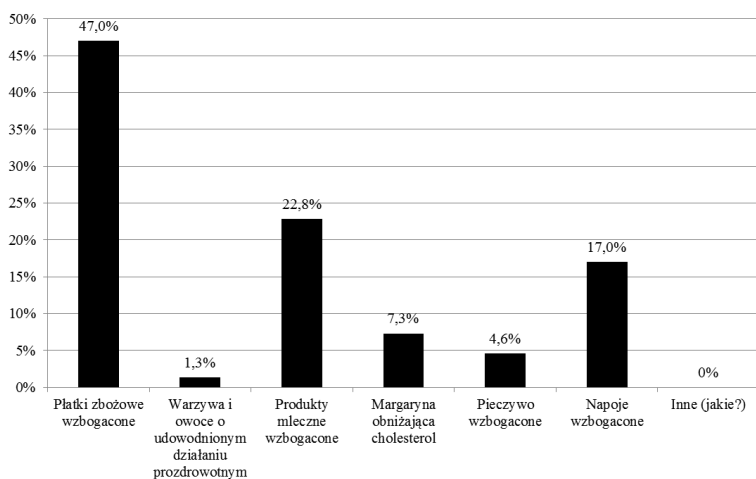
Uczniowie uważają, że najczęstszymi powodami wprowadzania do obrotu żywności funkcjonalnej są m.in. mniejsza zawartość składników niepożądanych, np. cholesterolu (39,6%) i zwiększona zawartość substancji korzystnie wpływających na zdrowie (37,7%). Mniej ankietowanych wskazywało na, lepszą smakowitość (14,2%), wyższą wartość odżywczą (7,1%) i większą wydajność – mniejsze koszty (1,4%) (Rys. 4).



Rysunek 4. Odpowiedzi badanych na pytanie „jakie są według Ciebie główne powody wprowadzenia do obrotu żywności funkcjonalnej?” [%]

Brak znajomości terminu "żywność funkcjonalna" nie oznacza, że uczniowie nie kupują produktów należących do tej kategorii. Na pytanie „który z poniższych produktów jest przez Ciebie spożywany?” najczęściej odpowiadali – płatki zbożowe wzbogacone (47%) (Rys. 5). Respondenci chętnie sięgnęliby również po wzbogacone słodczy (40,0%). Badania ankietowe wykazały małe zainteresowanie badanych poprawą właściwości zdrowotnych słodczy poprzez modyfikacje, polegające na wzbogacaniu ich składnikami pozytywnie oddziałującymi na zdrowie [Jeżewska-Zychowicz i in., 2012]. Słodczy o podwyższonej wartości zdrowotnej mogą wzbudzać wiele kontrowersji,

przede wszystkim ze względu na negatywne konsekwencje spożywania ich konwencjonalnych odpowiedników [Jeżewska-Zychowicz i in., 2012]. Ze względu jednak na smak oraz właściwości wywołujące pozytywny stan emocjonalny po ich spożyciu mogą okazać się dobrym nośnikiem substancji bioaktywnych. Jedną z propozycji wzbogaconych słodczy są lody probiotyczne. Oprócz żywych kultur bakterii zawierają dużo błonnika, wapnia i innych składników mineralnych. Choć konsumentom lody nie kojarzą się z żywnością funkcjonalną, deklarują oni zainteresowanie tego typu produktami. Co więcej, 49% pytanych jest w stanie zapłacić więcej za tego rodzaju produkt [Śliwińska i Lesiów, 2013].

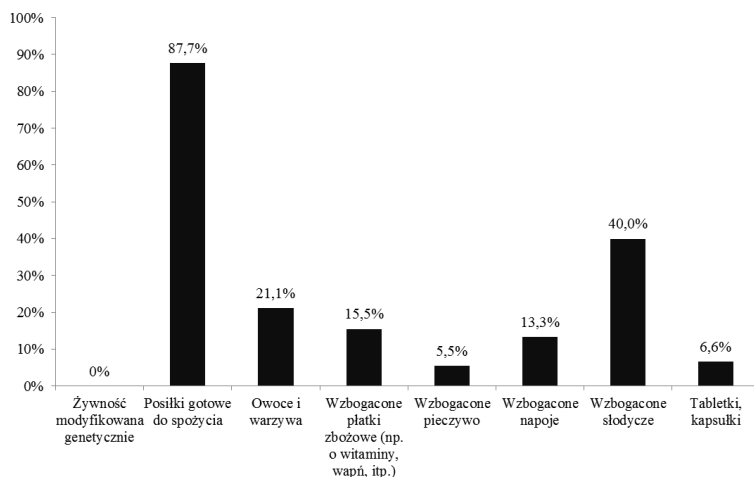


Rysunek 5. Odpowiedzi uczniów na pytanie „który z poniższych produktów jest przez Ciebie spożywany?” [%]

W dalszej kolejności uczniowie wskazali na chęć zakupu wzbogaconych owoców i warzyw (21,1%) oraz wzbogaconych napoi (13,3%) (Rys. 6). Badani zaznaczali kategorie poszczególnych produktów, polegając na intuicyjnym rozumieniu pojęcia żywności funkcjonalnej. Dlatego też, niektóre z podanych odpowiedzi nie są zgodne ze stanem faktycznym, ale tym samym w pełni odzwierciedla poziom wiedzy badanych na temat omawianej kategorii. Na pytanie “czy kupując te produkty wiedziałeś/wiedziałaś o działaniu prozdrowotnym?” najczęściej jednak padała odpowiedź, że tak (86,7%), nie (13,3%).

Z punktu widzenia ochrony zdrowia i interesów konsumenta ważne jest, aby żywność znajdująca się w obrocie handlowym była bezpieczna, a informacje podane przez producenta pozwoliły dokonać konsumentowi świadomego wyboru, w tym zakresie

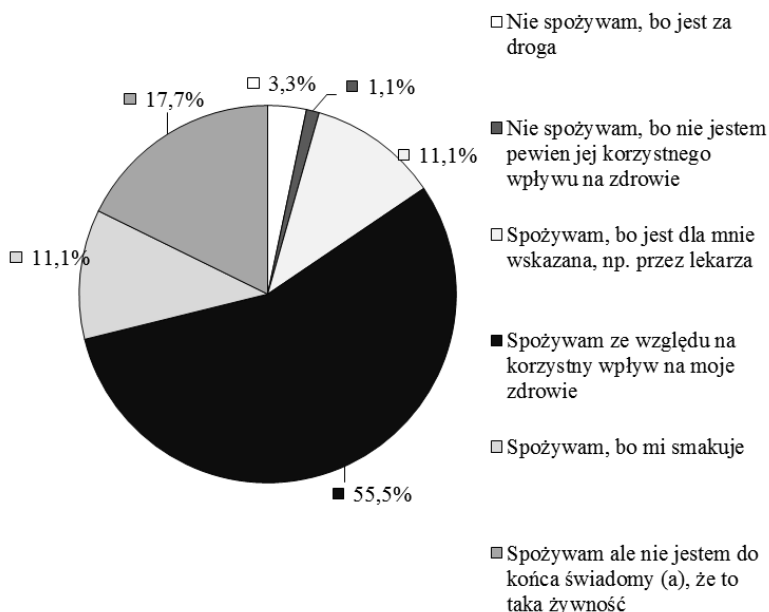
parametrów o charakterze żywieniowym i prozdrowotnym. Konsumentów powinni wiedzieć, nie tylko czym jest żywność funkcjonalna, ale nauczyć się w jaki sposób wybierać te produkty spośród wszystkich innych. Badania wykazały, że konsumenci nie postrzegają produktów funkcjonalnych, jako określonej kategorii żywności, która różni się od ich konwencjonalnych odpowiedników.



Rysunek 6. Odpowiedź badanych na pytanie „który spośród wymienionych produktów zawierających składniki funkcjonalne byłbyś/ byłabyś w stanie zaakceptować?” [%]

Produkty te są dla nich dodatkową alternatywą w szerokim zakresie produktów dostępnych na rynku [Oliveira i in., 2016]. Z jednej strony może to wynikać z nieodpowiedniego oznakowania tego typu żywności, z drugiej strony z nieświadomości konsumentów, co do możliwości uzyskania pewnych informacji z etykiety produktu. Badania przeprowadzone w 2010 r. w sześciu krajach europejskich, w tym wśród 1800. mieszkańców Polski, wykazały, że większość osób (91%), które zadeklarowały, że zwracają uwagę na informacje na etykiecie produktu, uważają, że znają produkt, ponieważ kupują go wielokrotnie i tym samym nie muszą zwracać za każdym razem uwagi na jego oznakowanie [Grunert i in., 2010; Lähteenmäki, 2013]. Ponadto polscy konsumenci nie analizują poszczególnych składników deklarowanych na etykiecie produktów. Nadmiar informacji, trudność ich interpretacji powodują, że kupujący testują etykietę na obecność tylko wybranych, np. niepożądanych składników [Salejda i in., 2016]. W szkołach młodzież uważa, że żywność funkcjonalna jest dobrze oznakowana (94,5%), a tylko niewielka część respondentów twierdzi inaczej (5,5%). Biorąc jednak pod uwagę pozostałe wyniki ankiety i fakt, że uczniowie nie do końca wiedzą, czym jest żywność funkcjonalna, odpowiedzi na pytanie dotyczące oznakowania nie są wiarygodne.

Pomimo, iż uczniowie nie mają wystarczającej wiedzy na temat żywności funkcjonalnej, a badania wskazują na duży krytycyzm Europejczyków dla nowych produktów i technologii wszyscy respondenci jednogłośnie odpowiedzieli, że nie odczuwają zagrożenia ze strony tej kategorii żywności [Siró i in., 2008]. Ankietowani, stanowiący 55,5%, twierdzą, że spożywają żywność funkcjonalną ze względu na jej korzystny wpływ na zdrowie (Rys. 4). Inne badania także wskazują na argument pozytywnego wpływu żywności funkcjonalnej na zdrowie, jako główny, decydujący o jej zakupie. W dalszej kolejności istotna jest wygoda, smak i jakość produktów funkcjonalnych [Urala i Lähteenmäki, 2007]. Uczniowie także zadeklarowali, że chętnie spożywaliby posiłki „gotowe do spożycia”, takiej odpowiedzi udzieliło aż 87,7% respondentów (Rys. 7).



Rysunek 7. Odpowiedzi respondentów na pytanie „jaki jest Twój stosunek do żywności funkcjonalnej?” [%]

Podsumowanie

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują, że znaczna część ankietowanych nie знаła pojęcia „żywność funkcjonalna”. W każdej grupie młodzieży mniej niż 50% ankietowanych zetknęło się z pojęciem żywności funkcjonalnej. Ogólnie, tylko 17% badanych słyszało o tej kategorii żywności, ale nie każdy potrafił w prawidłowy sposób ją zdefiniować. Respondenci najczęściej kojarzyli pojęcia, związane z żywnością funkcjonalną, takie jak: błonnik (58,9%), β -karoten (54,4%), kwasy omega-3 (33,3%), probiotyki (30%).

Pomimo braku znajomości pojęcia „żywność funkcjonalna” młodzież intuicyjnie kojarzy ją z produktami pozytywnie wpływającymi na zdrowie. Ponad połowa ankietowanych (87,8%) wybiera ten rodzaj żywności ze względu na jej korzystny wpływ na organizm. Większość młodzieży ponadgimnazjalnej deklaruje chęć zakupu żywności funkcjonalnej w postaci posiłków gotowych do spożycia (87,7%) oraz wzbogaconych słodczy (40%).

Obecnie największym wyzwaniem jest ujednoczenie i usankcjonowanie definicji żywności funkcjonalnej oraz opracowanie przepisów prawnych, które określałyby zasady nadzoru nad produkcją i obrotem żywnością funkcjonalną. Rozwiązanie tych problemów pozwoliłoby na lepszą komunikację pomiędzy producentami, naukowcami i konsumentami. Tym samym zwiększyłoby możliwości edukacyjne konsumentów, ich świadomość i wyeliminowałoby nadużywanie pojęcia „żywność funkcjonalna”, które nierzadko wykorzystywane jest jako chwyt reklamowy.

Literatura

1. Al-Sheraji S.H., Ismail A., Manap M.Y., Mustafa S., Yusof R.M., Hassan F.A. Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 2013, 5(4), 1542-1553.
2. Annunziata A., Vecchio R. Functional foods development in the European market: A consumer perspective. *Journal of Functional Foods*, 2011, 3, 223-228.
3. CBOS Zachowania Żywieniowe Polaków. Komunikat z badań, Warszawa 2014 (115), www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2014/K_115_14.PDF, (dostęp online: 30.04.2016 r.).
4. Cranfield J., Henson S., Masakure O. Factors affecting the extent to which consumers incorporate functional ingredients into their diets. *Journal of Agricultural Economics*, 2011, 62(2), 375-392.
5. European Commission. Functional Foods. Studies and Reports. Publication Office of the European Union, Luxembourg 2010.
6. Gawęcki J., Roszkowski W. Żywnienie człowieka, a zdrowie publiczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009, 41.
7. Goldberg I. Functional foods, pharmafoods, nutraceuticals. W: Chapman & Hall, New York 2009.
8. Grunert K.G., Fernández-Celemín L., Wills J.M., Storcksdieck Genannt Bonsmann S., Nueva L. Use and understanding of nutrition information on food labels in six European countries. *Zeitschrift Fur Gesundheitswissenschaften*, 2011, 18(3), 261-277.
9. Jeżewska-Zychowicz M., Jeznach M., Kosicka-Gębska M. Zainteresowanie konsumentów słodczymi funkcjonalnymi, a ich preferencje. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 19(3), 197-206.
10. Karwowska A., Bogacz A. Żywność funkcjonalna w Polsce – dziś i jutro. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2007, 12, 22.
11. Kotilainen L., Rajalahti R., Ragasa C., Pehu E. Health enhancing foods: opportunities for strengthening the sector in developing countries. *Agriculture and Rural Development*, Discussion Paper 30, 2006.
12. Lähteenmäki L. Claiming health in food products. *Food Quality and Preference*, 2013, 27(2), 196-201.
13. Lee S.C., Foo M.H. Functional Foods and Its Biomarkers. *Introduction to Functional Food Science: Textbook*. 2nd ed. Richardson, TX: Functional Food Center, 2014.
14. Martirosyan D.M., Singh J. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, 2015, 5(6), 209-223.
15. Mazza G. Lancaster P.A. Functional food, biochemical and processing aspects. W: Technomic, 1998.
16. Methakornkulnan P., Hsieh Y.J., Huang L.Y. Consumer market for functional foods in Thailand. In *The Asian Conference on Psychology and the Behavioral Sciences 2013 (Official Conference Proceedings 2013)*, Osaka 2013, 148-158.

17. Oliveira D., Machín L., Deliza R., Rosenthal A., Walter E.H., Giménez A., Ares, G. Consumers' attention to functional food labels: Insights from eye-tracking and change detection in a case study with probiotic milk. *LWT-Food Science and Technology*, 2016, 68, 160-167.
18. Piesiewicz H. Żywność funkcjonalna – dyskusyjnie. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2008, 2, 32-34.
19. Rifnaz M.B.M., Jayasinghe-Mudalige U.K., Guruge T.P.S.R., Udugama J.M.M., Herath H.M.L.K., Edirisinghe J.C. Perceived health status of consumers and incorporation of functional ingredients into their diet. *Procedia Food Science*, 2016, 6, 56-59.
20. Salejda A.M., Krasnowska G., Buska K. Konsument na rynku żywności – jego wiedza i zachowania. W: *Żywność dla świadomego konsumenta*, Pod. Red. K. Melski, D. Walkowiak-Tomczak, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań 2016, 15, 15-24.
21. Saluk-Juszczak J. Antocyjany jako składnik żywności funkcjonalnej stosowanej w profilaktyce chorób układu krążenia. *Anthocyanins as components of functional food for cardiovascular risk prevention. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2010, 64, 451-458.
22. Siró I., Kapolna E., Kapolna B., Lugasi A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. *Appetite*, 2008, 51(3), 456-467.
23. Sirtori C.R., Anderson J.W., Sirtori E., Arnoldi A. Functional food for dyslipidemia and cardiovascular system risk prevention. *Nutrition Research Reviews*, 2009, 22, 244-261.
24. Śliwiska A., Lesiów T. Lody jako żywność funkcjonalna – badania konsumenckie. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2013, 1, 8.
25. Urala N., Lähteenmäki L. Consumers changing attitudes towards functional foods. *Food Quality and Preference*, 2007, 18, 1-12.
26. Zołoteńka-Synowiec M., Malczyk E., Całyniuk B., Wyka J., Melech M. Ocena wiedzy żywieniowej dotyczącej probiotyków wśród mieszkańców pogranicza Polski i Czech. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2015, 3, 590-593.
27. Żywność funkcjonalna 2012 – czyli co ma Polak na talerzu? Raport przygotowany przez On Board PR Ecco Network we współpracy z Gemius Polska, Warszawa 2012.

PROJEKTOWANIE INNOWACYJNYCH WYROBÓW Z CIASTA DROŹDŻOWEGO BEZ DODATKU CUKRU

Wprowadzenie

Obecnie w sposób znaczący wzrasta świadomość żywieniowa konsumentów, co skutkuje wzmocnionym zainteresowaniem zdrowym stylem życia i asortymentem rynku żywności prozdrowotnej. Wyzwaniem dla przemysłu spożywczego jest zmodyfikowanie składu żywności tradycyjnej z utrzymaniem wysokiej wartości odżywczej, w odpowiedzi na zapotrzebowanie niektórych grup populacji tj. dzieci, osoby zagrożone otyłością czy cukrzycą. Jedną z możliwości uzyskania zdrowego produktu jest zmniejszenie lub wykluczenie z receptury dodatku składników wysokoenergetycznych – tłuszczu i cukru. Istnieje także duże zapotrzebowanie na żywność dla diabetyków, która może mieć taką samą wartość energetyczną, jednak nie może zawierać sacharozy, której metabolizowanie bez insuliny staje się niemożliwe [Ronda i in., 2005]. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, oferta produktów na rynku żywności bez dodatku cukru powinna być bardziej urozmaicona. Zaprojektowany produkt mógłby stanowić atrakcyjną formę przekąski dla dzieci i młodzieży, która byłaby dostępna w szkolnych punktach sprzedaży. Jest to bardzo ważny aspekt, szczególnie w związku z faktem wejścia od 1 września 2015 r w życie „Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 26 sierpnia 2015 r. w sprawie grup środków spożywczych przeznaczonych do sprzedaży dzieciom i młodzieży w jednostkach systemu oświaty oraz wymagań, jakie muszą spełniać środki spożywcze stosowane w ramach żywienia zbiorowego dzieci i młodzieży w tych jednostkach” [Rozporządzenie MZ z dn. 26.08.2015].

Celem niniejszej pracy było zaprojektowanie innowacyjnych wyrobów z ciasta drożdżowego bez dodatku cukru, na przykładzie drożdżówek z nadzieniem owocowym. Zakres pracy obejmował 4 etapy badań:

1. Opracowanie receptury ciasta drożdżowego bez dodatku cukru w oparciu o metodę jednofazową. Ustalenie:
 - a) poziomu dodatku drożdży instant,
 - b) poziomu dodatku mąki dyniowej.
2. Wykorzystanie opracowanej receptury ciasta w produkcji drożdżówek, z użyciem termostabilnych nadzień owocowych bez dodatku cukru oraz ocena sensoryczna wyrobów świeżych i po 24 godzinach przechowywania.
3. Ocena wartości odżywczej zaprojektowanych produktów.

4. Określenie wpływu warunków wypieku (laboratoryjnego i przemysłowego) na wybrane wyróżniki jakości sensorycznej zaprojektowanych drożdżówek z nadzieniem jabłkowo-winogronowym i jagodowo-winogronowym.

Materiał i metody badań

Materiał do badań technologicznych stanowiły, dostępne w sieci handlu detalicznego: mąka pszenna (firmy „Polskie Młyny”), jaja, sól, drożdże instant (firmy ”Dr. Oetker”), olej rzepakowy (firmy „ZT Kruszwica”) i inulina (firmy „Gaja”). Wykorzystane zostały także:

- mąka dyniowa pochodząca bezpośrednio od producenta żywności ekologicznej,
- nadzienia owocowe bez dodatku cukru (jagodowo-winogronowe, wiśniowo-winogronowe, jabłkowo-winogronowe, truskawkowo-winogronowe, malinowo-winogronowe, pomarańczowo-winogronowe) firmy „Zentis” oraz
- aromaty firmy „Butter Buds”.

Na bazie wymienionych składników sporządzano ciasto drożdżowe metodą jednofazową, która polega na równoczesnym połączeniu wszystkich składników ciasta i jego wyrobieniu i odstawieniu w celu wyrośnięcia (1,5 godz. w temp. 30°C w cieplarni). Następnie ciasto dzielono na porcje ok. 60 g, rozwałkowywano, dodawano nadzienie w ilości 20 g na 1 sztukę i formowano drożdżówkę. Tak przygotowane uformowane ciasto z nadzieniem ponownie umieszczano w cieplarni na 1 godzinę w temp. 30°C). Po wyrośnięciu, dokonywano wypieku drożdżówek w temp. 180°C przez 25 minut. Przez okres 3 godz. produkty studzono w temperaturze 25°C, następnie przeprowadzano ocenę sensoryczną.

W pierwszym etapie doświadczenia, przy ustalaniu składu receptury ciasta wykorzystano metodę *kolejności* [wg normy ISO 8587:1998]. Natomiast do oceny sensorycznej zaprojektowanych wyrobów zastosowano metodę ilościowej analizy opisowej QDA [ISO 13299: 2003]. Oceny zostały przeprowadzone z udziałem 10-osobowego zespołu pracowników Katedry Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności SGGW, powtarzane trzykrotnie.

Obliczenie wartości odżywczej zaprojektowanych wyrobów wykonano na podstawie wartości zadeklarowanych przez producentów produktów oraz „Tabel składu i wartości odżywczej” [Kunachowicz i in., 2005].

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej użyciu wykorzystując program Statistica 12.5. Do określenia istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) przy zastosowaniu testu Tukeya, na poziomie istotności $p < 0,01$.

Wyniki i dyskusja

Ze względów technologicznych w fazie produkcji ciasta zastosowano proces przesiewania mąki, podczas którego następuje spulchnienie, ocieplenie i napowietrzenie mąki. Z mąki spulchnionej łatwiej i szybciej wytwarza się ciasto niż z mąki zbitej, zbrylonej. Ciasto z mąki spulchnionej szybko uzyskuje strukturę jednorodną, podczas gdy ciasto z mąki niespulchnionej wytwarza się dłużej, gdyż przenikanie wody do jej cząstek jest trudniejsze i nierównomierne.

Cukier w wyrobach ciastkarskich pełni rolę słodzącą, wpływa na smak i zapach produktu. Jest także składnikiem strukturotwórczym, wpływa na barwę i zmiany skrobi oraz białek podczas wypieku. Stąd też niezwykle trudne jest całkowite wyeliminowanie dodatku sacharozy z receptury ciast i zastąpienie go w pełni innym składnikiem, przy utrzymaniu odpowiedniej jakości produktu. W badaniach własnych, w recepturze ciasta drożdżowego zastosowano jako zamiennik cukru i prebiotyku – inulinę.

W tradycyjnej recepturze drożdże użyte do wyrabiania ciasta, uczestnicząc w procesie fermentacji alkoholowej, zamieniają cukry zawarte w cieście na alkohol i dwutlenek węgla, który tworzy pęcherze gazu, powodując tzw. wyrastanie produktu. W zaprojektowanej recepturze pomimo braku dodatku sacharozy, ciasto drożdżówek charakteryzowało się wysokim stopniem wyrośnięcia (7-9 j.u.) w zależności od rodzaju próby i zastosowanych warunków wypieku.

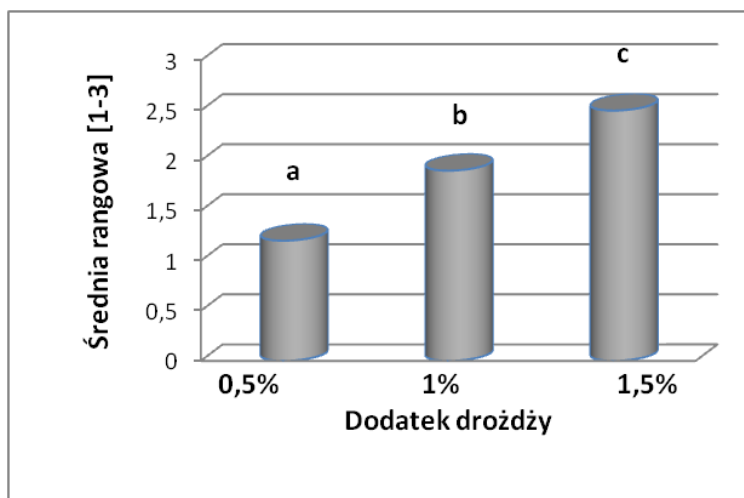
W pierwszym etapie badań dokonano modyfikacji tradycyjnej receptury ciasta drożdżowego, zastępując w całości przewidzianą ilość cukru – inuliną oraz w oparciu o wyniki ogólnej pożądalności sensorycznej drożdżówek z nadzieniem jabłkowym dokonano ustalenia poziomu dodatku drożdży (Rys. 1).

Stwierdzono istotne statystycznie różnice w ocenie pożądalności sensorycznej prób drożdżówek z różnym poziomem dodatku drożdży instant (Rys. 1). Najlepiej pod względem tego wyróżnika, oceniono próbę z dodatkiem drożdży na poziomie 0,5%. Stosowanie tego składnika w większej ilości w recepturze, pogarszało znacząco jakość sensoryczną ocenianych produktów.

Modyfikacja receptury ciasta drożdżowego polegająca na dodatku innej mąki może mieć korzystny wpływ na cechy gotowego wyrobu. Według Sucharzewskiej i Nowakowskiej [2000], korzystne cechy sensoryczne, przedłużona świeżość oraz możliwość uzupełnienia wyrobów w szereg cennych składników odżywczych, wskazują na celowość stosowania dodatku mąki z nasion amarantusa (*A. cruentus*) w produkcji ciasta drożdżowego, w ilości nie większej niż 6%.

Wysoka wartość odżywcza owoców dyni sprawia, że warzywo to może zostać wykorzystane do wzbogacania wielu produktów spożywczych. Miąższ dyni pomimo wielu walorów, jest stosunkowo w niewielkim stopniu wykorzystywany na skalę przemysłową. Nadal kluczowe jest jego zastosowanie w technologii gastronomicznej.

Nowym kierunkiem jest zastosowanie dyni jako naturalnego barwnika karotenowego w postaci proszku. Znajduje on zastosowanie w cukiernictwie, piekarnictwie czy produkcji wyrobów makaronowych [Gliemmo i in., 2009; Ciurzyńska i in., 2013].



Rysunek 1. Wyniki ogólnej pożądalności sensorycznej drożdżówek z nadzieniem jabłkowym, z różnym poziomem dodatku drożdży instant do ciasta; (metoda szeregowania, $n=30$) średnia rangowa 1 – próbka najbardziej pożądana; średnia rangowa 3- próbka najmniej pożądana); a,b,c, – wartości średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,01$)

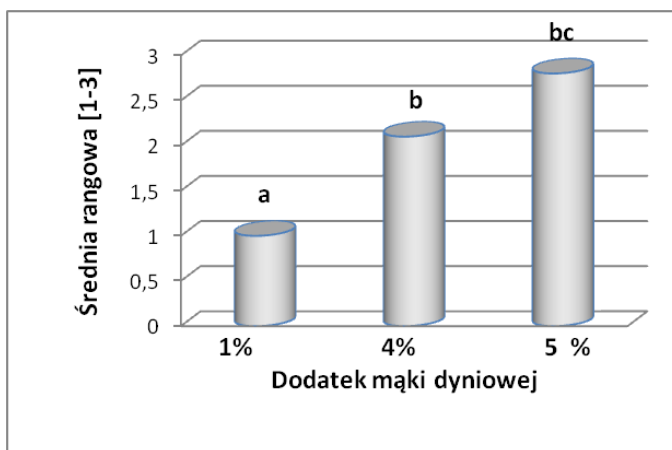
W badaniach własnych, przy projektowaniu drożdżówek zastosowano dodatek mąki z miąższu dyni do ciasta. Dokonano także oceny ogólnej pożądalności sensorycznej wyrobów z 0,5% dodatkiem drożdży instant, ale zróżnicowanych pod względem poziomu dodatku mąki dyniowej (Rys. 2).

Biorąc pod uwagę najwyższe noty sensorycznej oceny drożdżówek z 0,5% dodatkiem drożdży i 4% dodatkiem mąki dyniowej, takie wartości uwzględniono w recepturze ciasta projektowanych wyrobów i wykorzystano do dalszych badań. Uwzględnienie w recepturze zaprojektowanych wyrobów dodatku mąki dyniowej, pozwoliło na wzbogacenie wartości odżywczej produktu oraz korzystnie wpłynęło na barwę ciasta.

Łącznie na potrzeby badań wyprodukowano 6 wariantów drożdżówek bez dodatku cukru, zróżnicowanych rodzajem zastosowanych nadzień owocowych. Drożdżówki charakteryzowały się złocisto-brązową barwą skórki, ciemnożółta barwą miąższu, dużym stopniem wyrośnięcia ciasta oraz stosunkowo równomiernym rozmieszczeniem nadzienia na dolnej powierzchni ciasta.

Rodzaj produktu nie wpływał na intensywność odczucia smaku innego. Zazwyczaj oceniający wskazywali smak inny jako smak nadzienia owocowego użytego do produkcji drożdżówki. Nie odnotowano istotnego wpływu czasu przechowywania drożdżówek z różnymi rodzajami nadzień owocowych, na wartości wyróżników ogólnej jakości

sensorycznej, z wyjątkiem wyróżnika zapachu. Po 24 godzinach przechowywania wszystkich produktów, zaobserwowano istotne obniżenie wartości progu wyczuwalnego zapachu drożdżowego i zapachu pieczonego ciasta.

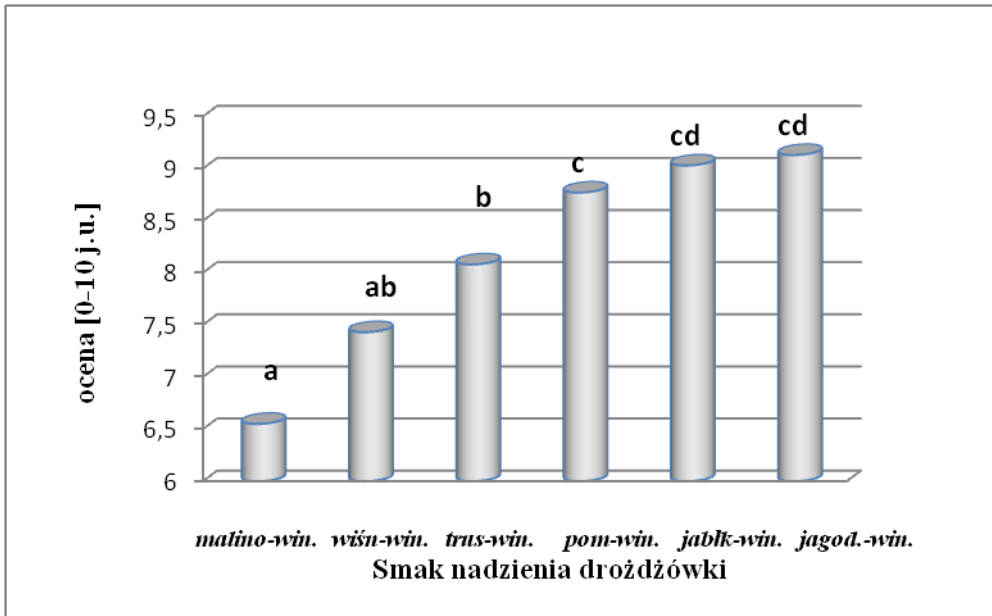


Rysunek 2. Wyniki ogólnej pożądalności sensorycznej drożdżówek z nadzieniem jabłkowym z 0,5% dodatkiem drożdży instant oraz z różnym poziomem dodatku mąki dyniowej* do ciasta (metoda szeregowania, $n=30$) średnia rangowa 1 – próbka najbardziej pożądana; średnia rangowa 3- próbka najmniej pożądana); a,b,c, – wartości średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,01$); * procentowy dodatek mąki dyniowej w odniesieniu do całkowitej masy mąki pszennej

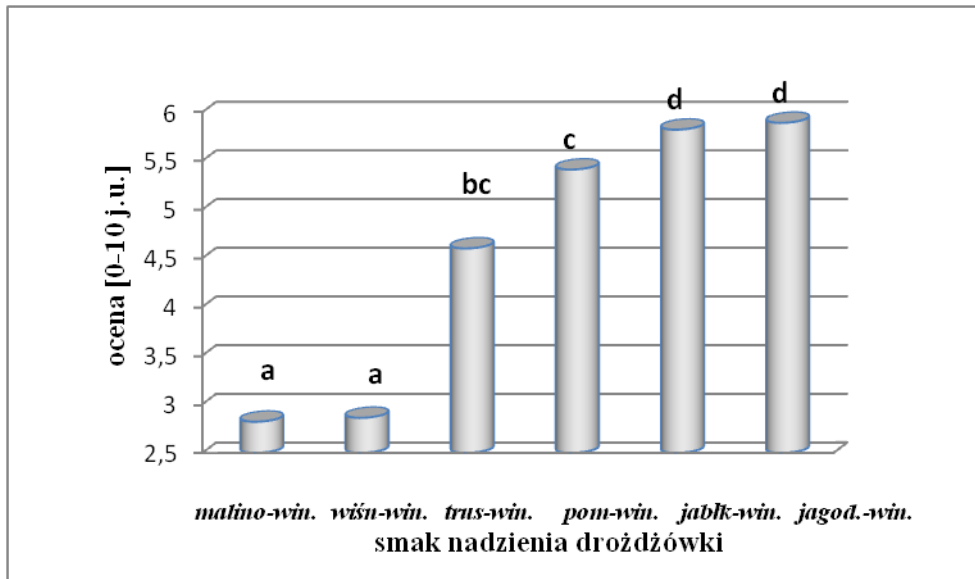
Odnotowano istotny wpływ smaku nadzienia owocowego na intensywność odczucia smaku słodkiego produktu. Najwyższym poziomem słodczy odznaczały się próby drożdżówek z nadzieniem jagodowo-winogronowym i jabłkowo-winogronowym (Rys. 3 i Rys. 4).

Z kolei w badaniach Góreckiej i in. [2007] poddano sensorycznej ocenie pożądalności ciasta biszkoptowe z modyfikacją receptury, polegającą na zastąpieniu do 50% cukru, substancjami słodzącymi tj. aspartamem i acesulfamem K. Uzyskano wyniki odmienne od własnych. Pod względem ogólnej jakości sensorycznej najgorzej zostały ocenione próby, w których sacharoza została całkowicie zastąpiona przez wymienione substancje słodzące. Najwyższe noty w ocenie sensorycznej uzyskały ciasta z 50% dodatkiem zamienników w stosunku do masy sacharozy.

Natomiast Rodriguez-Garcia. i in. [2014] wykazali, że jakość sensoryczna ciast z dodatkiem oligofruktozy jako zamiennika cukru na poziomie 30% oraz inuliny – zamiennika tłuszczu na poziomie 50%, nie różniła się istotnie od próby kontrolnej, wykonanej według tradycyjnej receptury.



Rysunek 3. Wpływ smaku nadzienia na ogólną jakość sensoryczną drożdżówek świeżych ($n = 30$), *a,b,c,d* – wartości średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,01$)



Rysunek 4. Wpływ smaku nadzienia na intensywność smaku słodkiego drożdżówek świeżych ($n = 30$), *a,b,c,d* – wartości średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,01$)

Dodatkowo na uwagę zasługuje fakt, że jednoczesne zastosowanie tych dwóch zamienników w recepturze ciasta, daje dobre rezultaty w ocenie sensorycznej i pozwala

na wskazanie produktu jako źródło błonnika [EC, 2006]. W badaniach własnych, w związku z całkowitym zastąpieniem cukru inuliną i dodatkiem mąki dyniowej, także odnotowano dużą zawartość błonnika (4,7-5,0 g/100 g produktu), która spełnia wymienione kryteria [EC, 2006]. Jednak nie zastosowano w recepturze zamienników tłuszczu.

W badaniach Wetzel i in. [1997] poddano ocenie jakość sensoryczną ciast biszkoptowych, w których sacharoza została zastąpiona erytrytolem na poziomie 25%, 50%, 75% i 100%. Erytrytol to organiczny związek chemiczny z grupy cukroli, dodatek do żywności [E968], stosowany jako substancja słodząca. Nie wykazano istotnych różnic pomiędzy próbami w kolorze i wilgotności miękiszu oraz objętości ciasta po wypieku. Natomiast odnotowano istotne różnice pomiędzy jakością sensoryczną próby kontrolnej, a próbami z dodatkiem erytrytolu. Ciasta z dodatkiem substancji słodzącej w różnych ilościach, odznaczały się większą delikatnością struktury i były mniej słodkie w smaku.

Dodatek fruktooligosacharydów poprawia cechy sensoryczne ciast, wpływając na ich teksturę, kruchość i wilgotność. Umożliwia zmniejszenie kaloryczności, a podczas wyrabiania zwiększa wodochłonność ciast. Najczęstsze zastosowanie znajduje inulina i oligofruktoza, a wykorzystuje się je jako dodatek do pieczywa pszennego oraz ciast drożdżowych i kruchych [Florowska i Krygier, 2004]. Im większy był dodatek fruktooligosacharydów, tym mniejszą twardością charakteryzował się miękisz chleba. Natomiast dodatek inuliny do pieczywa mieszanego wpłynął niekorzystnie na jego teksturę, zwiększając twardość. W przypadku chleba wypiekanego z dodatkiem mączki topinamburowej, za najkorzystniejszy uznano 8-10 % dodatek tego składnika [Filipiak-Florkiewicz, 2003].

Pomimo tego, że w badaniach własnych nie wykonano próby kontrolnej produktu z zawartością sacharozy, to zaprojektowane drożdżówki z dodatkiem inuliny bezpośrednio po wypieku oraz po 24 godzinach przechowywania uzyskiwały także wysokie noty w ocenie wyróżnika ogólnej jakości sensorycznej – wilgotności miękiszu (7,3-8,0 j.u.).

Zgodnie z wynikami badań Kozłowicz i Kluzy [2009, 2010] herbatniki wyprodukowane w oparciu o zmodyfikowaną recepturę z wykorzystaniem substancji prozdrowotnych tj.: inuliny, sorbitolu, syropu daktylowego czy mąki orkiszowej, mogą stanowić atrakcyjną propozycję produktu spełniającego oczekiwania konsumenta.

Wykorzystanie fruktanów do produkcji wyrobów piekarskich i ciastkarskich pozwala na zmniejszenie ich energetyczności, zwiększenie objętości i poprawę tekstury. Inulinę można stosować w piekarstwie, gdzie z powodzeniem może zastępować tłuszcz, przyczyniając się do poprawy jakości i trwałości pieczywa i ciast [Skowronek i Fiedurek, 2003].

Obliczenie wartości odżywczej zaprojektowanych drożdżówek wykazało, że produkty te wykazują w stosunku do swoich tradycyjnych odpowiedników zmniejszoną energetyczność o około 15-25%, a ponad dwukrotnie zwiększoną zawartość błonnika, co było spowodowane całkowitym zastąpieniem cukru w tradycyjnej recepturze ciasta drożdżowego – inuliną (Tab. 1).

W zaprojektowanych wyrobach odnotowano także zmniejszoną zawartość węglowodanów, w stosunku do wyrobów tradycyjnych, średnio o około 35%. Cukier w drożdżówkach pochodził głównie z surowców i nie był dodawany w czystej postaci do produktu.

Tabela 1. Wartość odżywcza zaprojektowanych drożdżówek bez dodatku cukru

Drożdżówka z nadzieniem	Wartość energetyczna kcal /100g	Białko ogółem g/100g	Tłuszcz g/100g	Węglowodany g/100g	Błonnik g /100g
Jagodowo-winogronowe	247	5,72	0,95	40,1	4,8
Jabłkowo-winogronowe	232	5,72	0,98	36,1	4,9
Truskawkowo-winogronowe	238	5,8	0,98	30,1	4,9
Wiśniowo-winogronowe	243	5,8	0,98	38,7	4,7
Malinowo-winogronowe	239	5,8	0,95	37,6	5
Pomarańczowo-winogronowe	238	5,75	0,93	37,7	4,7

W piekarnictwie wykorzystywana może być także mąka z nasion dyni o wysokiej wartości dietetycznej, wynikającej z braku glutenu i składu frakcji białkowej i lipidowej [Patel, 2013]. W badaniach własnych zastosowano w zaprojektowanej recepturze ciasta drożdżowego dodatek mąki z miąższu dyni na poziomie 4% w stosunku do ilości mąki pszennej. Taki dodatek wywarł korzystny wpływ na barwę ciasta i jego wartość odżywczą. Dodawanie mąki dyniowej w większej ilości do ciasta, wpływało istotnie na pogorszenie jakości sensorycznej produktu.

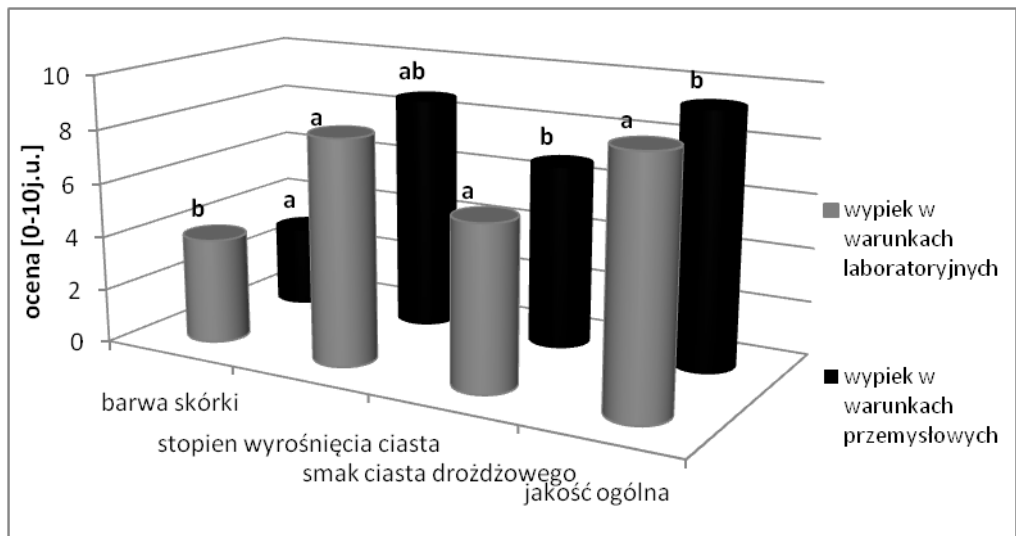
Z kolei w badaniach Kopeć i in. [2013], do wzbogacenia receptury pieczywa pszenżytniego wykorzystano dodatek mąki łubinowej. Dodatek zamiennika na poziomie 9% wpłynął pozytywnie na smak i zapach chleba. Większy dodatek tego składnika spowodował znaczące pogorszenie jakości sensorycznej produktu.

W badaniach własnych odnotowano także zwiększoną zawartość błonnika w drożdżówkach bez dodatku cukru. Badania Uthumporn i in. [2015] oraz Ambigaipalan

i Shahidi [2015] również potwierdzają możliwość zwiększenia zawartości błonnika pokarmowego w wyrobach cukierniczych poprzez zastosowanie dodatku mąki dyniowej.

Głównym celem badań Mukti i in. [2012] było opracowanie receptury i ocena sensoryczna ciasta z dodatkiem otręb kukurydzy, w celu zwiększenia spożycia błonnika pokarmowego w postaci oczyszczonej. Nie odnotowano istotnych różnic w ocenie pożądalności prób ciasta z dodatkiem prozdrowotnym na poziomie 10 i 20% oraz próby kontrolnej.

Drożdżówki z nadzieniem jabłkowo-winogronowym oraz jagodowo-winogronowym, uzyskały istotnie najwyższe noty ogólnej jakości sensorycznej w porównaniu do pozostałych, ocenianych produktów świeżych. W kolejnym etapie badań określono wpływ warunków wypieku na jakość sensoryczną dwóch wariantów zaprojektowanego produktu bez dodatku cukru (Rys. 5 i Rys. 6).

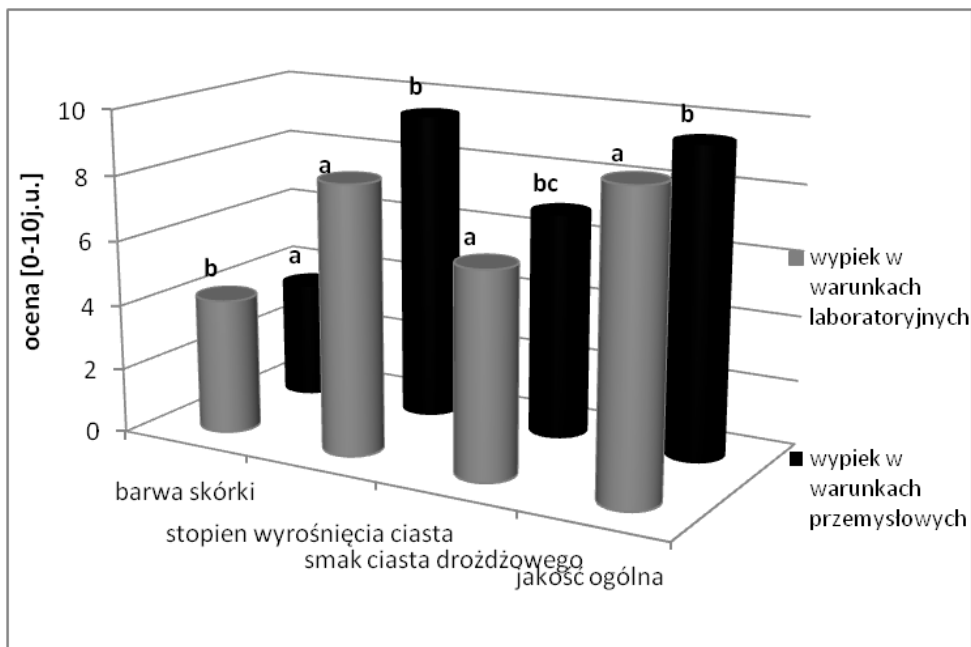


Rysunek 5. Wpływ warunków wypieku na wybrane wyróżniki jakości sensorycznej drożdżówek bez dodatku cukru z dodatkiem nadzienia jabłkowo-winogronowego ($n=30$), *a,b,c,d* – wartości średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p>0,01$)

Próby, których wypieku dokonywano w warunkach przemysłowych, otrzymały istotnie wyższe noty w ocenie pod względem intensywności odczucia smaku ciasta drożdżowego i ogólnej jakości sensorycznej. Produkty te również oceniono jako te o większym stopniu wyrośnięcia ciasta, jednak nie stwierdzono istotnych różnic w porównaniu do produktów wypiekanych w warunkach laboratoryjnych.

W procesie technologicznym zastosowano wydłużony czas ręcznego wyrabiania ciasta, a warunkach przemysłowych odbywał się on mechanicznie. Ciasto drożdżowe powinno charakteryzować się plastycznością, która umożliwia nawet kilkakrotne

zwiększenie objętości, w stosunku do objętości ciasta niepoddanego procesowi wyrastania. Taki efekt uzyskuje się podczas długiego wyrabiania ciasta. Wówczas gliadyna i glutenina zawarte w mące tworzą gluten, który umożliwia wytworzenie plastycznej masy.



Rysunek 6. Wpływ warunków wypieku na wybrane wyróżniki jakości sensorycznej drożdżówek bez dodatku cukru z dodatkiem nadzienia jagodowo-winogronowego ($n=30$),
a, b, c, d – wartości średnie oznaczone tymi samymi indeksami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,01$)

Korzystniej oceniono barwę drożdżówek produkowanych przemysłowo. Oceniający określili ją jako jaśniejszą, w porównaniu do wypieku laboratoryjnego, co było najprawdopodobniej spowodowane wypiekiem ciasta z użyciem profesjonalnego sprzętu używanego w przemyśle piekarniczym.

Stwierdzenia

1. W zaprojektowanej recepturze produktów piekarniczych nie stosowano sacharozy, która została zastąpiona inuliną o czterokrotnie niższej wartości energetycznej i dużej zawartości błonnika.
2. Stwierdzono pozytywny wpływ dodatku mąki dyniowej na wyróżnik ogólnej jakości sensorycznej - barwę oraz wartość odżywczą produktu.

Wniosek

Możliwe jest wyprodukowanie drożdżówki z nadzieniem owocowym w oparciu o zmodyfikowaną recepturę ciasta drożdżowego bez dodatku cukru (sacharozy), otrzymując produkt o wysokiej wartości odżywczej i akceptowanej jakości sensorycznej.

Literatura

1. Ambigaipalan P., Shahidi F. Date seed flour and hydrolysates affect physicochemical properties of muffin. *Food Bioscience*, 2015, 12, 54-60.
2. Ciurzyńska A., Lenart A., Kawka P. Wpływ temperatury liofilizacji metod suszenia na wybrane właściwości suszonej dyni. *Acta Agrophysica*, 2013, 20(1), 39-51.
3. EC (2006) Regulation (EC) No.1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made in foods. *Official Journal of the European Union*, L4049-25.
4. Filipiak-Florkiewicz A. Wpływ fruktanów na twardość miękisz chleba. *Żywnie Człowieka i Metabolizm*, 2003, 3-4, 978-982.
5. Florowska A., Krygier K. Zastosowanie nietrawionych oligosacharydów w produktach spożywczych. *Przemysł Spożywczy*, 2004, 5, 44-47.
6. Gliemmo M.F., Llorre M.E., Gerschenson L.N., Campos C.A. Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, *Duchesne ex Poiret*) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. *LWT Food Science and Technology*, 2009, 42, 196-201.
7. Górecka D., Korczak J., Borowska-Parus A. Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich. *ŻYWNOSĆ, Nauka, Technologia, Jakość*, 2007, 6(55), 210-218.
8. ISO 13299: 2003, Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile.
9. ISO 8587:1998, Sensory analysis. Methodology. Ranking.
10. Kopeć A., Bać A. Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość pieczywa pszenżytnego. *ŻYWNOSĆ, Nauka, Technologia, Jakość*, 2013, 5(90), 142-153.
11. Kozłowicz K., Kluza F. Wpływ wybranych dodatków prozdrowotnych na właściwości herbatników z mrożonego ciasta. *Acta Agrophysica*, 2009, 13(1), 155-163.
12. Kozłowicz K., Kluza F. Wpływ zamrażania metodami impingement i owiewowa modyfikowanego pieczywa drożdżowego na jego jakość. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2010, 546, 185-191.
13. Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K. Tabele składu i wartości odżywczej. Wyd. PZWL, Warszawa 2005.
14. Mukti S., Sean X., Liu, Vaughn S. Effect of corn bran as dietary fiber addition on baking and sensory quality. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2012, 1(4), 348-352.
15. Patel S. Pumpkin (*Cucurbita* sp.) seeds nutraceutical. A review on status quo and scopes. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 2013, 6, 183-189.
16. Rodriguez-Garcia J., Salvador A., Hernando I. Replacing fat and sugar with inulin in cakes: bubble size distribution, physical and sensory properties. *Food and Bioprocess Technology*, 2014, 7, 964-974.
17. Ronda F., Gomez M., Blanco C., Caballero P. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 2005, 90(4), 549-555.
18. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 sierpnia 2015r. w sprawie grup środków spożywczych przeznaczonych do sprzedaży dzieciom i młodzieży w jednostkach systemu oświaty oraz wymagań, jakie muszą spełniać środki spożywcze stosowane w ramach żywienia zbiorowego dzieci i młodzieży w tych jednostkach. *Dz.U. z 2015r., poz. 1256*.
19. Skowronek M., Fiedurek J. Inulina i inulinazy – właściwości, zastosowania, perspektywy. *Przemysł Spożywczy*, 2003, 03, 18-20.
20. Sucharzewska D., Nowakowska K. Wpływ dodatku amarantusa na jakość wybranych wyrobów ciastkarskich. *Zeszyty Naukowe. Chemia Spożywcza i Biotechnologia/Politechnika Łódzka*, 2000, 64, 51-66.

21. Uthumporn U., Woo W.L., Tajul A.Y., Fazilah A. Physico-chemical and nutritional evaluation of cookies with different levels of eggplant flour substitution. *CyTA –Journal of Food*, 2015, 13, 220-226.
22. Wetzel C.R., Weese J.O., Bell L.N. Sensory evaluation of no-sugar-added cakes containing encapsulated aspartame. *Food Research International*, 1997, 30(6), 395-399.

WYKORZYSTANIE TECHNIKI GC-MS I GC-O DO OCENY JAKOŚCI SPIRYTUSÓW ZBOŻOWYCH PODDANYCH AROMATYZOWANIU Z UDZIAŁEM SUROWCÓW ROŚLINNYCH

Wprowadzenie

Surowce roślinne są bogatym źródłem substancji aromatycznych (głównie olejków eterycznych), jak również garbników, substancji gorzkich, żywic, alkaloidów, tłuszczów, kwasów organicznych, związków azotowych i mineralnych oraz substancji o słodkim, ostrym lub chłodzącym smaku [Klimek, 1957; Cieślak, 1979]. Z uwagi na tak bogaty skład, są wykorzystywane, najczęściej w postaci suszonej, m.in. do aromatyzowania destylatów rolniczych w produkcji wódek gatunkowych lub innych smakowych napojów spirytusowych. Związki aromatyczne, w zależności od gatunku rośliny, skoncentrowane są w różnych jej częściach: korzeniach, kłączach, nasionach, owocach, kwiatach, liściach, korze, kwitnących wierzchołkach lub w całej roślinie [Vican, 2010]. Substancje zapachowe występują w roślinach w postaci złożonych, pod względem składu chemicznego, mieszanin w lotnych olejkach lub żywicach. Pozyskiwanie ww. związków odbywa się z użyciem metody destylacji, ekstrakcji, bądź tłoczenia. Charakterystyczną cechą olejków jest ich intensywny zapach i wielokierunkowa aktywność biologiczna, dzięki czemu wykazują szerokie zastosowanie w przemyśle perfumeryjnym, spożywczym oraz lecznictwie [Góra i Lis, 2012]. Olejki eteryczne zawierają związki, należące przeważnie do grupy terpenów tj. połączeń hydroaromatycznych, oraz do grupy związków alifatycznych o długich łańcuchach węglowych, nazywanych również terpenami alifatycznymi. Właściwe terpeny zazwyczaj nie odznaczają się szczególnymi cechami organoleptycznymi. Najbardziej charakterystycznymi i jednocześnie najwybitniejszymi składnikami większości olejków eterycznych są estry, alkohole alifatyczne lub terpenowe, aldehydy, ketony, tlenki i laktony [Guenther, 1953].

W technologii produkcji napojów spirytusowych, oprócz spirytusu (rektyfikowanego i/lub surowego – nierektyfikowanego) i wody uzdatnionej, stosowane są składniki aromatyczno-smakowe. Mogą być również wzbogacone o cukier i barwniki [Cieślak, 1979]. Aromaty roślinne stosowane są w postaci destylatów, nalewów, morsów i maceratów. Aromatyzowanie może być również prowadzone w procesie destylacji. Surowce roślinne stanowią podstawowy materiał,

przede wszystkim przy produkcji napojów spirytusowych ziołowych, gorzkich oraz korzenno-ziołowych. Smakowe napoje spirytusowe cieszą się popularnością wśród konsumentów [Bernatek, 2014; Garlicki, 2014]. Dobór surowców, wzajemne ich proporcje oraz metody pozyskiwania z nich związków aromatycznych, pozwalają stworzyć wyjątkowe receptury nadające niepowtarzalny, unikatowy smak i zapach otrzymywanych wyrobom spirytusowym.

Cel i zakres badań

Celem badań była ocena składu jakościowego i ilościowego lotnych związków w destylatach zbożowych poddanych aromatyzowaniu wybranymi surowcami roślinnymi oraz ocena sensoryczna otrzymanych wyrobów spirytusowych.

Zakres pracy obejmował aromatyzowanie spirytusu żytniego w procesie redestylacji, z zastosowaniem suszonych surowców roślinnych. Surowce roślinne były stosowane do aromatyzowania oddzielnie, jak również w przygotowanych kompozycjach. Otrzymane destylaty aromatyzowane zostały poddane ocenie sensorycznej oraz analizie chromatograficznej.

Surowce i materiały

Surowcem podstawowym wykorzystanym w niniejszych badaniach był spirytus żytni otrzymany z żyta odmiany AMBER o mocy wyjściowej 92% obj.

Do aromatyzowania wybrano następujące surowce roślinne: anyż cały (Kotányi), anyż gwiazdkowy (Przyprawy bez chemii), cynamon (Kotányi), gałka muskatołowa cała (Kotányi), goździki całe (Kotányi), owoce jałowca całe (Kotányi), pieprz czarny cały (Kamis), skórka z pomarańczy, laska wanilii (Kotányi).

Każdy z nich stosowany był w procesie aromatyzowania oddzielnie, lub w postaci odpowiednio dobranych zestawów, o łącznej dawce 4 g.

Metody badań

Aromatyzowanie

Proces aromatyzowania prowadzono w birektyfikatorze składającym się z kolby kulistej, deflegmatora wg Goldetza oraz chłodnicy Liebiga. W tym celu spirytus zbożowy wstępnie rozcieńczono do mocy 20% obj. W kolbie destylacyjnej o pojemności 1 l przygotowano 600 ml rozcieńczonego spirytusu, a następnie odważono 4 g surowca i umieszczono go w metalowym koszyku, umiejscowionym nad powierzchnią cieczy, w reduktorze łączącym kolbę z deflegmatorem wg Golodetza. Przez pierwsze 30 minut układ wygrzewano, zapewniając skroplenie wszystkich par w deflegmatorze i powrót powstałych skroplin (w postaci flegmy) do kolby destylacyjnej, a następnie rozpoczęto właściwy proces destylacji z szybkością

odbioru ok. 7 ml/min. Podczas destylacji, odbierano dwie frakcje: właściwą (I) o mocy ok. 88-89% obj. oraz II o mocy 20-35% obj. Do dalszych badań wykorzystywano jedynie frakcję właściwą.

Do przeprowadzenia procesu aromatyzowania zastosowano 9 suszonych surowców roślinnych: anyż, anyż gwiazdkowy, kora cynamonu, gałka muskatołowa, goździki, jagody jałowca, pieprz czarny, skórka z pomarańczy (po uprzednim wysuszeniu) oraz laska wanilii. Surowce te użyto osobno lub w postaci odpowiednio przygotowanych kompozycji.

Analiza sensoryczna

W przeprowadzonej analizie sensorycznej otrzymanych destylatów zbożowych oceniano smak i zapach, stosując metodę Buxbauma [Tešević i in., 2005]. Ocenę przeprowadzał sześćosobowy panel, któremu przedstawiono odpowiednio przygotowane karty oceny organoleptycznej wyrobów. Paneliści oceniali intensywność smaku w skali od 0 do 12 pkt i zapachu w skali od 0 do 4 pkt. Do skali wprowadzono również dziesiętne części punktu. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 1., podając średnią arytmetyczną ze wszystkich ocen, oddzielnie dla smaku i zapachu. Wyniki podano z dokładnością do 0,1 punktu. Ponadto, wprowadzono ocenę opisową, która pozwoliła poznać odczuwane wrażenia panelistów podczas prowadzonej oceny, tj. w jakim stopniu identyfikują wyczuwalne smaki i zapachy oraz jak określają tzw. pożądalność wyrobu.

Analiza chromatograficzna destylatów

Analizę ilościową lotnych produktów ubocznych fermentacji w badanych próbkach destylatów przeprowadzono na chromatografii gazowej (Agilent 7890A, USA) sprzężonej ze spektrometrem mas (Agilent MSD 5975C, USA) z pojedynczym kwadrupolem, z zastosowaniem kolumny kapilarnej HP-5 MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm). Składniki badanych prób identyfikowano przez porównanie otrzymanych widm masowych z widmami masowymi w bibliotekach Wiley'a i NIST oraz substancji wzorcowych, jak również na podstawie obliczonych indeksów retencji (w programowanej temperaturze, n-alkany C8-C15) i porównania ich z danymi literaturowymi. Parametry pracy GC były następujące: temperatura dozownika 250°C, objętość nstrzyku 1 μl z podziałem strumienia gazu (split 1:40), piec – program temperaturowy: 40°C (6 min.); narost 2°C/min. do 83°C; narost 10°C/min. do 230°C (4 min.), gaz nośny – hel o natężeniu przepływu 1,2 ml/min. Parametry pracy MS: temperatura źródła jonów – 230°C, temperatura linii transferowej – 250°C, jonizacja EI, energia jonizacji 70 eV, praca w trybie SCAN (analiza jakościowa, zakres mas od 28 do 250 u). Analizę ilościową lotnych

produktów ubocznych fermentacji przeprowadzono stosując ww. parametry w trybie selektywnego skanowania jonów (SIM), z wykorzystaniem metody krzywej kalibracji z dodatkiem wzorca wewnętrznego (4-heptanonu).

Badane destylaty poddano również analizie chromatograficznej w celu oznaczenia lotnych związków pochodzących z surowców roślinnych, stosowanych w procesie aromatyzowania. Wykorzystano w tym celu technikę chromatografii gazowej, sprzężonej ze spektrometrią mas i detekcją olfaktometryczną (GC-MS-O). Identyfikację lotnych analitów przeprowadzono porównując otrzymane widma masowe z widmami masowymi w bibliotekach Wiley'a i NIST oraz na podstawie obliczonych indeksów retencji (w programowanej temperaturze, nastrzyk n-alkanów C8-C15) i porównania ich z danymi literaturowymi. Wykorzystując port olfaktometryczny oceniano aktywność sensoryczną zidentyfikowanych związków. Parametry pracy chromatografu gazowego oraz rozdział związków były analogiczne jak w przypadku ww. analizy ilościowej. Strumień gazu po przejściu przez kolumnę był rozdzielany na dwa detektory (w proporcji 1:1), tj. detektor mas (MS) i detektor olfaktometryczny (ODP3, Gerstel, Niemcy). Ocenę olfaktometryczną przeprowadził zespół 6-osobowy.

Wyniki i ich omówienie

Do aromatyzowania destylatów zbożowych, w procesie destylacji, wykorzystano 9 surowców roślinnych, stosowanych oddzielnie, a następnie dokonano oceny sensorycznej otrzymanych destylatów (Tab. 1).

Na podstawie wyników oceny sensorycznej destylatów zbożowych, aromatyzowanych poszczególnymi surowcami roślinnymi, zespół wskazał, że najlepszymi walorami, zarówno smakowymi, jak i zapachowymi, charakteryzował się destylat zbożowy aromatyzowany anyżem gwiazdkowym. Czterech z sześciu oceniających zapach destylatu oceniło bardzo wysoko, przyznając maksymalną liczbę punktów (4 pkt), opisując go jako bardzo aromatyczny, lekko słodki i przyjemnie anyżowy, co dało średnią ocenę 3,6 pkt. Natomiast smak zespół określił jako słodki i przyjemny, przyznając za tę cechę sensoryczną od 10 do 11 pkt, co w końcowej ocenie wyrobu dało całkowitą średnią punktację 13,9 pkt. Wysoko oceniono również destylat aromatyzowany suchą skórką z pomarańczy – próba uzyskała całkowitą ocenę 13,5 pkt. Panel oceniający scharakteryzował jego zapach jako przyjemny i świeży – pięć osób przyznało maksymalną punktację (4 pkt), co dało średnią ocenę 3,8 pkt, natomiast smak oceniono jako słodki, jednakże za bardzo intensywny. Wysokie noty uzyskał też destylat zbożowy aromatyzowany korą cynamonu, o przyjemnym, delikatnym i lekko słodkawym zapachu, z wyczuwalną nutą

Tabela 1. Wyniki oceny sensorycznej destylatów aromatyzowanych surowcami roślinnymi

Nr destylatu	Surowiec roślinny wykorzystany do aromatyzowania	Cecha sensoryczna		Całkowita punktacja (max 16 pkt)	Ocena opisowa
		Smak (max 4 pkt)	Zapach (max 12 pkt)		
1	Anyż gwiazdkowy	3,6	10,3	13,9	Zapach bardzo intensywny i aromatyczny, lekko słodki, przyjemny, tożsamy z surowcem. Smak słodki, z wyczuwalną nutą anyżu.
2	Gałka muskatołowa	2,4	7,8	10,4	Zapach mało intensywny, nie wyczuwalny zapach gałki muskatołowej. Smak początkowo słodki, przechodzący w ostry.
3	Laska wanilii	1,5	3,3	4,8	Zapach wanilii słabo wyczuwalny. Smak słodki, przyjemny, dla większości niewyczuwalny.
4	Skórka pomarańczy	3,8	9,7	13,5	Zapach przyjemny, świeży intensywny, tożsamy z surowcem. Smak słodki, świeży.
5	Pieprz czarny	3,2	6,8	8,3	Zapach bardzo słabo wyczuwalny. Smak przyjemny, przechodzący w ostry.
6	Cynamon	3,3	9,3	12,6	Zapach przyjemny, delikatny, z wyczuwalną nutą cynamonu, słodkawy. Smak przyjemny, intensywny.
7	Goździki	2,4	7,3	9,8	Zapach słaby. Smak ostry, piekący.
8	Anyż	3,4	8,9	12,3	Zapach przyjemny, wyczuwalny, słodkawy, tożsamy z surowcem. Mniej aromatyczny niż anyż gwiazdkowy. Smak anyżowy, intensywny.
9	Jagody jałowca	3,2	8,7	11,8	Zapach bardzo intensywny, przyjemny, słodki, wyczuwalna nuta jałowca, bardzo estrowy. Smak lekko gorzki.
10	Kontrola destylat zbożowy	3,8	8,8	12,6	Zapach bez obcych zapachów, typowy dla destylatów, owocowo-kwiatowy. Smak typowy dla destylatów żytnich, ostry, gryzący.

W tabeli przedstawiono wartości średnie (n=6)

cynamonu oraz intensywnym smaku. Uczestnicy analizy wysoko ocenili też destylat aromatyzowany biedrzeńcem anyżem. Posiadał on cechy podobne do destylatu aromatyzowanego anyżem gwiazdkowym, jednak określono go jako mniej aromatyczny. W rezultacie uzyskał 12,3 pkt, przy średniej ocenie za zapach i smak odpowiednio 3,4 pkt i 8,9 pkt. Destylatem zbożowym, który uzyskał całkowitą liczbę punktów 11,8 był destylat aromatyzowany jagodami jałowca. Owoce nadały mu bardzo intensywny, estrowy, przyjemny i słodki zapach z wyczuwalną nutą jałowca (średnia ocena 3,2 pkt) i lekko gorzki i ostry smak (średnia ocena 8,7 pkt). Na podstawie ogólnej punktacji oraz średniej oceny smaku i zapachu, przyznanej przez sześciuosobowy panel, niekorzystnymi walorami sensorycznymi charakteryzował się destylat zbożowy aromatyzowany laską wanilii. Zarówno jego smak, jak i zapach, określono jako przyjemny, ale „mało waniliowy”, a dla niektórych wręcz niewyczuwalny.

Pozostałe destylaty, aromatyzowane gałką muszkatową i goździkami, charakteryzowały się interesującymi walorami smakowo-zapachowymi. Destylat aromatyzowany gałką muszkatową miał mało intensywny zapach, ale przyjemny słodki smak, z czasem przechodzący się w ostry. Goździki natomiast nadały destylatowi ostry i piekący smak.

Przeprowadzona analiza sensoryczna destylatów zbożowych aromatyzowanych pojedynczymi surowcami roślinnymi, umożliwiła przygotowanie kompozycji aromatyzujących z najwyżej ocenionych lub uznanych za „interesujące” przez zespół oceniający surowców roślinnych. Zaproponowano trzy kompozycje nr 1, 2 i 3. Ogólna masa surowców w przygotowanych kompozycjach wynosiła 4 gramy. Wyniki oceny organoleptycznej destylatów aromatyzowanych przygotowanymi zestawami surowców roślinnych przedstawiono w tabeli 2.

Najwyżej oceniono destylat zbożowy aromatyzowany kompozycją z goździków (1 g), skórki pomarańczy (1,5 g), cynamonu (1 g) i gałki muszkatowej (0,5 g). Zestaw uzyskał łącznie 13,8 punktów. Oceniający określili jego smak jako przyjemny, świeży i delikatny, z wyczuwalną lekką ostrością (średnia ocena 10,1 pkt), natomiast zapach jako słodkawy i delikatny (średnia ocena 3,8 pkt). Pozostałe destylaty oceniono stosunkowo nisko. Destylat zbożowy aromatyzowany kompozycją z anyżu gwiazdkowego (2 g), pieprzu czarnego (1 g) i cynamonu (1 g) uzyskał 9,7 punktów, natomiast destylat aromatyzowany kompozycją zawierającą pieprz czarny (2 g), gałkę muszkatową (0,5 g) i jagody jałowca (1 g) otrzymał łącznie tylko 7,7 punktów. Obydwa destylaty charakteryzował wyczuwalny, bardzo aromatyczny zapach występujących w nich surowców (głównie anyżu i jagód jałowca).

Tabela 2. Wyniki oceny sensorycznej destylatów aromatyzowanych surowcami roślinnymi

Destylat aromatyzowany mieszaniną surowców roślinnych	Cecha sensoryczna		Całkowita punktacja (max 16 pkt)	Ocena opisowa
	Smak (max 4 pkt)	Zapach (max 12 pkt)		
Kompozycja nr 1 anyż gwiazdkowy (2g) pieprz czarny (1g) cynamon (1g)	2,8	6,8	9,7	Zapach silnie anyżowy Smak słodki, wyczuwalny nuta anyżu i cynamonu. Pieprz niewyczuwalny w zapachu, wyczuwalna natomiast lekka ostrość.
Kompozycja nr 2 pieprz czarny (2g) gałka muszkatołowa (0,5g) jagody jałowca (1g)	2,5	5,2	7,7	Zapach bardzo aromatyczny, świeży, wyczuwalny zapach jałowca. Smak ostry, palący.
Kompozycja nr 3 goździki (1g) skórka pomarańczy (1,5g) cynamon (1g) gałka muszkatołowa (0,5g)	3,8	10,1	13,8	Zapach delikatny, świeży, lekko słodki. Smak przyjemny, zharmonizowany, delikatny, łagodny, wyczuwalna lekka ale przyjemna ostrość. PREFEROWANA KOMPOZYCJA!
W tabeli przedstawiono wartości średnie (n=6)				

Za zapach i smak wyrobów spirytusowych odpowiada liczna grupa związków określanych mianem produktów ubocznych fermentacji etanolowej, a w przypadku produktów aromatyzowanych, odpowiadają związki aromatyczne pochodzenia roślinnego. Zakres badań niniejszej pracy obejmował dokonanie oceny składu jakościowego i ilościowego lotnych związków w badanych destylatach zbożowych po zabiegu ich aromatyzowania. Destylaty, po ich aromatyzacji, poddano analizie chromatograficznej, oznaczając w nich zawartość lotnych związków – produktów ubocznych fermentacji (Tab. 3).

Niezależnie od rodzaju surowców użytych do aromatyzowania destylatu zbożowego, dominującą grupą związków pochodzenia fermentacyjnego były wyższe alkohole (szczególnie 3-metylo-1-butanol, 2-metylo-1-propanol i 2-metylo-1-butanol, jak również 1-propanol) – sumarycznie ich stężenie wynosiło ponad 10 g/l sp. 100% obj. Drugą charakterystyczną grupą związków występujących we wszystkich analizowanych destylatach były estry (m.in. octan etylu, kaprylan etylu, kapronian etylu). Z kolei aldehyd octowy oraz acetal dietylowy aldehydu octowego, obecne były w destylacie w stężeniu odpowiednio 0,047-0,085 g/l sp. 100% obj. i 0,009-0,028 g/l sp. 100% obj.

Tabela 3. Wyniki analizy chromatograficznej lotnych produktów ubocznych fermentacji w aromatyzowanych destylatach zbożowych

Związek	Stężenie (g/l sp. 100% obj.)		
	Kompozycja nr 1	Kompozycja nr 2	Kompozycja nr 3
aldehyd octowy	0,047	0,074	0,085
acetal dietylowy aldehydu octowego	0,018	0,009	0,028
metanol	0,033	0,029	0,037
1-propanol	0,555	0,570	0,590
2-metylo-1-propanol	3,246	3,169	3,492
1-butanol	0,007	0,007	0,008
3-metylo-1-butanol	4,462	4,354	4,531
2-metylo-1-butanol	2,148	2,049	2,230
2-fenyletanol	0,027	0,036	0,021
octan etylu	0,073	0,140	0,145
octan izoamylu	0,001	0,001	0,001
kapronian etylu	0,002	0,003	0,001
kaprylan etylu	0,004	0,003	0,003
kwas octowy	0,010	0,012	0,009

Kompozycja nr 1: anyż gwiazdkowy (2g), pieprz czarny (1g), cynamon (1g)

Kompozycja nr 2: pieprz czarny (2g), gałka muszkatolowa (0,5g), jagody jałowca (1g)

Kompozycja nr 3: goździki (1g), skórka pomarańczy (1,5g), cynamon (1g), gałka muszkatolowa (0,5g)

Następnie przeprowadzono analizę ww. destylatów z wykorzystaniem techniki chromatografii gazowej z detekcją olfaktometryczną. W destylatach aromatyzowanych kompozycjami nr 1, 2 i 3 zidentyfikowano związki zapachowe charakterystyczne dla surowców, którymi je aromatyzowano (Tab. 4).

Spośród związków pochodzących z surowców roślinnych użytych do aromatyzowania, stwierdzono, że w destylacie aromatyzowanym skórką z pomarańczy obecny był m.in. D-limonen, związek charakterystyczny dla cytrusowych olejków eterycznych [Góra i Lis, 2012], jak również w pozostałych dwóch próbach. W destylatach aromatyzowanych anyżem gwiazdkowym i anyżem białym, dominującym związkiem zapachowym był anetol, który według danych literaturowych [Góra i Lis, 2013] jest również podstawowym składnikiem olejków eterycznych otrzymywanych z tych surowców. Oznaczone terpineole (4-terpineol i α -terpineol), występowały w destylacie zbożowym aromatyzowanym gałką muszkatolową. W destylacie zbożowym aromatyzowanym cynamonem oznaczono aldehyd cynamonowy – główny składnik olejku otrzymywanego z kory cynamonu. Goździki wzbogaciły natomiast profil związków aromatycznych destylatu zbożowego m.in. w eugenol oraz β -kariofilen, a jagody jałowca w 4-terpineol. Poza charakterystycznymi dla danego surowca roślinnego związkami, w aromatyzowanych destylatach zbożowych stwierdzono obecność innych substancji zapachowych tj. octanu α -terpinylu, α -terpineolu, β -linalolu, γ -terpinenu, estragolu oraz β -kariofilenu.

Tabela 4. Wyniki identyfikacji związków aromatycznych w destylatach aromatyzowanych

Związek	Lotne związki w aromatyzowanych destylatach		
	Kompozycja nr 1	Kompozycja nr 2	Kompozycja nr 3
α -felandren	+	+	+
β -felandren	+	+	+
α -pinen	+	+	+
β -pinen	+	+	+
α -fenchon	+	-	-
α -terpinen	-	+	-
γ -terpinen	-	+	-
δ -terpinen	-	+	-
sabinen	+	+	-
2-karen	+	+	-
3-karen	+	+	+
o-cymen	-	+	-
D-limonen	+	+	+
cyneol	+	-	-
benzoesan geranylu	-	+	-
octan 4-terpinolu	-	-	+
estragol	+	-	-
aldehyd cynamonowy	-	-	+
anetol	+	-	-
β -kariofilen	+	+	+
humulen	+	+	+
β -kubeben	+	+	+
trans- α -bergamoten	+	-	-
walencen	-	+	+
trans-sabinen (hydrat)	-	+	-
δ -kadinen	+	+	+
D-kamfen	-	-	+

+ związek obecny

- związek nieobecny

Kompozycja nr 1: anyż gwiazdkowy (2 g), pieprz czarny (1 g), cynamon (1 g)

Kompozycja nr 2: pieprz czarny (2 g), gałka muszkatołowa (0,5 g), jagody jałowca (1 g)

Kompozycja nr 3: goździki (1 g), skórka pomarańczy (1,5 g), cynamon (1 g), gałka muszkatołowa (0,5 g)

Analiza olfaktometryczna pozwoliła ustalić, które z ww. związków aromatycznych (Tab. 3) oznaczonych w destylatach były aktywne sensorycznie, tj. wyczuwalne przez zespół osób oceniających. Aktywność sensoryczna związków aromatycznych w trzech destylatach aromatyzowanych kompozycjami surowców roślinnych nr 1, 2 i 3, oceniana była przez 6-osobowy zespół. Na podstawie przeprowadzonej analizy wskazano jako aktywne sensorycznie: D-limonen, anetol, 3-karen oraz terpinolen (w destylacie aromatyzowanym kompozycją nr 1); α -pinen, β -pinen, D-limonen, trans-3-karen, kamfen oraz δ -kadinen (w destylacie aromatyzowanym kompozycją nr 2); D-limonen, β -pinen, α -felandren, β -felandren, α -kariofilen, β -kariofilen oraz terpinolen (w destylacie aromatyzowanym kompozycją nr 3).

Ponadto, we wszystkich trzech analizowanych destylatach, wyczuwalne były niektóre lotne produkty uboczne fermentacji, tj. alkohole amyłowe (2-metylo-1-butanol i 3-metylo-1-butanol), alkohol izobutyłowy (2-metylo-1-propanol) oraz octan izoamylu. Pozostałe związki nie były aktywne sensorycznie w stężeniach oznaczonych w aromatyzowanych destylatach.

Podsumowanie

Za szczególną grupę napojów spirytusowych autorzy niniejszych badań uważają wyroby z dodatkiem składników smakowo-zapachowych pochodzenia roślinnego, wprowadzanych na drodze aromatyzowania podczas redestylacji spirytusów. Praktycznie nieograniczona możliwość doboru surowców roślinnych wchodzących w skład aromatyzującej kompozycji, pozwala otrzymywać napoje spirytusowe o niepowtarzalnych cechach sensorycznych, które mogą znaleźć szerokie uznanie wśród osób ceniących pełny i bogaty aromat surowców roślinnych. Jedynym ograniczeniem są gusta konsumentów.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju przyznanych na podstawie decyzji nr PBS2/B8/9/2013.

Literatura

1. Bernatek A., Dobkowski D., Kuskowski P., Modzelewska A., Sobecki Z., Wiśniewski T., Zdyb M. Rynek napojów alkoholowych w Polsce. Raport KPMG, cz. II, 2014.
2. Cieślak J. Technologia wódek. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1979.
3. Garlicki J. Rynek wódki w Polsce – zachowania klientów. Rynki alkoholowe, 2014, luty, 36-37.
4. Góra J., Lis A. Najcenniejsze olejki eteryczne cz. I. Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2012.
5. Góra J., Lis A. Najcenniejsze olejki eteryczne cz. II. Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2013.
6. Guenther E. The Essentials Oils. D. van Nostrand Co., Toronto, 1953, IV, 213-240.
7. Klimek R. Olejki eteryczne. Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego, Warszawa, 1957, 5-50.
8. Tešević V., Nikićević N., Jovanović A., Djoković D., Vujisić Lj., Vučković I. Volatile components from old plum brandies. Food Technol. Biotechnol., 2005, 43, 367-372.
9. Vican P. Olejki eteryczne- 65 roślin leczniczych. Wydawnictwo KDC, Warszawa, 2010.

METODA PROFILOWANIA SMAKOWITOŚCI JAKO NARZĘDZIE OKREŚLAJĄCE CHARAKTER ZMIAN DESKRYPTORÓW PODCZAS PRZECHOWYWANIA SERÓW CAMEMBERT

Streszczenie

Celem podjętych badań była ocena smakowitości oraz określenie charakteru różnic podczas przechowywania, w kategoriach percepcji sensorycznej, serów pleśniowych typu camembert wytworzonych z mleka krowiego oraz koziego.

Uzyskane wyniki badań wskazują na złożony charakter wrażeń smakowo-zapachowych ocenianych produktów. Widoczna jest różnica w definiowaniu smaku i zapachu w serach otrzymanych z mleka krowiego w porównaniu do produktów w tym samym stadium dojrzałości pozyskanych z mleka koziego. Najbardziej zauważalnymi odczuciami smakowymi w serach pleśniowych pozyskanych z mleka krowiego są nuty: maślana, grzybowa oraz mdła. Natomiast w serach otrzymanych z mleka koziego na pierwszy plan wysunęły się takie nuty smakowe jak: smak kozi, gorzki oraz maślany. Wyniki profilowania wskazują na wzrost intensywności odczucia smaku i zapachu koziego w miarę postępującego dojrzewania serów.

Słowa kluczowe: camembert, mleko krowie, mleko kozie, smakowitość, ocena profilowa.

Wprowadzenie

Sery miękkie z porostem białej pleśni uznawane są przez wielu za najbardziej szlachetne spośród wszystkich gatunków sera. Te aromatyczne i miękkie produkty o naturalnej skórce tworzącej się dzięki białej pleśni cenione są od wieków. Między innymi takie kraje jak: Włochy, Niemcy, Dania, Hiszpania, Wielka Brytania czy też USA poszczycić się mogą bogatą paletą tego typu wyrobów, jednak takiej różnorodności jak we Francji, która jest ojczyzną serów, nie spotkamy w żadnym innym kraju [Robuchon, 1996; Bielefeld, 2002; Ridgwayová, 2004; Chrzczonowicz, 2008; Kirchheim, 2008; Engelmann i Holler, 2009; Harbutt, 2009; Riet, 2013]. Polska niestety nie posiada zbyt bogatej tradycji w produkcji serów camembert z mleka krowiego, a dopiero od kilkunastu lat wzrasta w naszym kraju zainteresowanie przetwórstwem koziego surowca na tego rodzaju produkty [Sikora,

2005; Wszolek, 2005; Ziarno i Truszkowska, 2005; Danków-Kubisz, 2007; Sikora i Kawęcka, 2007].

Sery camembert cenione są przede wszystkim za swój wyjątkowy smak oraz niepowtarzalny aromat. Proces proteolizy i lipolizy jest pierwszym krokiem w tworzeniu specyficznych cech smakowo-zapachowych w tych produktach [Molimard i in., 1997]. Liczne związki składające się na złożony smak i aromat serów z porostem białej pleśni pochodzą głównie z trzech szlaków metabolicznych: katabolizmu laktozy, tłuszczów oraz białek. Powstałe związki to głównie alkohole, ketony, estry, kwasy tłuszczowe, związki siarki i laktony [Kubickova i Grosh, 1998a i 1998b; Molimard i Spinner, 1996; McSweeney i Sousa, 2000; Cabezas i in., 2005; Fekadu i in., 2005]. To dzięki nim w serach camembert możemy doszukać się między innymi charakterystycznych nut grzybowych, ostrych czy maślanych a produkty z mleka koziego zyskują specyficzny smak i aromat tak zwany kozi.

Metodą, za pomocą której można w sposób obiektywny i dokładny zdefiniować poszczególne cechy w produkcie oraz określić jasno między innymi intensywność występowania poszczególnych wrażeń smakowo-zapachowych jest profilowanie sensoryczne a dokładniej profilowanie smakowitości produktu [PN-ISO 6564, 1999; PN-ISO 11035, 1999].

Założeniem tej metody [Cairncross i Sjostrom, 1950] jest stwierdzenie, iż na smakowitość wyrobu składa się szereg składników, czyli pojedynczych nut smakowych i zapachowych, z których znaczną część można przy odpowiednim wyszkoleniu i treningu zespołu oceniającego oddzielnie zanalizować i zidentyfikować oraz określić intensywność ich występowania w danym produkcie.

Profilowanie smakowitości stosowane może być w różnym celu, między innymi do ulepszania i opracowywania nowych produktów czy też w celu określenia konkretnego standardu produkcyjnego. W przeprowadzonych badaniach metoda ta posłużyła jako narzędzie, dzięki któremu możliwe było określenie charakteru zmian jakim uległy określone wyróżniki smakowo-zapachowe podczas procesu przechowywania serów pleśniowych typu camembert.

Cel pracy

Celem podjętych badań była ocena smakowitości oraz określenie charakteru różnic podczas przechowywania – w kategoriach percepcji sensorycznej – serów pleśniowych typu camembert uzyskanych z mleka krowiego oraz koziego.

Material i metody badań

Przedmiotem oceny były sery pleśniowe z porostem białej pleśni (typu camembert) pochodzące ze sprzedaży detalicznej. Ocenie podlegały dwie grupy produktów: uzyskane z mleka krowiego oraz mleka koziego.

Ocena smakowitości analizowanych serów pleśniowych przeprowadzona została w czwartym oraz ostatnim tygodniu przed upływem daty ich przydatności do spożycia. Smakowitość oceniona została metodą profilowania sensorycznego.

Częściowy profil sensoryczny analizowanych produktów opracowany został przez specjalnie do tego przeszkolony zespół. W celu pełnej dyspozycyjności do szkolenia wytypowano dwanaście osób, z których sześć wzięło udział w tworzeniu określonego profilu sensorycznego. Spośród wszystkich uczestników oceny wybrany został lider grupy, który przeprowadził ocenę oraz koordynował pracę całego zespołu w trakcie jej trwania. Członkowie zespołu wyselekcjonowani zostali spośród osób odznaczających się wysoką zdolnością prawidłowego rozpoznawania cech sensorycznych produktów. Każda z przeszkolonych osób sprawdzona została pod kątem daltonizmu smakowo-zapachowego oraz indywidualnych progów wrażliwości sensorycznej.

Podczas trwającego 8 miesięcy szkolenia zespołu oceniających w pierwszej kolejności określono charakter różnic pomiędzy serią podobnych produktów występujących na rynku oraz zidentyfikowano dokładnie wszystkie cechy opisujące te produkty. Następnie lider zespołu odrzucił wstępnie deskryptory, które zawierały w sobie określenia ilościowe, a także wyróżniki o znaczeniu hedonicznym, jak również te nie związane z przedmiotem oceny. W dalszej części szkolenia oceniający utworzyli indywidualne zestawienia częstotliwości wymieniania danego deskryptora oraz jego względnej intensywności (w skali 0-5) co posłużyło do sporządzenia zbiorczego zestawienia. Zobrazowało to charakter ważności poszczególnych wyróżników smakowo-zapachowych dzięki czemu możliwe było dokonanie odpowiedniej ich redukcji. Za poziom, dzięki któremu deskryptor zakwalifikowany został do dalszej oceny uznano $M > 40\%$. Wszystkie wyróżniki, dla których M było większe bądź równe 40% zostały dokładnie zdefiniowane i posłużyły zespołowi do właściwego określania każdego z deskryptorów.

W celu prawidłowego przeprowadzenia profilowania smakowitości, niezbędne było posłużenie się substancjami odniesienia do określenia danych deskryptorów. Oceniający szkoleni byli w rozpoznawaniu danych wrażeń smakowo-zapachowych. Każdy przyswajał odczucia związane z wybranymi wcześniej deskryptorami i oceniał je ilościowo na podstawie produktów odniesienia. Substancje odniesienia skomponowane zostały przez firmę zajmującą się produkcją aromatów. Otrzymane próbki odpowiadające wybranym przez zespół wyróżnikom przygotowywane zostały

(według sugerowanego rozcieńczenia) przed każdą sesją szkoleniową zespołu. Szkolenie trwało do momentu jednoznacznej oceny danych produktów przez wszystkich członków zespołu.

Na każdą z czterech sesji wstępnych wybrano po cztery produkty. Znajdowały się one w różnym stadium dojrzałości tak, aby umożliwić dokładne wyselekcjonowanie oraz scharakteryzowanie poszczególnych deskryptorów je opisujących. W trakcie trwania każdej z sesji wstępnych oprócz serii podobnych produktów ocenianym prezentowane były sery pleśniowe, dla których miał być utworzony częściowy profil sensoryczny.

Ocenianym umożliwiono zachowanie niezbędnej koncentracji przy tworzeniu określeń opisowych dzięki wykorzystaniu indywidualnych stanowisk oceny w specjalistycznej pracowni sensorycznej.

Ocena intensywności konkretnych wrażeń smakowo-zapachowych dokonana została przy użyciu skali 0-9.

Podstawowy skład chemiczny ocenianych serów zaczerpnięty został z informacji umieszczonej na opakowaniu jednostkowym tych produktów.

Wyniki i dyskusja

Analizie poddano dwa typy serów camembert; wyprodukowany z mleka krowiego przez firmę President (w 100 g produktu zawierał: białka – 17 g, węglowodanów – 0,2 g, tłuszczu – 32 g) oraz wytworzony z mleka koziego przez firmę Soigon (w 100 g produktu zawierał: białka – 23 g, węglowodanów – 0,0 g, tłuszczu – 24 g).

Podczas trwania sesji wstępnych w pierwszej kolejności ocenianym listę określeń opisujących wszystkie wrażenia (zarówno wizualne, smakowe oraz zapachowe) wywołane przez oceniane produkty. Podczas dyskusji pod kierunkiem lidera zespołu, wszystkie kojarzące się z produktami określenia zebrane zostały w jednolitą listę pierwotnych deskryptorów (smak: kozi, kwaśny, łagodny, gorzki, ostry, słony, maślany, grzybowy, obcy, słodki, apetyczny oraz aromat: grzybowy, kozi, zwierzęcy, obcy, nieczysty, silny, nieprzyjemny, kwaśny, kremowy, ziołowy i cierpki).

W następnej kolejności lider zespołu dokonał wstępnego wyboru szesnastu deskryptorów wytypowanych przez zespół ocenianym (Tab. 1), a wyeliminował określenia zarówno ilościowe, o znaczeniu hedonicznym, jak i te nie związane z przedmiotem oceny. Odrzucono więc takie określenia jak: apetyczny smak oraz nieczysty, silny, nieprzyjemny, kwaśny czy też cierpki aromat.

Następnie ocenianym zaprezentowane zostały sery pleśniowe z mleka krowiego oraz koziego w różnym stadium ich dojrzałości. Określili oni indywidualnie częstotliwości wymieniania danego deskryptora oraz względnej jego intensywności.

Na tej podstawie sporządzono zbiorcze zestawienie częstotliwości występowania deskryptorów oraz względnej ich intensywności w badanej grupie produktów oraz sklasyfikowano je według ich ważności (Tab. 1).

Pomocne było to w dokonaniu redukcji liczby deskryptorów i spowodowało odrzucenie określeń opisowych takich jak smak: słodki, ostry, obcy oraz aromat: zwierzęcy, obcy i ziołowy. Pozostałym deskryptorom przypisano kolejne numery porządkowe oraz zdefiniowano je w taki sposób, aby były zrozumiałe dla wszystkich oceniających.

Tabela 1. Klasyfikacja deskryptorów według ich ważności (z uwzględnieniem średniej geometrycznej)

Deskryptor	Parametr					Klasyfikacja deskryptorów
	Liczba wymieniń	Suma podanych intensywności	F ^{a)} [%]	I ^{b)} [%]	M ^{c)} [%]	
D 1- smak kozi	12	47	50,0	39,2	44,3	8
D 2- smak kwaśny	23	37	95,8	30,8	54,4	5
D 3- smak gorzki	16	32	66,7	26,7	42,2	9
D 4- smak mdły	24	32	100,0	26,7	51,6	6
D 5- smak słony	24	29	100,0	24,2	49,2	7
D 6- smak maślany	24	73	100,0	60,8	78,0	1
D 7- smak grzybowy	24	66	100,0	55,0	74,2	2
D 8- smak obcy	12	14	50,0	11,7	24,2	12
D 9- smak słodki	0	0	0,0	0,0	0,0	16
D 10- smak ostry	5	13	20,8	10,8	15,0	14
D 11- aromat grzybowy	24	43	100,0	35,8	59,9	3
D 12- aromat kozi	12	42	50,0	35,0	41,8	10
D 13- aromat zwierzęcy	10	13	41,7	10,8	21,2	13
D 14- aromat obcy	5	8	20,8	6,7	11,8	15
D 15- aromat kremowy	23	41	95,8	34,2	57,2	4
D 16- aromat ziołowy	11	17	45,8	14,2	25,5	11

^{a)} F – stosunek sumy wymieniń danego deskryptora do ogólnej liczby możliwych wymieniń

^{b)} I – stosunek sumy podanych intensywności danego deskryptora do liczby maksymalnej intensywności dla danego deskryptora

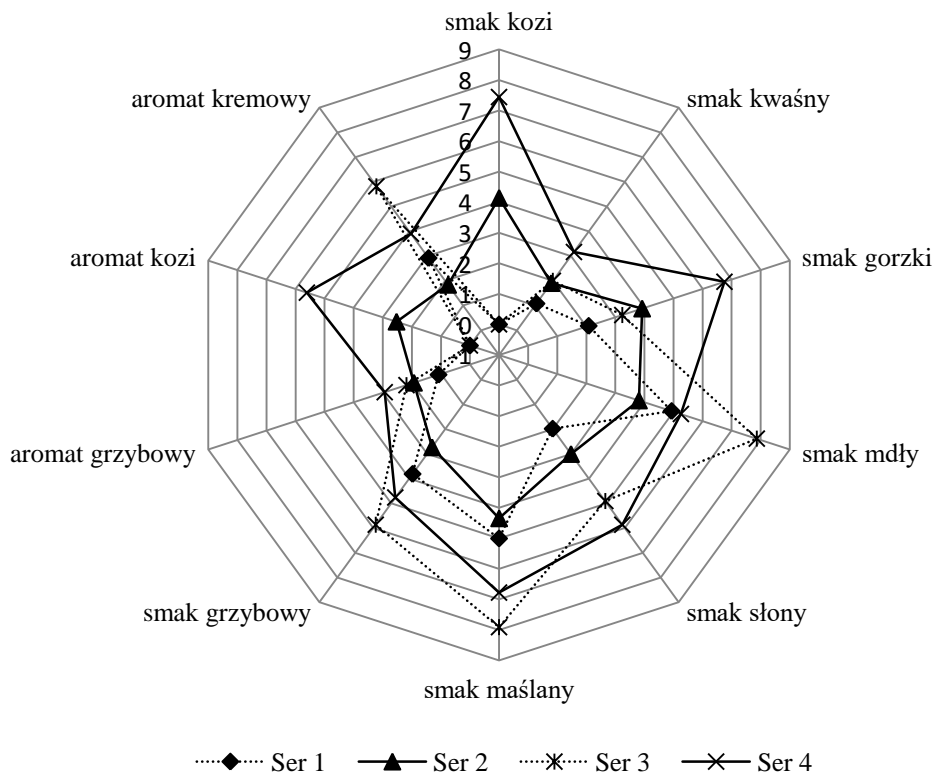
^{c)} M – średnia geometryczna dla każdego deskryptora liczona wg $M = \sqrt{F \times I}$

Zespół w czasie szkolenia korzystał z substancji odniesienia. Dzięki temu oceniający zdobyli umiejętność wyodrębnienia z całego złożonego wrażenia sensorycznego konkretnego bodźca, kojarzącego się z danym deskryptorem.

Tak wyszkolony panel oceniający posłużył dalej jako instrument pomiarowy do ustalenia profilu smakowitości serów pleśniowych z porostem białej pleśni.

Wyniki badań wskazują na złożony charakter wrażeń smakowo-zapachowych w ocenianych produktach. Rysunek 1 ukazuje różnicę w definiowaniu smaku

i zapachu w serach pleśniowych otrzymanych z mleka krowiego w porównaniu do produktów w tym samym stadium dojrzałości pozyskanych z mleka koziego.



- Ser 1 - ser uzyskany z mleka krowiego (ocena w 4 tygodniu przed upłynięciem daty ważności)
- Ser 2 - ser uzyskany z mleka koziego (ocena w 4 tygodniu przed upłynięciem daty ważności)
- Ser 3 - ser uzyskany z mleka krowiego (ocena w ostatnim tygodniu przed upłynięciem daty ważności)
- Ser 4 - ser uzyskany z mleka koziego (ocena w ostatnim tygodniu przed upłynięciem daty ważności)

Rysunek 1. Zbiórce zestawienie profili smakowitości serów pleśniowych typu camembert uzyskanych z mleka krowiego oraz koziego (ocenionych w różnym stadium ich dojrzałości)

Jak można zaobserwować na wykresie, najbardziej uwidaczniającymi się nutami smakowymi w serach pleśniowych wytworzonych z mleka krowiego są nuty: maślany, grzybowy oraz mdły. Zdaniem Buffy i in. [2001] wyraźny smak grzybowy z lekkim posmakiem drożdżowym związany jest z rozwojem białej pleśni *Penicillium*. Dla serów z mleka krowiego ocenionych w czwartym tygodniu przed upłynięciem terminu przydatności do spożycia średnia wartość oceny intensywności nuty grzybowej równa była 3,81 w skali od 0 do 9. W kolejnej ocenie po upływie czterech tygodni wartość ta wzrosła do poziomu 5,86. Wynika to z intensywnego

rozwoju białej pleśni podczas procesu przechowywania serów typu camembert. Taka sama zależność zaobserwowana została w profilowaniu smakowitości serów z mleka koziego. Również w miarę postępującego procesu dojrzewania smak grzybowy stawał się bardziej wyczuwalny. Średnia ocen w czwartym tygodniu przed upłynięciem terminu przydatności do spożycia wynosiła dla serów kozich 2,73 natomiast w ostatnim, ósmym tygodniu przydatności do spożycia tych produktów wzrosła do poziomu 4,77.

Zdaniem Kubickovej i Grosch'a [1998 a] za nutę maślaną w serach typu camembert odpowiada tworzący się podczas przemian laktozy i metabolizmu cytrynianów diacetyl. Produkcja tego diketonu możliwa jest głównie dzięki aktywności bakterii kwasu mlekowego, szczególnie *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetilactis* i *Leuconostoc* ssp. [Welsh i in., 1989]. Curioni i Bosset [2002] są zdania, iż diacetyl odpowiada za tworzenie kluczowego orzechowo-maślanego aromatu. Wyniki profilowania smakowitości wskazują na fakt, iż aromat kremowy, na który składa się nuta maślana z lekką nutą mleczną osiągnął najwyższą średnią ocenę intensywności spośród wszystkich aromatów. Okres przechowywania również miał tu wpływ na wzmocnienie nuty maślanej. Najmniej wyczuwalna była ona w serze pozyskanym z mleka koziego ocenionym cztery tygodnie przed upływem terminu przydatności do spożycia (1,84), a najbardziej wyczuwalna okazała się w dojrzałym serze z mleka krowiego (5,82).

W serach camembert otrzymanych z mleka koziego na pierwszy plan wysunęły się takie nuty smakowe jak smak kozi, gorzki oraz maślany, natomiast najważniejszą rolę w tworzeniu kluczowego aromatu przypisano koziej nucie zapachowej.

Według Szołtysek [1995] za uwidaczniającą się w serach swoistą goryczkę odpowiedzialna jest zbyt intensywnie posunięta proteoliza, która ma miejsce wtedy, gdy w procesie wytwarzania serów camembert zastosowany jest zbyt duży dodatek proteinaz grzybowych. Mogło to niewątpliwie być przyczyną bardzo intensywnego w porównaniu do reszty ocenianych produktów smaku gorzkiego – ocenionego na poziomie 6,75. Pozostałe wartości dla tego smaku oscyływały poniżej 4 punktów w skali 0-9.

Zdaniem Rahmat'a i Richter'a [1996] oraz Le Quere i in. [1998] za tworzenie specyficznego aromatu koziego w serze odpowiedzialne są po części kwasy tłuszczowe takie jak kapronowy, kaprylowy oraz kaprynowy. Dodatkowo również niektóre wolne kwasy tłuszczowe przyczyniają się do tworzenia specyficznego koziego smaku sera, między innymi krótkołańcuchowy kwas masłowy. Wyniki profilowania wskazują na wzrost intensywności odczucia smaku i zapachu koziego w miarę postępującego dojrzewania w serach. Średnia wartość oceny w czwartym

tygodniu wynosiła 4,14 natomiast po upływie kolejnych czterech tygodni wzrosła ona do poziomu 7,44.

Zaskakującym jest fakt, iż podczas dojrzewania serów zarówno z mleka koziego jak i krowiego wzrósł poziom odczuwalnego smaku kwaśnego. Nie potwierdza się to w wynikach badań Chrzanowskiej i in. [1992]. Ich zdaniem kwasowość serów miękkich początkowo ulega podwyższeniu a następnie obniża się. Jest to niewątpliwie związane z przemianą najważniejszych składników występujących w serze. W przeprowadzonym profilowaniu smakowitości wartości średnie w serach otrzymanych z mleka krowiego wzrastały w czasie postępującego dojrzewania z wartości 1,08 do 2,00 natomiast w serach kozich z wartości 1,91 do 3,17.

Wyróżniki smakowo-zapachowe w serach camembert uzyskanych z mleka krowiego i koziego w czasie postępującego procesu dojrzewania ulegały intensyfikacji. Jak podaje Chrzczonowicz [2008] podczas przechowywania cechy smakowo-zapachowe w serach camembert stają się bardziej wyraziste, pojawia się nawet nuta pikantności.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Profilowanie smakowitości umożliwia określenie zarówno kierunku, jak i dynamiki zmian wybranych deskryptorów podczas przechowywania serów camembert.
2. Stwierdzono różnice w definiowaniu smaku i zapachu serów otrzymanych z mleka krowiego w porównaniu do serów z mleka koziego i to niezależnie od stadium dojrzałości.
3. W serach wytworzonych z mleka krowiego dominował smak maślany, grzybowy i mdły. Natomiast w serach z mleka koziego na pierwszy plan wysunęły się smaki: kozi, gorzki oraz maślany.
4. Najmniejsze zróżnicowanie stwierdzono w ocenie aromatu grzybowego, niezależnie od surowca z jakiego wyprodukowano ser.

Literatura

1. Bielefeld J. G., Sery – przewodnik dla smakoszy. Wyd. Muza S.A., Warszawa 2002.
2. Buffa M., Buenaventura G., Pavia M., Trujillo A.J. Lipolysis In cheese made from Raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal*, 2001, 11, 175-179.
3. Cabezas L., Poveda J.M., Sanchez M., Palop M.L. Physico-chemical and sensory characteristics of Spanish goat cheeses. *Milchwissenschaft*, 2005, 60, 48-51.
4. Cairncross S.E., Sjöstrom L.B. Flavor profiles – a new approach to flavor problems. *Food Technology*, 1950, 4, 308-311.

5. Chrzanowska J., Kołaczowska M., Lewandowska M., Pietrasik Z. Podatność białek mleka na działanie aspartylowej proteiny z *Penicillium camemberti*. XXIII Sesja Nauk. KChiTŻ. PAN Poznań, 1992, 127-130.
6. Chrzczonowicz S. Sery kozie. Wino, 2008, 34, 12-14.
7. Curioni P.M.G., Bosset J.O. Key odorants in various cheese types as determinate by gas chromatography – olfactometry. International Dairy Journal, 2002, 12, 959-984.
8. Danków-Kubisz R. Nowoczesne metody przetwarzania mleka koziego. Wiadomości Zootechniczne, 2007, R. XLV, 1-2, 15-21.
9. Engelmann B., Holler P. Gourmet's Guide Cheese. Tandem Verlag GmbH. Königswinter 2009.
10. Fekadu B., Soryal K., Zeng S., Van Hekken D., Bah B., Villalquiran M. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. Small Ruminant Research, 2005, 59, 55-63.
11. Harbutt J. World Cheese Book. Dorling Kindersley. London 2009.
12. Kirchheim L., Sery dla smakoszy. Świat Książki. Warszawa 2008.
13. Kubickova J., Grosch W. Evaluation of Flavour Compounds of Camembert Cheese. International Dairy Journal, 1998 a, 8, 11-16.
14. Kubickova J., Grosch W. Quantification of potent odorants in Camembert cheese and calculation of their odour activity values. International Dairy Journal, 1998 b, 8, 17-23.
15. Le Quere J.L., Pierre A., Riaublanc A., Demaizie'eres D., Characterization of aroma compounds in the volatile fraction of soft goat cheese during ripening. Lait, 1998, 78, 279-290.
16. McSweeney P.L.H, Sousa M.J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: a review. Lait, 2000, 80, 293-324.
17. Molimard P., Lesschaeve I., Issanchou S., Brousse M., Spinnler H.E. Effect of the association of surface flora on the sensory properties of mould-ripened cheese. Lait, 1997, 77, 181.
18. Molimard P., Spinnler H.E. Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. Journal of Dairy Science, 1996, 79, 169-184.
19. PN ISO 6564:1999. Analiza sensoryczna – Metodologia – Metody profilowania smakowości.
20. PN ISO 11035:1999. Analiza sensoryczna – Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalania profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych.
21. Rahmat A., Richter R. Formation of volatile free fatty acids during ripening of Cheddar-like goat cheese. Journal of Dairy Science, 1996, 79, 717-724.
22. Ridgwayová J., Syry. Sprievodca labužníka. Fortuna Print. Bratislava 2004.
23. Riet van J. Cheeseasily – a practical guide for cheesemakers and cheese lovers. Drukkerij Deltahage. Den Haag 2013.
24. Robuchon J. French Cheeses. Dorling Kindersley. London 1996.
25. Sikora J. Aktualny stan hodowli kóz w Polsce. Wiadomości Zootechniczne, 2005, R.XLIII, 4, 3-10.
26. Sikora J., Kawęcka A. Mleko i ser kozi z regionu Podkarpacia. Zeszyty Naukowe PTG w Rzeszowie, 2009, Zeszyt 11, 231-235.
27. Szołtysek K. Zastosowanie preparatu enzymatycznego *Penicillium roqueforti* w produkcji serów podpuszczkowych dojrzewających. Przegląd Mleczarski, 1995, 08, 210-213.
28. Welsh F.W., Murray W.D., Williams R.E. Microbiological and enzymatic production of flavor and fragrance chemicals. Critical Reviews in Biotechnology, 1989, 9, 105-169.
29. Wszolek M. Zagospodarowanie mleka koziego. Wiadomości Zootechniczne, 2005, R.XLIII, 4, 35-40.
30. Ziarno M., Truszkowska K. Właściwości mleka koziego i jego przetworów. Przegląd Mleczarski, 2005, 03, 4-8.

IWONA DROŹDŹ, MAŁGORZATA MAKAREWICZ,
SYLWIA MICHNA, EWELINA BOGDAN

*Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej,
Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kollątaja w Krakowie*

WYKORZYSTANIE METOD PCR I RAPD-PCR W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

Streszczenie

Nowoczesne techniki biologii molekularnej coraz częściej wykorzystywane są do diagnostyki w przemyśle spożywczym. Celem badań była ocena możliwości zastosowania metod PCR i RAPD-PCR do szybkiej identyfikacji bakterii w wybranych obszarach przemysłu spożywczego, to jest oceny czystości mikrobiologicznej kultur bakteryjnych wykorzystywanych do celów biotechnologicznych oraz identyfikacji bakterii z produktów pszczelich. Uzyskane wyniki wskazują, że za pomocą PCR możliwa jest ocena czystości mikrobiologicznej badanych drobnoustrojów oraz ich identyfikacja do gatunku. Dzięki RAPD z wykorzystaniem starterów M13 i/lub D8635 możliwa była dalsza, dokładniejsza identyfikacja badanych bakterii, wyznaczenie różnic lub podobieństw między nimi oraz wyznaczenie pokrewieństwa filogenetycznego za pomocą analizy polimorfizmów. Obie metody uzupełniają się wzajemnie i mogą być wykorzystane do badania czystości i identyfikacji drobnoustrojów w żywności.

Wprowadzenie

Istnieje wiele metod służących wykrywaniu oraz identyfikacji mikroorganizmów występujących w żywności. Z jednej strony mikroorganizmy w żywności stanowią mogą zanieczyszczenia lub być patogenami człowieka, z drugiej mogą stanowić źródła nowych szczepów do procesów biotechnologicznych. Metody izolacji i identyfikacji drobnoustrojów możemy podzielić na klasyczne, obejmujące analizę cech fenotypowych, oraz molekularne, które analizują cechy genotypowe. Molekularne metody są bardziej dokładne, szybsze, wymagają mniejszych nakładów pracy.

Podstawową techniką jest metoda oparta na reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) z gatunkowo specyficznymi starterami [Schmidt i Olejnik-Schmidt, 2010]. PCR od razu stała się podstawą do tworzenia nowych form analizy i rekombinowania materiału genetycznego [Harwood i Wipat, 2011]. Metoda opiera się na detekcji fragmentów DNA charakterystycznych dla danych genów lub też innych regionów DNA specyficznych dla gatunku lub szczepu drobnoustrojów, np. 16S rRNA dla bakterii. W reakcji PCR amplifikowane są fragmenty DNA o wielkości od 0,2 do 40 kpz. Reakcja amplifikacji jest cykliczna, dlatego stężenie materiału genetycznego zostaje podwojone w każdym cyklu, a ilość DNA rośnie wykładniczo. Startery reakcji PCR są krótkimi, nukleotydowymi cząsteczkami DNA o sekwencji komplementarnej do sekwencji

bramkujących powielany fragment genomu. Reakcja PCR przebiega w jednej probówce [Harwood i Wipat, 2011]. W skład mieszaniny reakcyjnej wchodzi: matryca DNA, termostabilna polimeraza, para starterów (primerów), trifosforany deoksyrybonukleozydów (dATP, dTTP, dGTP, dCTP) oraz bufor i jony Mg^{2+} . Termostabilna polimeraza *Taq* wyizolowana z bakterii *Thermus aquaticus* daje możliwość przeprowadzenia reakcji bez otwierania probówki [Kondak 2009]. Niestety, enzym ten wykazuje aktywność egzonukleazy 3'→5', co skutkować może stosunkowo dużą ilością błędów podczas przyłączania nukleotydu [Harwood i Wipat, 2011]. Istotą procesu PCR jest płynne przechodzenie i utrzymywanie odpowiednich temperatur potrzebnych na różnych etapach reakcji, co umożliwia termocykler. Proces przebiega w kilkudziesięciu cyklach (30-40), z których każdy obejmuje kolejno etapy denaturacji DNA (90-95°C), przyłączania starterów (45-50°C) oraz wydłużania DNA (ok. 72°C) [Palka, 2007]. Istotnym parametrem primerów jest długość i zawartość G+C, ponieważ mają wpływ na to, w jakiej temperaturze nastąpi przyłączenie starterów do matrycy DNA [Harwood i Wipat, 2011]. W celu wizualizacji produktów reakcji, amplifikowany materiał jest rozdzielany w żelach agarozowych w procesie elektroforezy.

Początkowo PCR był wykorzystywany w diagnostyce medycznej oraz w badaniach naukowych, ale obecnie coraz częściej wykorzystywany jest w różnych gałęziach przemysłu spożywczego. Stosowany jest do wykrywania bakterii, grzybów oraz wirusów w badanych próbkach, a także do wykrycia genów, które kodują toksyny bakteryjne [Palka, 2007].

Odmianą metody PCR jest RAPD (*random amplification of polymorphic DNA*), która polega na losowej amplifikacji polimorficznych fragmentów DNA. Technika pozwala na odróżnienie drobnoustrojów blisko spokrewnionych, należących do tego samego szczepu lub gatunku [Olejniki-Schmidt i in., 2009]. W odróżnieniu od PCR, wykorzystuje się w niej nie dwa, ale jeden arbitralnie zaprogramowany dowolny starter, którego długość wynosi od kilku do kilkunastu nukleotydu. Primer powinien zawierać 50-80% guaniny i cytozyny. Dany starter inicjuje elongację obu nici powielanego fragmentu DNA. Wiąże się on z komplementarnymi powtórzeniami, które rozproszone są w całym genomie. Aby zapewnić stabilne wydłużanie starterów w reakcji RAPD, etap wiązania oligonukleotydu przeprowadza się w dosyć niskiej temperaturze, około 35°C. Rozdział elektroforetyczny produktów amplifikacji ukazuje dużą zmienność w obrębie gatunku. Dzięki temu dany organizm może posiadać swój własny genetyczny „podpis”, tzw. *DNA fingerprint*. Polimorfizm wynika ze zmian w sekwencji nukleotydu między obszarem przyłączenia startera do matrycy oraz z liczby miejsc wiązania startera. Skutkiem tego jest brak lub utworzenie nowego prążka [Wolko i in., 2008].

Dzięki metodzie RAPD możliwe jest wyznaczenie zmienności genetycznych pomiędzy organizmami. Technika ta jest mniej czasochłonna w porównaniu do metod

klasycznych. Nie jest jednak pozbawiona wad. Przy użyciu tej techniki nie można rozróżnić homozygot dominujących od heterozygot, gdyż na efektywność amplifikacji nie ma wpływu podwojenie kopii matrycy. Kolejną wadą jest niska powtarzalność otrzymywanych wyników przy zmianie warunków amplifikacji [Wolko i in., 2008].

Pomimo wad, metoda RAPD jest jedną z szybszych oraz niezawodnych technik wykorzystywanych w diagnostyce drobnoustrojów w przemyśle spożywczym oraz w badaniach klinicznych i naukowych. Zwykle wykorzystuje się dwie metody molekularne, np. PCR i RAPD, w celu dokładniejszej identyfikacji. Metody molekularne stosowane są w przemyśle spożywczym w rutynowej kontroli jakości produktów spożywczych, do szybkiego badania zakażeń mikrobiologicznych, patogenów, do sprawdzania jakości czystych kultur wykorzystywanych do procesów biotechnologicznych. Ponadto, wykorzystuje się je do identyfikacji nowych drobnoustrojów, które mogłyby być potencjalnie stosowane w różnych procesach technologicznych w celu poprawy cech organoleptycznych czy pozyskania nowych szczepów o konkretnych właściwościach, np. odkwaszających, wytwarzających probiotyki itp. [Johannes, 2010; Sip i in., 2011; Jaroszewska i Misiewicz, 2012; Jitjaroen i in., 2013]. Aby możliwa była szybka i dokładna identyfikacja drobnoustrojów tworzone się bazy danych, w których umieszcza się wzory molekularne uzyskane różnymi metodami. Przykładowo taką bazę wykonano dla ponad 1000 bakterii kwasu mlekowego (m.in. *Lactobacillus casei*, *Lb. paracasei*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. fermentum*, *Lb. brevis*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis*, *Streptococcus thermophilus* oraz *Lactococcus lactis*) wyizolowanych z produktów mlecznych, za pomocą RAPD z użyciem startera M13 [Rossetti i Giraffa, 2005]. W innych badaniach tworzone bazy dla kilku blisko spokrewnionych gatunków bakterii (*Lb. plantarum*, *Lb. paraplantarum*, *Lb. pentosus*) metodą RAPD dla kilku różnych starterów np. M13, M14, Coc, BF2, Lp1 i innych [Torriani i in., 2001].

W związku z powyższym, celem pracy była ocena możliwości zastosowania metod PCR i RAPD-PCR do szybkiej identyfikacji bakterii w wybranych obszarach przemysłu spożywczego, tj. do badania czystości mikrobiologicznej kultur bakteryjnych wykorzystywanych do celów biotechnologicznych oraz identyfikacja bakterii mlekowych z produktów pszczelich.

Materialy i metody

Do doświadczenia 1. wykorzystano czyste kultury bakterii (*Pseudomonas putida* 291, *Bacillus subtilis* 10, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus* 20030) oraz czystą kulturę *Bacillus sp.* wyizolowaną z cukru. Wszystkie szczepy pochodziły z kolekcji kultur bakterii z Katedry Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej Uniwersytetu

Rolniczego w Krakowie. Drobnoustroje posiano na agar odżywczy i hodowano 24 godziny w 32°C lub 37°C.

Do doświadczenia 2 użyto komercyjnych szczepów bakterii kwasu mlekowego (LAB): *Lb. bulgaricus*, *Str. thermophilus*, *Lb. acidophilus* (LA5) oraz Probat 505 (*Lc. lactis* spp. *lactis/cremoris/lactis* biovar. *diacetylolactis* i *Leuconostoc mesenteroides* spp. *cremoris*). Kultury starterowe były zliofilizowane i wykorzystane do fermentacji mlekowej moszczów jabłkowych. Ponieważ wyniki fermentacji mlekowej były niezadowalające, w niniejszej pracy zbadano ich czystość mikrobiologiczną. Jako szczepu wzorcowego użyto *Lb. brevis*, który również jest wykorzystywany, jako kultura starterowa. Szczep pochodził z kolekcji czystych kultur KTFiMT UR.

W doświadczeniu 3 izolowano LAB z produktów pszczelich: pierzga pochodzących z różnych terenów Polski (pierzga I z województwa podlaskiego, pierzga II z małopolskiego, pierzga III z lubelskiego) oraz pyłku pszczelego (kujawsko-pomorskie). Produkty pszczele inkubowano w 0,85% NaCl w rozcieńczeniach 10^{-1} i 10^{-2} w 32°C i 45°C przez 5 dni. Zawiesiny produktów pszczelich wysiewano co 24 godz. począwszy od pierwszej doby na podłoże de Man, Rogosa, Sharpe (MRS, Biocorp) w dwóch powtórzeniach dla każdego rozcieńczenia i każdej temperatury i hodowano w warunkach beztlenowych. Do podłoża MRS dodano nystatyny (100 mg/l; Pliva Kraków) oraz cykloheksymidu (100 mg/l; Merck) w celu zahamowania wzrostu pleśni oraz drożdży.

Wstępna analiza wszystkich bakterii obejmowała ocenę makroskopową, barwienie Grama oraz test na obecność katalazy. Do analiz molekularnych bakterie posiano na podłoża płynne: bulion (Biocorp) dla bakterii oraz MRS Broth (Biocorp) dla LAB, po czym hodowano w warunkach opisanych wyżej dla poszczególnych grup bakterii, przez 48 godzin.

Izolację genomowego DNA bakterii wykonano za pomocą zestawu Genomic Mini AX BACTERIA (A&A Biotechnology), a bakterii kwasu mlekowego za pomocą zestawu dla bakterii Gram-dodatnich Genomic Mini AX BACTERIA SPIN (A&A Biotechnology), według protokołów załączonych przez producenta.

Procedura klasycznego PCR obejmowała amplifikację genomowego DNA badanych bakterii w termocyklerze (MultiGene Mini, Labnet Inter.). Mieszanina reakcyjna zawierała: wodę wolną od nukleaz (EUR_x), OneTaq[®] Standard Reaction Buffer (5×) (BioLabs), dNTP Mix (GeneDireX[®]), polimerazę OneTaq[®] DNA Polymerase (BioLabs) oraz parę starterów LPW57 (5'-AGTTTGATCCTGGCTCAG-3') i LPW205 (5'-CTTGTTACGACTTCACCC-3') (Genomed) [Sagdic i in., 2014]. Amplifikację prowadzono zgodnie z parametrami: początkowa denaturacja w 94°C przez 1 min, 30 cykli obejmujących denaturację (95°C, 30 s), przyłączanie (55,5°C, 1 min), wydłużanie (68°C, 3 min) oraz wydłużanie końcowe w 68°C przez 5 min.

Amplifikację wyizolowanego materiału genetycznego badanych bakterii metodą RAPD wykonano w termocyklerze (MultiGene Mini, Labnet Inter.). Mieszanina reakcyjna: wodę nuclease-free (EUR_x), OneTaq[®] Standard Reaction Buffer (5×) (BioLabs), dNTP Mix (GeneDireX[®]), polimerazę OneTaq[®] DNA Polymerase (BioLabs) oraz starter M13 (5'-GAGGGTGGCGTTCT-3') lub D8635 (5'-GAGCGCCAAAGGGAGCAGAC-3') (Genomed) [Testa i in., 2014]. Parametry amplifikacji dla obu starterów były takie same: początkowa denaturacja w 95°C, 5 min, 35 cykli obejmujących denaturację (95°C, 1 min), przyłączenie (36°C, 1 min) i wydłużanie (68°C, 1 min) oraz wydłużanie końcowe w 68°C, 1 min.

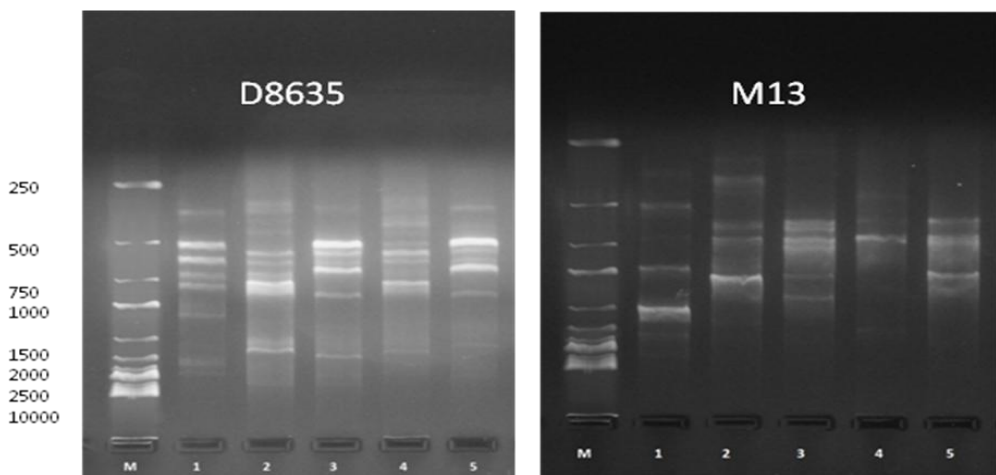
Rozdział elektroforetyczny w celu wizualizacji otrzymanych produktów amplifikacji po PCR i RAPD wszystkich bakterii prowadzono w 2% żelach agarozowych (Bioshop) z dodatkiem bromku etydyny (10 µl/100 ml, Sigma) za pomocą zestawu (Labnet Inter.) z zasilaczem BioRad Power Pac Basic. Rozdział elektroforetyczny przeprowadzono w buforze 1×TAE (Bioshop) przez 70 min przy natężeniu 100 V. Wyniki rozdziału elektroforetycznego odczytano na transiluminatorze z System Archiwizacji i Dokumentacji Żeli (Argus Biostep X1). Analizę wielkości mas otrzymanych prążków wykonano w odniesieniu do markerów mas: Marker Perfect[™] 100-1000 bp DNA Ladder (EUR_x) oraz 1 Kb DNA Ladder RTU (GeneDireX).

Analizę prążków uzyskanych w obrazach elektroforetycznych dla obu markerów w RAPD-PCR rozpoczęto od oszacowania obecności lub braku prążków, które traktowano jako pojedynczą cechę (obecność prążka – wartość 1, brak prążka – 0). Podobieństwo genetyczne (SI – similarity index) pomiędzy parami badanych genotypów szacowano zgodnie z formułą Pearsona [Palomino i in., 2015]. Konstrukcję dendrogramu wykonano za pomocą metody średnich połączeń (unweighted pair group method with arithmetic average, UPGMA) za pomocą programu DendroUPGMA: A dendrogram construction utility [Garcia-Vallve i in., 1999].

Wyniki i dyskusja

W doświadczeniu 1. metody klasyczna i PCR pozwoliły na ustalenie, że analizowane kultury są czystymi monokulturami. Obserwowano po jednym produkcie amplifikacji dla każdej bakterii. Natomiast w badaniach RAPD z użyciem dwóch różnych starterów D8635 i M13 otrzymano charakterystyczne układy prążków dla każdej bakterii, różniące się wielkością (Rys. 1), które stanowią tzw. odcisk palca „fingerprint” bakterii. Produkty obu markerów dla tych samych bakterii są różne, co wskazuje, że sekwencje homologicznych do konkretnych primerów może być mniej lub więcej na obu niciach amplifikowanego DNA w zależności od użytego startera i gatunku bakterii [Cebeci i Candan Gürakan, 2011]. Stosowanie kilku różnych starterów gwarantuje wykazanie różnic lub podobieństw pomiędzy gatunkami

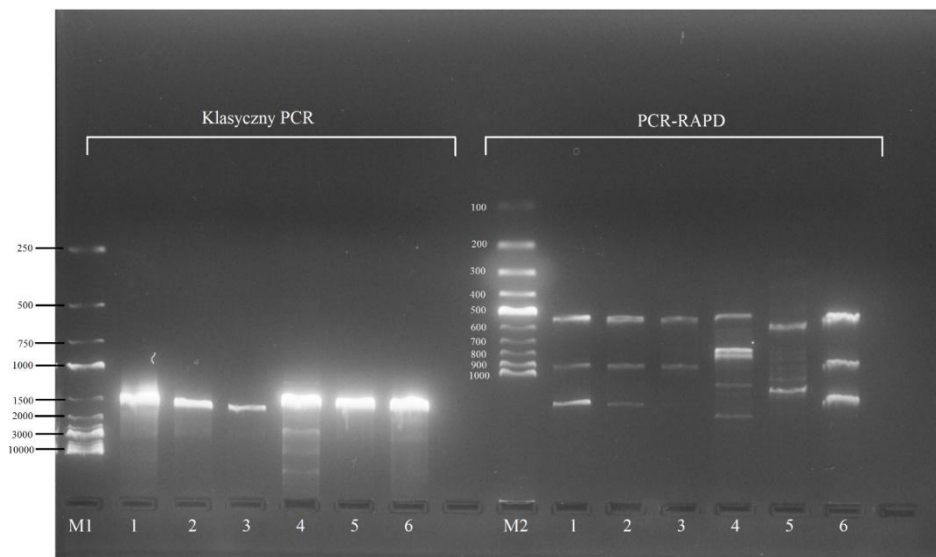
i szczepami. Ocena polimorfizmu 5 genotypów nie jest zasadna, ponieważ mamy do czynienia z różnymi gatunkami. Jednak na uwagę zasługuje analiza prążków dla *Bacillus subtilis* i *Bacillus* wyizolowanego z cukru. Badania klasyczne i PCR wskazują, że są to czyste kultury, ale analiza RAPD z markerem D8635 i M13 wskazuje na bardzo duże podobieństwo filogenetyczne. Jest to ten sam gatunek, ale różne szczepy *B. subtilis*. Ponieważ nie jest możliwe wykonanie analizy filogenetycznej tylko dla dwóch bakterii w programie UPGMA, dlatego przeanalizowano liczbę i wielkość prążków. Po amplifikacji z markerem D8635 dla *B. subtilis* otrzymano 9 prążków o wielkości od 350 do 3000 pz. Dla *Bacillus* z cukru również uzyskano 9 prążków (350-2500 pz). Polimorfizm dotyczy obecności lub braku 4 produktów amplifikacji. W przypadku zastosowania startera M13, otrzymano 6 produktów amplifikacji dla *B. subtilis* i 5 dla *Bacillus* z cukru. W tym przypadku genomy różniły się tylko jednym produktem amplifikacji. Całkowita liczba produktów amplifikacji uzyskanych dla tych dwóch starterów wynosiła 29, z czego 24 były to produkty polimorficzne.



Rysunek 1. Obraz elektroforetyczny produktów RAPD ze starterami D8635 i M13. M – marker 1Kb (0,25-10 kpz), 1 – *P. putida*, 2 – *E. coli*, 3 – *B. subtilis*, 4 – *M. luteus*, 5 – *Bacillus* z cukru

W doświadczeniu 2 hodowle komórkowe zostały zanieczyszczone przez bakterie przetrwalnikujące. Jest to dość powszechny problem, który wskazuje, że analizy oparte na cechach fenotypowych nie są skuteczne i mogą łatwo ulec wtórnym zakażeniom. Dlatego do badań molekularnych, materiał mikrobiologiczny pobrano z prób rozbankowanych LAB po fermentacji. W metodzie PCR, jeden prążek wskazuje, że analizowane bakterie są czystą kulturą. Na podstawie elektroforegramu (Rys. 2) można zauważyć, że tylko *Lb. brevis*, *Lb. acidophilus* LA5 i *Str. bulgaricus* są czystymi kulturami. W przypadku szczepionki Probat 505 (ścieżka 1 i 4), która składa się z dwóch

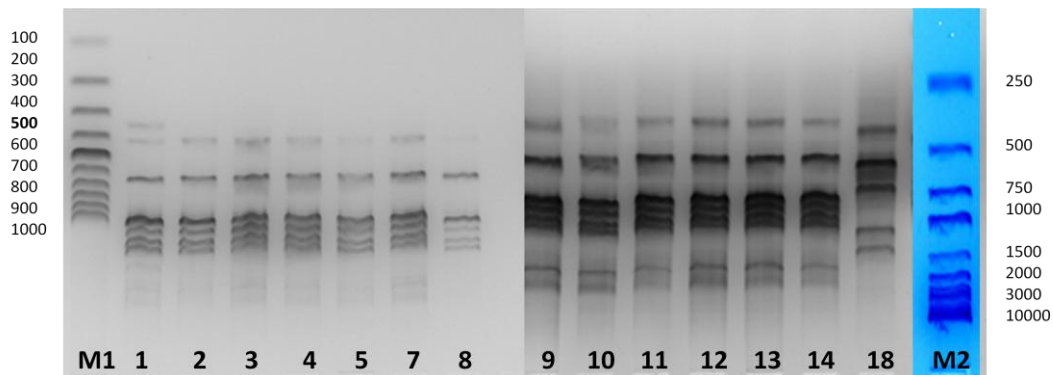
szczerpów (*Lc. lactis* i *L. mesenteroides*) powinny być obserwowane dwa prążki. Ponieważ szczepionkę użyto do odkwaszania dwóch różnych próbek, dlatego i bakterie przebadano z dwóch prób. Wyniki wskazują, że Probat z drugiej próby był bardziej zanieczyszczony obcą mikroflorą. Podobnie, klasyczny PCR, wykazał na zanieczyszczenie szczepionki *Lb. bulgaricus* (ścieżka 6). Analiza RAPD-PCR z starterem M13 (Rys. 2) wskazuje, że *Lb. acidophilus* oraz *Str. thermophilus* są czystymi kulturami (ścieżka 3 i 5), Probat 2 i *Lb. bulgaricus* ze względu na charakterystyczny układ prążków, zanieczyszczone zostały przez *Lb. brevis* (ścieżki 1, 6 i 2). Probat 2 (ścieżka 4) jest mieszaniną kilku szczepów, ale z uwagi na brak prążków charakterystycznych dla *Lb. brevis* (wzorzec), nie jest przez niego zanieczyszczony. Jednak w celu potwierdzenia powyższych wyników niezbędna byłaby analiza RAPD w wykorzystaniem dodatkowych starterów, dla których produkty amplifikacji dałyby charakterystyczne wzory prążków. Rezultaty analiz PCR i RAPD sugerują, że do zanieczyszczenia bakteriami przetrwalnikującymi mogło dojść na etapie fermentacji mlekowej lub w badaniach klasycznych.



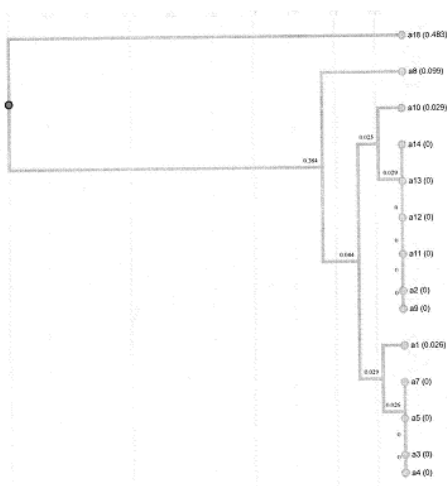
Rysunek 2. Produkty amplifikacji szczepów starterowych LAB po PCR i RAPD z starterem M13. M1 – marker 0,25-10 kpz, 1 – Probat 1, 2 – *Lb. brevis*, 3 – *Lb. acidophilus*, 4 – Probat 2, 5 – *Str. thermophilus*, 6 – *Lb. bulgaricus*, M2 – marker 0,1-1 kpz

Do doświadczenia 3 wybrano 14 bakterii o kształcie laseczek, Gram-dodatnich i katalazo-ujemnych. Analiza PCR wykazała, że bakterie należą do gatunku *Lb. brevis*, a jeden do rodzaju *Bacillus* [Guarneri i in., 2001; Rossetti i Giraffa, 2005]. Natomiast RAPD wskazał na różnice pomiędzy poszczególnymi szczepami (Rys. 3). Całkowita liczba produktów amplifikacji dla startera M13 wynosiła 16, z czego 9 były to produkty

polimorficzne. Liczba produktów generowanych przez starter wynosiła od 5 do 10, a rozmiary uzyskanych prążków od 350 do 2 800 par zasad. Na podstawie drzewa filogenetycznego (Rys. 4) można stwierdzić, że różnice polimorficzne nie są duże i wynoszą ponad 0,95. Natomiast bakterie należą do dwóch klastrow, co potwierdzono wcześniej w klasycznym PCR.



Rysunek 3. Rozdział elektroforetyczny analizowanych LAB, M1 – marker 0,25-10 kpz, 1-18 – szczepy LAB pochodzące z produktów pszczelich, M2 – marker 0,1-1 kpz



Rysunek 4. Dendrogram 14 genotypów LAB wykonany za pomocą metodą UPGMA w oparciu o polimorfizm uzyskany w RAPD-PCR ze starterem M13

Powyższe doświadczenie miało na celu nie tylko wyizolowanie i identyfikację bakterii kwasu mlekowego, ale również potencjalne pozyskanie nowych drobnoustrojów do procesów biotechnologicznych. Produkty pszczele, tj. pierzga czy pyłek, są stosunkowo słabo przebadane i wykorzystywane, a przecież wiadomo, że ich mikroflora jest szczególnie bogata w bakterie kwasu mlekowego [Vásquez i Olofsson, 2009; Belhadj i in., 2014]. LAB są przedmiotem zainteresowania ze względu na potencjalny

probiotyczny charakter [Ramos i in., 2013] czy możliwość wykorzystania do mikrobiologicznego odkwaszania win [Bravo-Ferrada i in., 2013; Testa i in., 2014].

Obie wykorzystane metody PCR i RAPD mogą być dobrą alternatywą dla badań klasycznych. Metoda PCR pozwala wykryć różnice pomiędzy gatunkami, a metoda RAPD pomiędzy różnymi szczepami tego samego gatunku. Technika RAPD jest wykorzystywana do szybkiej identyfikacji różnych rodzajów, gatunków i szczepów bakterii. Z jej pomocą zidentyfikowano szczepy *B. subtilis* ze sfermentowanej indyjskiej soi [Kwon i in., 2009], bakterie mlekowe występujące w produktach mlecznych [Rossetti i Giraffa, 2005] lub winie [Testa i in., 2014; Pérez-Martin i in., 2015] oraz wiele innych drobnoustrojów w różnych gałęziach przemysłu spożywczego. Ponadto, analiza RAPD została przedstawiona, jako odpowiednie narzędzie do tworzenia profili specyficznych gatunków drobnoustrojów. Technika RAPD-PCR przy użyciu dwóch starterów D8635 i M13 umożliwiła analizę czystości genomu bakterii, wychwycenie zmienności genetycznych (polimorfizmów), a także na bardzo dobrą identyfikację bakterii na poziomie filogenetycznym.

Podsumowując można stwierdzić, że PCR i RAPD są metodami wzajemnie się uzupełniającymi. W przemyśle spożywczym, gdzie często potrzebna jest szybkość identyfikacji zanieczyszczeń mikrobiologicznych, metody klasyczne mogą być mało wiarygodne i obarczone ryzykiem błędu, gdyż istnieje duża szansa zanieczyszczenia hodowli. Metody PCR i PCR-RAPD pozwalają na szybką i łatwą identyfikację oraz klasyfikację różnych gatunków drobnoustrojów. W wielu publikacjach naukowych identyfikacja drobnoustrojów opiera się często na dwóch różnych metodach molekularnych, dość skomplikowanych, jeżeli chodzi o procedurę i wymagających doświadczonego personelu, głównie przy interpretacji wyników czy tworzeniu i analizie polimorfizmów oraz innych procedur bioinformatycznych [Turková i in., 2012; Testa i in., 2014, Palomino i in., 2015]. Za pomocą omawianych metod można analizować czystość mikrobiologiczną szczepów bakteryjnych wykorzystywanych do różnych procesów technologicznych. W przypadku wyizolowania nowych drobnoustrojów można te metody wykorzystać do identyfikacji mikroflory, pod warunkiem, że ma się dostęp lub posiada się własną bazę danych. I w końcu, RAPD jest doskonałym narzędziem do wyznaczania polimorfizmów pomiędzy szczepami i tworzenia drzew filogenetycznych. Oczywiście bardziej wiarygodne wyniki uzyska się wykorzystując kilka różnych starterów i utrzymując stałe warunki temperatury podczas procesu amplifikacji.

Projekt został sfinansowany ze środków DS-3706/KTFiMT/2015.

Literatura

1. Belhadj H., Harzallah D., Bouamara D., Khenouf S., Ghabbane M. Phenotypic and genotypic characterization of some lactic acid bacteria isolated from bee pollen: A preliminary study. *Food and Health*, 2014, 33(1), 11-23.
2. Bravo-Ferrada B.M., Hollmann A., Delfederico L., La Hens D.V., Caballero A., Semorile L. Patagonian red wine: selection of *Lactobacillus plantarum* isolates as potential starter cultures for malolactic fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2013, 29, 1537-1549.
3. Cebeci A., Gürakan G.C. Comparative typing of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains using multilocus sequence typing and RAPD-PCR. *European Food Research Technology*, 2011, 233, 377-385.
4. Garcia-Vallve S., Palau J., Romeu A. Horizontal gene transfer in glycosyl hydrolases inferred from codon usage in *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *Molecular Biology and Evolution*, 1999, 16(9), 1125-1134.
5. Guarneri T., Rossetti L., Giraffa G. Rapid identification of *Lactobacillus brevis* using the polymerase chain reaction. *Letter Applied Microbiology*, 2001, 33, 377-381.
6. Harwood C.R., Wipat A. Zarządzanie genomem i jego analiza: *Prokaryota*, w: Podstawy biotechnologii (red. C. Ratledge, B. Kristiansen). PWN, Warszawa 2011, 60-61, 64-65, 72-73.
7. Jaroszewska E., Misiewicz A. Wybrane molekularne metody identyfikacji mikroorganizmów zzzz w kolekcjach kultur drobnoustrojów. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 2012, 67(4), 67-74.
8. Jitjaroen W., Boupun T., Panjai L. The potential of malolactic fermentation on organic acids degradation in Mao (*Antidesma Thawaitesatum Müell*) wine production. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*. 2013, 4, 368-371.
9. Johansen K.L. Maturation of cider by malolactic fermentation. *Scandinavian Brewers' Review*, 2010, 3, 18-21.
10. Kondak K. Molekularne metody diagnostyki mikrobiologicznej. *Diagnostyka Laboratoryjna*, 2009, 45, 325-331.
11. Kwon G.H., Lee H.A., Park J.Y., Kim J.S., Lim J., Park C.S., Kwon D.Y., Kim Y.S., Kim J.H. Development of RAPD-PCR method for identification of *Bacillus* species isolated from Cheonggukjang. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 129, 282-287.
12. Palka R. Zastosowanie osiągnięć biologii molekularnej w mikrobiologii żywności. *Przemysł Spożywczy*, 2007, 61(2), 6-8.
13. Palomino J.M., Toledo del Árbol. J., Benomar N., Abriouel H., Martínez Cañamero M., Gálvez A., Pulido R.P. Application of *Lactobacillus plantarum* Lb9 as starter culture in caper berry fermentation. *LWT – Food Science and Technology*, 2015, 60, 788-794.
14. Pérez-Martin F., Seseña S., Llanos Palop M. Inventory of lactic acid bacteria population in red wine varieties from Appellation of Origin Métrida. *European Food Research Technology*, 2015, 240, 725-733.
15. Ramos C.L., Thorsen L., Schwan R.F., Jespersen L. Strain-specific probiotics properties of *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus brevis* isolates from Brazilian food products. *Food Microbiology*, 2013, 36, 22-29.
16. Rossetti L., Giraffa G. Rapid identification of dairy lactic acid bacteria by M13-generated, RAPD-PCR fingerprint databases. *Journal Microbiological Methods*, 2005, 63, 135-144.
17. Sagdic O., Ozturk I., Yapar N., Yetim H. Diversity and probiotic potentials of lactic acid bacteria isolated from gilaburu, a traditional Turkish fermented European cranberrybush (*Viburnum apulus* L.) fruit drink. *Food Research International*, 2014, 64, 537-545.
18. Sip A., Więckowicz M., Jarka J., Olejnik-Schmidt A., Grajek W. Badanie oscypków na obecność bakterii fermentacji mlekowej o zdolności syntezy listeriobójczych bakteriocyn klasy IIA. *Nauka Przyroda Technologie*, 2011, 5(2), 1-14.
19. Schmidt M., Olejnik-Schmidt A. Metody selekcji mikroorganizmów o właściwościach probiotycznych. *Przemysł Spożywczy*, 2010, 64, 40-44.
20. Testa B., Lombardi S.J., Tremonte P., Succi M., Tipaldi L., Pannella G., Sorrentino E., Iorizzo M., Coppola R. Biodiversity of *Lactobacillus plantarum* from traditional Italian wines. *World Journal Microbiological Biotechnology*, 2014, 30, 2299-2305.

21. Torriani S., Clementi F., Vancanneyt M., Hoste B., Dellaglio F., Kersters K. Differentiation of *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus* and *L. paraplantarum* species by RAPD-PCR and AFLP. *Systematic and Applied Microbiology*, 2001, 24, 554-560.
22. Turková K., Rittich B., Španová A. Identification and determination of relatedness of lactobacilli using different DNA amplification methods. *Chemical Papers*, 2012, 66(9), 842-851.
23. Vásquez A., Olofsson T. The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. *Journal of Apicultural Research*, 2009, 48(3), 189-195.
24. Wolko Ł., Siemieniako B., Wielgus K., Witucka-Wall H., Słomski R. Poszukiwanie markerów cech użytkowych metodą RAPD-PCR, w: *Analiza DNA. Teoria i Praktyka.* (red. R. Słomski). Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2009, 343.

WYKORZYSTANIE RÓWNAŃ REGRESJI W ANALIZIE JAKOŚCI MLEKA OWCZEGO

Wprowadzenie

Od wieków owce były hodowane ze względu na surowce w postaci mięsa, wełny i skór. Jednak ciągle zmniejszające się w Polsce zapotrzebowanie na te surowce spowodowało znaczny spadek pogłowia tych zwierząt w ciągu ostatnich trzydziestu lat. Wg danych GUS [Pogłowie..., 2015] w połowie roku 2015 w Polsce hodowano tylko 227,7 tys. sztuk owiec, co stanowi około 5,5% pogłowia z roku 1990. Od kilkunastu lat coraz większe znaczenie zyskuje mleczne użytkowanie owiec, które pozwala zwiększyć przychody z chowu o około 50% [Gut i in., 1999]. Hodowla owiec w celu pozyskiwania mleka i jego przerobu na produkty mleczne ma miejsce w wielu krajach, także europejskich. W krajach tych mleko owcze przetwarza się na skalę przemysłową, przede wszystkim na sery, ale także mleka fermentowane czy masło. Dodatkowym atutem przemawiającym za zwiększeniem zainteresowania mlecznym użytkowaniem owiec jest fakt, iż mleku owczemu przypisuje się różnorodne właściwości terapeutyczne m.in. wzmacnianie systemu odpornościowego, leczenie schorzeń górnych dróg oddechowych i przewodu pokarmowego [Pieczonka, 1998].

Mleko owcze zawiera znacznie więcej substancji odżywczych niż mleko krowie czy kozie. Charakteryzuje się ono większą zawartością suchej masy, tłuszczu, białka i składników mineralnych. Różnice w zawartości poszczególnych pierwiastków, w tym w szczególności wapnia, są bardzo znaczące, zwłaszcza w porównaniu z mlekiem krowim. Mleko owcze dostarcza także więcej witamin, szczególnie z grupy B oraz witaminy C [Bonczar, 1998; Khan i in., 2006; Park i in., 2007]. Enzymatyczna hydroliza białek mleka zachodząca w trakcie trawienia w jelitach lub podczas obróbki technologicznej mleka prowadzi do uwolnienia bioaktywnych peptydów, które mogą działać przeciwnadciśnieniowo, antybakteryjne, przeciwutleniająco, jak opioidy, zwiększać odporność funkcjonując jako immunomodulatory czy też wpływać na zdolność wiązania i transportowania związków mineralnych [Recio i in., 2009; Darewicz i in., 2014; Szerszunowicz, 2014].

Szczególony nacisk w ostatnich latach kładzie się na odpowiedni poziom i wzajemny stosunek kwasów tłuszczowych nasyconych i nienasyconych dostarczanych z pożywieniem do organizmu człowieka. Dietetycy zalecają spożywanie pokarmów bogatych w nienasycone kwasy tłuszczowe, zwłaszcza zawierających kwas linolowy o wiązaniach sprzężonych (CLA). Wykazuje on bowiem szereg korzystnych oddziaływań na nasz organizm, w tym przede wszystkim działanie

przeciwnowotworowe, przeciwniażdżycowe, immunomodulacyjne. Z przeprowadzonych badań wynika, że również w tłuszczu mlekowym znajdują się związki o takim działaniu, a najczęściej zawiera ich mleko owcze [Żegarska, 2005; Tsiplakou i in., 2006; Park i in., 2007, Rutkowska i in., 2015].

Rosnące zainteresowanie mlekiem owczym i jego produktami skierowało uwagę naukowców w kierunku problematyki związanej z określeniem i oceną jego jakości. Przytaczając definicję przyjętą przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji [PN-EN ISO 9000] jakość mleka należy rozumieć jako stopień, w jakim zbiór jego inherentnych właściwości zaspokaja wymagania i potrzeby użytkownika. Użytkownikiem może być przykładowo zakład przetwórczy (mleczarnia) czy bezpośredni konsument. Wymagania i potrzeby człowieka decydują zatem o cechach jakości, jej strukturze. Według Szczuckiego [1970] jakość określają trzy podstawowe cechy, które następnie dzielą się na cząstkowe cechy jakościowe (Rys. 1). Definicja ta opracowana dla produktów mięsnych została następnie rozszerzona na pozostałe produkty spożywcze.



Rysunek 1. Składowe jakości produktu
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Szczucki, 1970]

Wychodząc od tej definicji jakości Pieczonka [1999] przyjął, iż jakość mleka jest określana przez zespół cech, wśród których można wyróżnić pewne grupy, takie jak: cechy organoleptyczne, wartość odżywcza, bezpieczeństwo, trwałość i przydatność przetwórcza.

Cechy organoleptyczne mleka to przede wszystkim wygląd, konsystencja, barwa, zapach i smak. Ocena tych cech pozwala w sposób stosunkowo łatwy i szybki na

wykrycie występujących w mleku wad powstałych w wyniku nieprzestrzegania higieny udoju, stanów chorobowych zwierząt, nieprawidłowego żywienia, złego przechowywania i transportu surowca. Występujące w mleku wady można pogrupować na wady pochodzenia paszowego (zwłaszcza wady smakowo-zapachowe), mikrobiologicznego oraz pozostałe. Pod względem wyglądu mleko powinno być jednolitym, białym płynem, bez zanieczyszczeń, bez oznak podstoju. Smak mleka powinien być charakterystyczny dla mleka owczego o czym decyduje wyższa niż w przypadku mleka krowiego zawartość niskocząsteczkowych kwasów tłuszczowych, słodkawy (decyduje o tym zawartość laktozy), przyjemny, bez obcych posmaków. Zapach również powinien być charakterystyczny, czysty, bez obcych zapachów. Należy pamiętać, że mleko owcze ze względu na wyższą zawartość tłuszczu szczególnie szybko chłonie obce zapachy. Konsystencja mleka powinna być płynna, jednolita, bez widocznych skłaceń i strzępków, bez ciągliwości, która powstaje głównie w wyniku skażenia mikrobiologicznego. Mleko owcze charakteryzuje się najbardziej białą, „porcelanową” czy też „kredową” barwą. Nieprzejrzysty, matowy biały kolor zawdzięcza micelom kazeinowym, które rozpraszają światło. Lekko kremowy odcień, zwłaszcza w końcowej fazie laktacji, przy żywieniu pastwiskowym, nadają mleku kuleczki tłuszczu. Barwa nie powinna wykazywać żadnych innych odcieni lub barwnych smug. Jeśli mleko jest barwy różowej może to świadczyć o stanach zapalnych wymienia, w wyniku których do mleka przedostaje się krew [Pieczonka, 1999; Jurczak, 2005; Kędzior, 2005].

O wartości odżywczej mleka, a więc jego zdolności do zaspokajania potrzeb organizmu człowieka w zakresie dostarczenia składników odżywczych, decyduje zawartość jego składników (cukrów, białek, tłuszczu, składników mineralnych oraz witamin). Wspomniano już o nich wcześniej.

Bezpieczeństwo związane jest z mogącymi znajdować się w mleku zanieczyszczeniami mechanicznymi, szkodliwymi substancjami chemicznymi oraz chorobotwórczymi drobnoustrojami [Pieczonka, 1999]. Zanieczyszczenia mechaniczne mogą występować w mleku wyłącznie w wyniku nieprzestrzegania prawidłowej higieny udoju, a więc z winy człowieka. W przypadku owiec mogą to być najczęściej: słoma, siano, piasek i drobne kamienie, kosmyki wełny, a nawet odchody, które dodatkowo powodują wzrost ryzyka zanieczyszczenia mikrobiologicznego. Do zanieczyszczeń chemicznych zalicza się: pozostałości pestycydów, metale toksyczne, nitrozoaminy, pozostałości antybiotyków oraz środków myjąco-dezynfekujących, substancje hamujące, toksyny, radionuklidy. Pozostałości pestycydów w mleku mogą znajdować się głównie w wyniku skarmiania skażonymi paszami lub w wyniku nieprzestrzegania okresów karencji po opylaniu roślin i sąsiednich upraw oraz zwalczania owadów w oborach. Nieprzestrzeganie okresów karencji jest również głównym powodem obecności w mleku pozostałości antybiotyków i azotanów III i V. Pierwsze stosowane są w leczeniu

zwierząt, drugie w nawożeniu łąk i upraw. Źródłem wykrywanych w mleku toksyn, przede wszystkim aflatoksyny M, będących metabolitami pleśni, jest spleśniała pasza. Pasze oraz trawa z wypasanych pastwisk, jest także przyczyną występowania w mleku jonów metali toksycznych (Cd, Pb, Hg, As). Uprawy i pastwiska sąsiadujące z drogami (gazy spalinowe), zakładami przemysłu chemicznego, górniczego, hutniczego, nawozów i tworzyw sztucznych, elektrociepłowniami oraz składami odpadów i ścieków komunalnych narażone są na wysokie skażenia tymi metalami. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne powodowane są obecnością w mleku chorobotwórczych bakterii i wirusów. Mleko ze względu na dużą wartość odżywczą jest szczególnie dobrym podłożem do rozwoju mikroflory bakteryjnej [Pieczonka, 1999; Jurczak, 2005; Kędzior, 2005]. Jak wynika z powyższego bezpieczeństwo mleka związane jest ściśle z jego jakością higieniczną, ma ono jednak szersze znaczenie. Jakość higieniczna obejmuje bowiem tylko niektóre elementy bezpieczeństwa, tj. substancje hamujące, zanieczyszczenia mikrobiologiczne oraz jakość cytologiczną, czyli liczbę komórek somatycznych.

Trwałość mleka określana jest jako czas, w którym mleko nadaje się do przetwórstwa, czyli charakteryzuje się odpowiednim poziomem parametrów jego jakości. Wynika ona z podatności mleka na szereg zachodzących w nim po udoju przemian składników chemicznych. Czynniki wpływające na szybkość przemian biochemicznych w mleku to obecność enzymów rodzimych, bakterii saprofitycznych (bakterie fermentacji mlekowej, proteolityczne i lipolityczne) oraz warunki przechowywania (głównie temperatura), obecność naturalnych składników antybakteryjnych (laktenin) lub skażeń bakteriobójczych (substancji hamujących) [Pieczonka, 1999].

Przydatność technologiczna to możliwość wykorzystania mleka w przetwórstwie, w celu wytworzenia dobrej jakości produktów spożywczych. Mleko owcze wykorzystywane jest przede wszystkim do przerobu na sery. Do najbardziej znanych należą francuski „Roquefort”, „Broccio”, hiszpański „Manchego”, portugalski „Serra da estrella”, grecka „Feta” czy włoski „Pecorino” i „Ricotta”. Poza tym mleko owcze wykorzystywane jest również do produkcji różnych rodzajów mleka fermentowanego, lodów czy masła. Należy wspomnieć, iż w porównaniu do mleka krowiego, owcze mleko jest prawie dwukrotnie wydajniejsze technologicznie (wysoka zawartość suchej masy i kazeiny), a jogurty produkowane są bez uprzedniego zagęszczania [Pieczonka, 1999; Bonczar, 2001].

Przeprowadzona analiza poszczególnych parametrów określających jakość pozwala wysunąć wniosek, że tzw. jakość pierwotną mleka określają tylko niektóre z wymienionych cech jakości. Jak wynika z powyższego, na trwałość mleka wpływ mają zawarte w nim substancje, ale też warunki przechowywania, a więc czynnik, który zależny jest bezpośrednio od człowieka. Przydatność technologiczna mleka wynika

z jego składu, właściwości fizycznych, organoleptycznych oraz bezpieczeństwa. Właściwości fizyczne oraz cechy sensoryczne zależne są od składu mleka. Podobnie zanieczyszczenia chemiczne będące składową bezpieczeństwa. Na zanieczyszczenia mechaniczne, tak jak w przypadku warunków przechowywania, ma wpływ postępowanie człowieka. W efekcie końcowym, spośród cech jakości, mówiąc o jakości pierwotnej, pozostają zatem takie parametry jak: zanieczyszczenia mikrobiologiczne mleka oraz zawarte w nim substancje (jego skład).

Metody badawcze pozwalające ocenić skład mleka są bardzo często dość uciążliwe – czasochłonne i pracochłonne. Często też wymagają zastosowania drogiego sprzętu laboratoryjnego. Dlatego też poszukiwanie nowych rozwiązań w tym zakresie wydaje się być celowe. Składniki mleka znajdują się we wzajemnej współzależności, tworząc pewien układ równowagi fizykochemicznej [Jurczak, 2005]. Fakt ten wykorzystywano już do tworzenia wzorów, które przedstawiają liczbowo niektóre z tych współzależności. Najwięcej równań zostało do tej pory opracowanych dla mleka krowiego, np. wzór Shermana pozwalający oszacować zawartość popiołu, wzór Richmonda czy, chyba najbardziej znany, wzór Fleischmanna, pozwalające szacować zawartość suchej masy. Celem niniejszej pracy było opracowanie równań regresji, które pozwalałyby szacować zawartość podstawowych składników mleka owczego na podstawie przeprowadzonych badań cech fizycznych mleka. Jak wspomniano wyżej wartości parametrów fizycznych mleka wynikają z jego składu. Gęstość i temperatura zamrażania jest bezpośrednio zależna od zawartości poszczególnych składników mleka. Na kwasowość wpływa m.in. zawartość kazeiny. Białka, w tym kazeina, decydują również o lepkości mleka. Przewodność elektryczna zależy bezpośrednio od kwasowości, jak również zawartości jonów chlorkowych i sodowych [Kędzior, 2005; Park i in., 2007].

Materiał badawczy i metodyka badań

Materiał badawczy stanowiło mleko owcze surowe pozyskiwane z udoju porannego. Mleko pochodziło od owiec trzech ras: polskiej owcy górskiej, owcy olkuskiej i mieszańców polskiej owcy górskiej z owcą fryzyjską. Bezpośrednio po udoju pobrane próbki mleka przelewano do szklanych butelek, które umieszczano w lodówkach turystycznych w celu transportu do laboratorium. Badania wykonywano w tym samym dniu po przyjeździe do laboratorium. Badaniom poddano 592 próbki mleka, przy czym pojedynczą próbkę stanowiło mleko pozyskane od jednego zwierzęcia.

W ramach badań laboratoryjnych mających na celu określenie składu chemicznego oraz parametrów fizycznych analizowanego mleka oznaczono:

- zawartość suchej masy metodą suszarkową (suszenie w temperaturze 105°C do stałej masy) [PN-A-86122:1968],
- zawartość tłuszczu metodą Gerbera [PN-A-86122:1968],

- zawartość białka metodą Kjeldahla [PN-EN ISO 8968-1:2004],
- zawartość kazeiny metodą Wolкера [PN-A-86122:1968],
- zawartość laktozy [PN-A-86122:1968],
- zawartość popiołu ogólnego i popiołu nierozpuszczalnego w 10% HCl metodą mineralizacji na sucho w temp. +525°C [PN-A-86122:1968] oraz popiołu rozpuszczalnego, jako różnicę między popiołem ogólnym i rozpuszczalnym,
- kwasowość miareczkową i kwasowość czynną (pH) [PN-A-86122:1968],
- gęstość metodą areometryczną z użyciem termolaktodensymetru [PN-A-86122:1968],
- lepkość na aparacie Rheotest RN 3.1, w temperaturze 20°C,
- przewodność elektryczną,
- temperaturę zamarzania za pomocą krioskopu Gerbera.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem odpowiednich procedur programu *Statistica 8,0 PL*. Jako pierwszą przeprowadzono analizę korelacji prostoliniowej. Jej celem było stwierdzenie jaka jest siła i kierunek współzależności występujących pomiędzy podstawowymi składnikami mleka owczego a jego wybranymi cechami fizycznymi. Po obliczeniu współczynników korelacji dokonano weryfikacji ich istotności. Weryfikację wykonano z użyciem testu t-Studenta przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W kolejnym etapie zastosowano analizę regresji wielorakiej w celu zbadania wzajemnego oddziaływania wybranego zespołu zmiennych objaśniających (cech fizycznych mleka) X_1, X_2, \dots, X_k na jedną zmienną objaśnianą Y . Zmiennymi objaśnianymi były podstawowe parametry składu mleka. Decyzję o doborze zmiennych zależnych i zmiennych niezależnych podjęto na podstawie oceny uciążliwości metodyki badań i szybkości wykonywania poszczególnych oznaczeń. W obliczeniach zastosowano procedurę regresji krokowej postępującej, której istotą jest kolejne (krokowe) dołączanie do listy zmiennych objaśniających tych zmiennych, które mają najistotniejszy wpływ na zmienną zależną, aż do uzyskania „najlepszego” modelu, tj. modelu pozwalającego w jak największym stopniu wyjaśnić zmienność zmiennej zależnej [Stanisz, 2000; Hill i Lewicki, 2006].

Analiza wyników

Wyniki analizy korelacji między podstawowymi składnikami mleka owczego i jego cechami fizycznymi przedstawiono w tabeli 1.

Uzyskane w wyniku przeprowadzonej analizy wartości bezwzględne współczynników korelacji wahały się od 0,03 do 0,57. Nie są to wysokie wartości. Jednak wykonana testem t-Studenta weryfikacja hipotezy zerowej o nieistotności współczynnika korelacji

prostoliniowej wykazała, że wiele spośród analizowanych współzależności jest istotnych statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$.

Tabela 1. Współzależność składników chemicznych i cech fizycznych mleka owczego – macierz korelacji

	Kwasowość	pH	Gęstość	Lepkość	Przewodność elektryczna	Temperatura zamrażania
Sucha masa	0,57*	-0,30*	-0,25*	0,31*	-0,41*	-0,43*
Laktoza	-0,32*	0,25*	0,16*	-0,08	0,22*	0,38*
Białko ogółem	0,53*	-0,07	0,03	0,42*	-0,13*	-0,38*
Kazeina	0,48*	0,02	-0,04	0,45*	-0,07	-0,27*
Tłuszcz	0,44*	-0,22	-0,27*	0,29*	-0,31*	-0,42*
Popiół ogółem	0,27*	0,32*	0,15*	0,27*	0,43*	0,03
Popiół rozpuszczalny	0,31*	0,26*	0,11	0,29*	0,31*	-0,10

Symbol * oznacza korelacje istotne na poziomie $\alpha=0,05$

Źródło: badania własne

Dlatego też w kolejnym etapie podjęto próbę wyznaczenia odpowiednich modeli matematycznych pozwalających na szacowanie zawartości podstawowych składników mleka owczego (zmienne zależne) na podstawie parametrów fizycznych (zmienne niezależne). W tym celu wykorzystano analizę regresji wielorakiej pozwalającej na opracowanie równań z kilkoma zmiennymi objaśniającymi. Należy zwrócić uwagę, iż w przyjętych modelach za temperaturę zamrażania przyjęto jej wartości bezwzględne.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy regresji wielorakiej zależności zawartości podstawowych składników mleka owczego od cech fizycznych uwzględniając tylko współczynniki równania, dla których obliczona wartość „t” wskazywała wysoką istotność statystyczną współczynnika.

Tabela 2. Wyniki analizy regresji wielorakiej zależności zawartości podstawowych składników mleka owczego od cech fizycznych – wartości współczynników regresji i charakterystyki „t”

Zmienna zależna Y	Zmienne niezależne X	Współczynnik równania		Wartość „t”
		Wartość	Błąd standardowy	
Sucha masa	W. wolny	739,927	132,120	5,600*
	Kwasowość	0,723	0,089	8,136*
	pH	3,763	1,271	2,961*
	Gęstość	-750,678	127,387	5,893*
	Lepkość	0,259	0,093	2,795*
	Przewodność elektr.	-1,302	0,255	5,111*
	Temperatura zamarzania	41,119	8,232	4,995*
Laktoza	W. wolny	-156,665	52,195	3,002*
	Kwasowość	-0,076	0,035	2,164*
	Gęstość	162,298	50,325	3,225*
	Temperatura zamarzania	-15,298	3,252	4,704*
Białko ogółem	W. wolny	-50,430	58,069	0,868
	Kwasowość	0,354	0,039	9,076*
	pH	3,061	0,559	5,480*
	Lepkość	0,176	0,041	4,321*
	Temperatura zamarzania	15,023	3,618	4,152*
Kazeina	W. wolny	9,146	43,811	0,209
	Kwasowość	0,279	0,029	9,455*
	pH	2,722	0,421	6,458*
	Lepkość	0,144	0,031	4,689*
	Temperatura zamarzania	6,302	2,730	2,309*
Tłuszcz	W. wolny	692,854	137,268	5,047*
	Kwasowość	0,469	0,092	5,075*
	Gęstość	-707,685	132,351	5,347*
	Lepkość	0,249	0,096	2,577*
	Przewodność elektr.	-0,769	0,265	2,906*
	Temperatura zamarzania	43,779	8,552	5,119*
Popiół ogólny	W. wolny	-13,050	5,648	2,509*
	Kwasowość	0,042	0,004	9,058*
	Gęstość	10,808	4,779	2,335*
	Lepkość	0,007	0,002	2,013*
	Przewodność elektr.	0,044	0,013	3,125*
Popiół rozpuszczalny	W. wolny	-14,038	5,588	2,512*
	Kwasowość	0,038	0,004	10,088*
	pH	0,428	0,054	7,968*
	Gęstość	10,774	5,388	2,000*
	Przewodność elektr.	0,041	0,011	3,830*

Symbol * oznacza różnice istotne na poziomie $\alpha=0,05$

Źródło: badania własne

Wyznaczone na podstawie analizy regresji wielorakiej modele matematyczne przyjęły postać:

$$S.M. = 730,927 + 0,723Kw. + 3,763pH - 750,678G + 0,259Lp. - 1,302P.E. + 41,119T.Z.$$

$$La. = -156,665 - 0,076Kw. + 162,298G - 15,298T.Z.$$

$$B = -50,43 + 0,354Kw. + 3,061pH + 0,176Lp. + 15,023T.Z.$$

$$K = 9,146 + 0,279Kw. + 2,722pH + 0,144Lp. + 6,302T.Z.$$

$$T = 692,854 + 0,469Kw. - 707,685G + 0,249Lp. - 0,769P.E. + 43,779T.Z.$$

$$P.O. = -13,05 + 0,042Kw. + 10,808G + 0,007Lp. + 0,044P.E.$$

$$P.R. = -14,038 + 0,038Kw. + 0,428pH + 10,774G + 0,041P.E.$$

gdzie:

S.M. – zawartość suchej masy,

La. – zawartość laktozy,

B – zawartość białka ogółem,

K – zawartość kazeiny,

T – zawartość tłuszczu,

P.O. – zawartość popiołu ogólnego,

P.R. – zawartość popiołu rozpuszczalnego,

Kw. – kwasowość miareczkowa,

pH – kwasowość czynna,

G – gęstość,

Lp. – lepkość,

P.E. – przewodność elektryczna,

T.Z. – temperatura zamrażania.

W tabeli 3 przedstawiono obliczone dla przedstawionych powyżej równań współczynniki determinacji R^2 oraz ich błędy standardowe prezentujące dokładność szacowania. Standardowy błąd estymacji obrazuje różnicę między wartościami zmiennej zależnej uzyskanymi z jej szacowania z wykorzystaniem wyznaczonego modelu a wartościami rzeczywistymi tej zmiennej wyznaczonymi doświadczalnie.

Tabela 3. Wartości współczynnika determinacji i standardowego błędu estymacji modeli szacujących zawartość podstawowych składników mleka owczego na podstawie wybranych cech fizycznych

Zmienna zależna Y	Miary	
	R^2	Standardowy błąd estymacji
Sucha masa	0,579	1,398
Laktoza	0,236	0,552
Białko	0,502	0,614
Kazeina	0,475	0,468
Tłuszcz	0,439	1,452
Popiół ogólny	0,464	0,078
Popiół rozpuszczalny	0,498	0,059

Źródło: badania własne

Obliczone dla przedstawionych powyżej równań współczynniki determinacji w większości przypadków oscylują wokół wartości 0,5, a więc modele regresji tylko w około 50% wyjaśniają zmienność zmiennych zależnych. Wyjątkowo niski współczynnik determinacji uzyskano dla równania pozwalającego na oszacowanie zawartości laktozy. Wyznaczony model jedynie w 23,6% wyjaśnia zmienność zmiennej objaśnianej. Uzyskane wartości standardowych błędów estymacji, poza wzorem dla zawartości tłuszczu, są stosunkowo niskie. Modele te pozwalają zatem na szacowanie zawartości poszczególnych składników z dobrą dokładnością, mieszczącą się w granicach 88-93% średniej wartości zmiennej zależnej. Najwyższą dokładność szacowania uzyskano dla wzoru pozwalającego na obliczenie zawartości popiołu rozpuszczalnego (długotrwale i dość uciążliwe oznaczenie). Również trwające wiele godzin oznaczenie zawartości suchej masy metodą suszarkową możnaby zastąpić oznaczeniem podstawowych cech fizycznych mleka i wykorzystaniem opracowanego modelu uzyskując w ten sposób wynik z dokładnością wynoszącą około 90%. W przypadku szacowania zawartości tłuszczu wartość standardowego błędu estymacji jest stosunkowo wysoka, około $\pm 1,5\%$ zawartości tłuszczu, a więc około 35% wartości średniej. Z tego względu zarówno równanie regresji pozwalające na szacowanie zawartości tłuszczu, jak również równanie szacujące zawartość laktozy mogą mieć wyłącznie charakter poznawczy. Pozostałe równania w zależności od wymagań dotyczących dokładności szacowania mogą mieć zastosowanie praktyczne.

Podsumowanie

Ocena jakości mleka owczego w perspektywie rosnącego zainteresowania zwłaszcza serami owczymi jest ważnym zagadnieniem. Poszukiwanie metod pozwalających ocenić tą jakość w sposób szybki i łatwy staje się celowe. W pracy podjęto się zadania opracowania wzorów umożliwiających szacowanie zawartości podstawowych składników mleka owczego z wykorzystaniem wyników pomiarów cech fizycznych tego mleka. Obliczone dla uzyskanych równań regresji wartości współczynników determinacji wskazują, iż równania wyjaśniają w około 50% zmienność zmiennych zależnych. Natomiast niskie standardowe błędy estymacji pozwalają wnioskować, iż opracowane modele będą mogły być wykorzystywane w praktyce. Jedynie modele służące szacowaniu zawartości laktozy i tłuszczu, ze względu na wartości współczynnika determinacji i standardowego błędu estymacji mogą mieć wyłącznie znaczenie poznawcze.

Literatura

1. Bonczar G. Badania nad jakością i przydatnością do przetwórstwa mleka owczego. Przegląd Mleczarski, 1998, 11, 397-400.

2. Bonczar G. Znaczenie mleka owczego w żywieniu człowieka. *Przegląd Mleczarski*, 2001, 3, 125-128.
3. Darewicz M., Iwaniak A., Minkiewicz P. Biologicznie aktywne peptydy pochodzące z białek mleka. *Medycyna Weterynaryjna*, 2014, 70 (6), 348-352.
4. Gut A., Wójtowski J., Ślósarz P. Niektóre problemy użytkowania mlecznego owiec w świetle badań prowadzonych w rolniczym zakładzie doświadczalnym Złotniki, III Owczarska Szkoła Wiosenna „Alternatywne kierunki wykorzystania krajowego pogłowia owiec”, Krynica 12-14.04.1999, 70-79.
5. Hill T., Lewicki P. *Statistics Methods and Applications*, StatSoft, Tulsa 2006.
6. Jurczak M. *Mleko – produkcja, badanie, przerób*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2005.
7. Kędzior W. *Owce produkty spożywcze*, PWE, Warszawa 2005.
8. Khan Z.I., Ashraf M., Hussain A., McDowell M.R., Ashraf M.Y. Concentration of minerals in milk of sheep and goats grazing similar pastures in a semiarid region of Pakistan. *Small Ruminant Research*, 2006, 65, 274-278.
9. Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 2007, 68, 88-113.
10. Pieczonka W. Poziom akceptacji konsumenckiej twarogów owczo-kozich. *Przegląd Mleczarski*, 1998, 12, 421-425.
11. Pieczonka W. *Towaroznawstwo mleka*. Wydział Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie, Rzeszów 1999.
12. Pogłowie bydła i owiec według stanu w czerwcu 2015r., Publikacja GUS, Departament Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, Warszawa 15.09.2015 <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/produkcja-zwierzecza-zwierzeta-gospodarskie/poglowie-bydla-i-owiec-wedlug-stanu-w-czerwcu-2015-r-,5,14.html> (dostęp on-line: 15.04.2016 r.).
13. PN-A-86122:1968 Mleko. Metody badań.
14. PN-EN ISO 8968-1:2004 Mleko. Oznaczanie zawartości azotu. Część 1: metoda Kjeldahla.
15. PN-EN ISO 9000 Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
16. Recio I., de la Fuente M.A., Juárez M., Ramos M. *Bioactive Components in Sheep Milk*, w: *Bioactive Components in Milk and Dairy Products* (red. Park Y.W.). Wiley-Blackwell, 2009, 83-105.
17. Rutkowska E., Tambor K., Rutkowska J., Stołyhwo A. Charakterystyka prozdrowotnych kwasów tłuszczowych tłuszczu mlecznego. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2015, 96 (2), 377-386.
18. Stanisz A. Podstawy statystyki dla prowadzących badania naukowe. Odcinek 21: Analiza korelacji. „*Medycyna praktyczna*”, 2000, 10, 176-181.
19. Szczucki C.M. Zakresy znaczeniowe podstawowych pojęć w kontroli jakości produktów mięsnych. *Gospodarka Mięsna*, 1970, 1, 2-5.
20. Szerszunowicz I. Wpływ peptydów bioaktywnych uwalnianych z białek mleka krowiego na układ krwionośny. *Innowacyjne Mleczarstwo*, 2014, 2 (1), 4-12.
21. Tsiplakou E., Mountzouris K.C., Zervas G. The effect of breed, stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. *Livestock Science*, 2006, 105, 162-167.
22. Żegarska Z. Składniki tłuszczu mlekowego o potencjalnym działaniu przeciwnowotworowym. *Przegląd Mleczarski*, 2005, 6, 4-6.

PARTNERZY I SPONSORZY



Ergo Solutions
30-438 Kraków,
ul. Borkowska 9/6
Tel. 12 445 64 49
email: info@ergosol.pl
<http://www.ergosol.pl/>



<http://www.krakow.pl/biznes>



LECO Polska Sp. z o.o.
ul. Czarna 4,
43-100 Tychy
Tel: 32 200 0760
e-mail: info_PL@leco.com
<http://www.leco-europe.com>



Genore chromatografia
dr Jacek Malinowski
ul. Warszawska 99, pok.12,
05-123 Olszewnica Stara
tel. 22 40 107 34,
Biuro Lublin: 22 40 107 35,
fax: 22 40 107 36
e-mail: info@genore.pl
<http://www.genore.pl>



Polygen sp. z o.o.
ul. Górnych Wałów 46/1
44-100 Gliwice
Tel.: 32 2388 195
Fax: 32 2388 160
Kom.: 601 488340
e-mail: polygen@polygen.com.pl
www.polygen.com.pl



"SHIM-POL A.M. Borzymowski"
E.Borzymowska-Reszka A. Reszka Spółka
Jawna

ul. Lubomirskiego 5
05-080 Izabelin
Tel: 22 7227048
biuro@shim-pol.pl