

The book cover features a warm, golden-brown background with a collage of food-related images. Several diamond-shaped frames with white borders are overlaid on the background. These frames contain images of wheat stalks, a green herb, a glass of beer, and slices of bread. The main title is centered within a large diamond frame.

WSPÓŁCZESNE TRENDY W TECHNOLOGII ŻYWNOCİ

POD REDAKCJĄ
ZUZANNY GOLUCH

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

WSPÓŁCZESNE TRENDY W TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

REDAKCJA NAUKOWA

ZUZANNA GOLUCH



WSPÓŁCZESNE TRENDY W TECHNOLOGII ŻYWNOSCI

POD REDAKCJĄ
ZUZANNY GOLUCH

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

REDAKCJA NAUKOWA

DR HAB. INŻ. ZUZANNA GOLUCH, PROF. UEW
UNIwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

RECENZJA

PROF. DR HAB. INŻ. GRAŻYNA BORTNOWSKA,
ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

DR INŻ. GABIELA HARAF,
UNIwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

DR HAB. INŻ. ARTUR RYBARCZYK, PROF. UPWR,
UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

DR INŻ. WOJCIECH SAWICKI,
ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

DR HAB. INŻ. ANNA WINIARSKA-MIECZAN, PROF. UCZELNI,
UNIwersytet Przyrodniczy w Lublinie

KOREKTA REDAKTORSKA I SKAD

KAROL ŁUKOMIAK
DIANA ŁUKOMIAK

PROJEKT OKŁADKI

KAROL ŁUKOMIAK

© COPYRIGHT BY AUTHORS & ARCHAEGRAPH

ISBN: 978-83-67074-58-2

WERSJA ELEKTRONICZNA DOSTĘPNA NA STRONIE INTERNETOWEJ WYDAWCY:

www.archaeograph.pl

ORAZ W REPOZYTORIUM CYFROWYM BIBLIOTEKI NARODOWEJ
I PROFILACH AUTORÓW W INTERNETOWYCH SERWISACH NAUKOWYCH

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

ŁÓDŹ 2022

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
Agata Bielak, Karolina Jachimowicz, Edyta Kowalczuk-Vasilev, Małgorzata Kwiecień, Anna Winiarska-Mieczan Występowanie i zagrożenia stwarzane przez <i>Bacillus cereus</i> w produktach mlecznych	9
Zuzanna Goluch, Kamila Mieczkowska Zafałszowania produktów nabiałowych na terenie województwa dolnośląskiego a wiedza konsumentów na temat ich autentyczności	25
Karolina Jachimowicz, Izabela Glac, Agata Bielak, Anna Winiarska-Mieczan, Małgorzata Kwiecień, Katarzyna Kolasa Ocena preferencji i częstotliwości spożycia słonych przekąsek przez studentów lubelskich uczelni	49
Samanta Karpiej-Arkipov, Małgorzata Janczar-Smuga Przegląd wybranych naturalnych substancji nieodżywczych występujących w żywności	63
Małgorzata Kwiecień, Agata Bielak, Karolina Jachimowicz, Barbara Łuszczczyńska, Anna Winiarska-Mieczan Ocena jakości jogurtów beztłuszczowych – wartość energetyczna, zawartość makroskładników oraz ocena konsumencka	85
Ewelina Książek, Małgorzata Janczar-Smuga , Jerzy Jan Pietkiewicz Przydatność alkoholu metylowego jako stymulatora biosyntezy kwasu cytrynowego przez <i>aspergillus niger</i> w podłożach z glicerolem	97
Szymon Milewski, Julia Fabjanowska, Małgorzata Kwiecień Czynniki wpływające na jakość mięsa kurcząt i indyków	111
Krzysztof Mizera, Justyna Mizera Znaczenie i rola probiotyków w żywieniu człowieka oraz w profilaktyce i leczeniu wybranych schorzeń	129
Aneta Ocieczek, Anna Flis Właściwości higroskopijne wybranych rodzajów mleka modyfikowanego w proszku jako determinanta ich stabilności przechowalniczej	143

WSTĘP

Szanowni Państwo

Niniejsza monografia zawiera zarówno artykuły przeglądowe, jak i prace badawcze dotyczące różnych aspektów jakości i bezpieczeństwa żywności.

Autorzy zwrócili uwagę na znaczenie dla zdrowia konsumenta zanieczyszczeń produktów nabiałowych patogenem *Bacillus cereus*, którego obecność może być przyczyną zatruc pokarmowych. Również przyczyną zatruc pokarmowych mogą być spożywane w nadmiernych ilościach substancje antyodżywcze znajdujące się w żywności, które jednocześnie wpływają na biodostępność jej prozdrowotnych składników.

Świadomi konsumenci coraz częściej przy podejmowaniu decyzji zakupowych kierują się nie tylko wartością energetyczną i odżywczą produktów spożywczych, ich prozdrowotnym działaniem w ustroju, ale też cechami sensorycznymi. Przykładem mogą być odłuszczone jogurty naturalne i owocowe, w których redukcja tłuszczu zmienia nie tylko zawartość białka i węglowodanów, ale wpływa na ocenę ich smakowitości przez konsumentów.

Szczególną dbałość o jakość i bezpieczeństwo zdrowotne należy wykazać wobec produktów przeznaczonych do żywienia niemowląt, takich jak mleka modyfikowane, gdyż nie tylko skład, ale i warunki przechowywania decydują o ich cechach użytkowych.

Cennym elementem diety człowieka są szczepy mikroorganizmów probiotycznych (obecnych w żywności fermentowanej, suplementach diety i lekach), które nie tylko zapobiegają dysbiozie jelitowej i utrzymują homeostazę w ustroju, ale mogą być istotnym wsparciem terapii farmakologicznej wielu schorzeń.

Zdaniem Autorów nadal istnieje potrzeba udoskonalenia technologii produkcji kwasu cytrynowego z wykorzystaniem grzybów *Aspergillus Niger*, zarówno w celu poprawy wydajności jego biosyntezy, jak i obniżenia kosztów

produkcji. Również zasadne jest prowadzenie dalszych badań wyjaśniających mechanizmy chorobotwórczości wielu patogenów występujących w żywności celem zapewnienia nie tylko pożądanej przez konsumenta jej jakości, ale i bezpieczeństwa zdrowotnego.

Życzymy, aby ta monografia posłużyła każdemu, kto interesuje się żywnością i jej rolą w żywieniu człowieka.

AGATA BIELAK¹, KAROLINA JACHIMOWICZ²
EDYTA KOWALCZUK-VASILEV³
MAŁGORZATA KWIECIEŃ⁴, ANNA WINIARSKA-MIECZAN⁵

WYSTĘPOWANIE I ZAGROŻENIA STWARZANE PRZEZ *BACILLUS CEREUS* W PRODUKTACH MLECZNYCH

Streszczenie: Produkty mleczne, takie jak mleko, jogurty, kefir, sery lub mleko modyfikowane są źródłem wielu niezbędnych składników odżywczych dla niemowląt i dorosłych, a przemysł mleczarski stale rozwija się na całym świecie. Pomimo tego przedwczesne psucie się mleka spowodowane skażeniem *Bacillus cereus* wciąż stanowi poważny problem i powoduje duże straty ekonomiczne. Ponadto bakterie tego rodzaju mogą biosyntetyzować szereg toksyn bakteryjnych, powodujących wymiotne i biegunkowe zatrucia pokarmowe u osób, które spożyły zanieczyszczoną żywność. Bakteria *B. cereus* jest wszechobecna w przyrodzie, dlatego może zanieczyszczać produkty mleczne na różne sposoby, począwszy od doju, warunków środowiska w gospodarstwie, aż do zakładu przetwórczego, transportu i dystrybucji. W dodatku samo przetwarzanie (pasteryzacja) mleka nie jest wystarczające, gdyż *B. cereus* ma możliwość wytwarzania przetrwalników odpornych na niekorzystne warunki środowiska, w tym wysoką temperaturę. Istnieje zatem potrzeba szybkiego wykrywania i oznaczania zarodników bezpośrednio w próbkach żywności.

Słowa kluczowe: Żywność, mikrobiologia, *Bacillus cereus*, bezpieczeństwo żywności, bezpieczeństwo mikrobiologiczne.

¹ Mgr, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

² Mgr, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

³ Dr, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁴ Prof. dr hab., Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁵ Dr hab. prof. uczelni, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

WSTĘP

Bakterie przetrwalnikujące są gram-dodatnimi organizmami, wśród których można wyróżnić dziewięć rodzajów: *Alicyclobacillus*, *Amphibacillus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Desulfotomaculum*, *Filobacillus*, *Geobacillus*, *Sporolactobacillus* i *Sulfolobus*. Wiele gatunków należących do tych rodzajów tworzy endospory, dzięki którym są odporne na ekstremalne warunki środowiska, jak np. wysokie temperatury, zamrażanie, suszenie, wysokie ciśnienie, okresowy brak substancji odżywczych, działanie substancji chemicznych lub promieniowanie [Bartoszewicz i Marjańska 2017].

W praktyce często trudno jest rozróżnić niektóre z gatunków *Bacillus cereus*, dlatego też zazwyczaj nie przeprowadza się dokładnej specjacji, ale raczej podaje się ogólny przydział do grupy. Do niedawna w jej skład wchodziło dziewięć gatunków: *B. anthracis* – odpowiadający za występowanie węgla u ludzi i zwierząt, *B. cereus sensu stricto (s.s.)* - odpowiedzialny zarówno za biegunkowe, jak i wymiotne zakażenia żołądkowo-jelitowe u ludzi oraz infekcje pozajelitowe, *B. thuringiensis* - entomopatogen charakteryzujący się produkcją toksyn krystalicznych (zawierających białka owadobójcze), *B. mycoides* i *B. pseudomycoides* - oba charakteryzują się koloniami ryzoidalnymi na podłożu stałym i nie zostały opisane jako czynniki zatrucia pokarmowego, *B. weihenstephanensis* – bakteria psychrotolerancyjna, termotolerancyjny *B. cytotoxicus*, *B. toyonensis* - wykazujący zarówno właściwości probiotyczne, jak i hemolityczne oraz psychrotolerancyjny i cytotoksyczny *B. widemanni* [Miller i in. 2016]. Jednak w 2017 roku grupa ta powiększyła się o dziewięć kolejnych gatunków, wyodrębnionych z osadów morskich: *B. paranthracis*, *B. pacificus*, *B. tropicus*, *B. albus*, *B. mobilis*, *B. luti*, *B. proteolyticus*, *B. nitratireducens* i *B. paramycoides* (Liu i in.; 2017). Wszechobecne w przyrodzie przetrwalnikujące bakterie tlenowe z rodzaju *Bacillus* mają szczególnie wpływ na jakość i bezpieczeństwo produktów mlecznych ze względu na trudność w rozpoznaniu konkretnego źródła zakażenia. Najczęstsze źródła zakażenia stanowią odchody, pasza (w tym kiszonki niskiej jakości), gleba, ściółka i/lub woda. Bakterie te bytują także na sprzęcie udojowym i powierzchni strzyków [Samarzija i in. 2012].

Jakość i bezpieczeństwo produktów żywnościowych, jakimi są przetwory mleczne, w znacznej mierze zależy od początkowej jakości mleka, gdyż wzrost niepożądanych mikroorganizmów jest wysoce prawdopodobny podczas jego przetwarzania. Mleko stanowi bogate źródło składników odżywczych (np. białka, tłuszczu) o prawie obojętnym pH, dlatego między innymi jest idealnym

środowiskiem do rozwoju wielu drobnoustrojów [Amit i in. 2017]. Mikrobiom mleka surowego jest bardzo złożony i zmienny, w zależności od wielu czynników, m.in. stanu zdrowia zwierząt, ich higieny, warunków sanitarnych w gospodarstwach, a także od pastwisk, paszy, ściółki lub pór roku [Quigley i in. 2013]. Różnice sezonowe wskazują na zwiększoną liczbę zarodników *B. cereus* w okresie letnim, co w dużej mierze związane jest zabrudzeniem wymion i strzyków ziemią w miejscu wypasu krów. Natomiast w miesiącach zimowych siano i pył są uważane za główne źródła zakażenia, ponieważ krowy trzymane są w tym okresie w pomieszczeniach zamkniętych [Vidic i in. 2020].

O ile mleko generalnie jest sterylne, gdy znajduje się w wymieniu zdrowej krowy, to może zostać zanieczyszczone już podczas doju lub później w czasie transportu, przetwarzania i przechowywania. Technologia przemysłu mleczarskiego zakłada bezpieczeństwo i utrzymanie jakości przez schładzanie surowego mleka, aż do przetworzenia go w wyniku pasteryzacji, sterylizacji lub suszenia [Gopal i in. 2015].

Bakterie przetrwalnikujące, które dostają się do mleka w trakcie procesów przetwarzania stanowią poważny problem przez wzgląd na odporność na niekorzystne warunki środowiskowe. Są one powszechnie spotykane w glebie, środowisku wodnym, a także w przewodzie pokarmowym zwierząt i ludzi. Mogą być sklasyfikowane jako termofilne (ciepłolubne, najczęściej występujące w produkcie końcowym), mezofilne oraz psychrotroficzne (tolerujące zimno, zwyczajowo rosnące w produktach przechowywanych w lodówce) [Zwick i in. 2012].

Równie poważny problem związany z bezpieczeństwem żywności stanowi skażenie przez *B. cereus* mleka w proszku i mleka modyfikowanego dla niemowląt [Sadek i in. 2018]. Proszki mleczne zazwyczaj są przechowywane przez długi czas, ze względu na ich niską aktywność wodną, jednak przetrwalniki *B. cereus* mogą pozostawać w fazie uśpienia, aż do czasu wystąpienia bardziej sprzyjających warunków, gdy dochodzi do wzrostu i rozwoju form przetrwalnych [Driks i Eichenberger, 2016]. Stanowi to ogromne zagrożenie w produkcji mleka w proszku dla niemowląt, które musi ściśle naśladować skład mleka matki, a tym samym wpływać na rozwój pożądaną mikroflory jelitowej u niemowląt, mających słabo rozwinięty system odpornościowy [Di Pinto i in. 2013].

Poza wpływem na bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności, drobnoustroje mają wpływ również na jakość mleka i produktów mlecznych. Bakterie grupy *B. cereus* i *B. subtilis* są najważniejszymi mikroorganizmami powodującymi psucie się żywności w środowisku mleczarskim [Lucking i in.

2013]. Wytwarzają one różne enzymy zewnątrzkomórkowe, które przyczyniają się do skrócenia trwałości przetworzonego mleka i przetworów mlecznych poprzez degradację składników i dodatków mleka [Kumari i Sarkar 2016]. *Bacillus cereus* ze względu na charakterystyczną aktywność enzymatyczną, może być przyczyną powstawania w mleku i przetworach mlecznych niepożądanego gorzkiego posmaku, unoszenia się grudek tłuszczu, spowodowanego aktywnością lecytynazy lub zsiadania się mleka, spowodowanego aktywnością enzymów proteolitycznych. Zmiany te sugerują niezwykłą zdolność fosfolipazy bakteryjnej do uszkodzania błon kuleczek tłuszczu [Gopal i in. 2015]. Izolaty *B. cereus* z różnych produktów mlecznych są zdolne do wytwarzania proteazy i lipazy, które są wystarczająco termostabilne, aby pozostać aktywne po pasteryzacji, w związku z czym mogą powodować defekty w produktach końcowych [Kumari i Sarkar 2014].

Celem pracy było opisanie charakterystyki bakterii *B. cereus*, określenie jej występowania oraz przytoczenie zagrożeń, jakie niesie za sobą jej obecność w organizmie człowieka. Przeglądu piśmiennictwa dokonano na podstawie dostępnych badań polsko- i angielskojęzycznych z ostatnich dziesięciu lat.

CHARAKTERYSTYKA I WYSTĘPOWANIE *BACILLUS CEREUS*

Bacillus cereus to tlenowa lub względnie beztlenowa gram-dodatnia laseczka występująca najczęściej w glebie i wodzie, gdzie komórki wegetatywne w niekorzystnych warunkach mają możliwość tworzenia przetrwalników, które później, już w korzystnych warunkach, rosną i stają się na powrót komórkami wegetatywnymi [Pietrzyk i in. 2014]. Przetrwalniki mogą rozprzestrzeniać się na różne sposoby: na wymionach krów, w surowym mleku, na korzeniach i bulwach roślin uprawnych itp., skąd następnie przedostają się do żywności, czy pasz dla zwierząt. Przetrwalniki mogą znaleźć się nawet w żywności przetworzonej termicznie, ponieważ są ciepłooporne. Obróbka w ultrawysokiej temperaturze (UHT ang. Ultra High Temperature), która jest powszechnie stosowana w produkcji mleka konsumpcyjnego, nie eliminuje w stu procentach przetrwalników *B. cereus* [Vidic i in. 2020]. Dlatego niezmiernie istotna jest idea badań nad znaczeniem żywności i ogólnie przemysłu rolno-spożywczego w kwestii rozprzestrzeniania się *B. cereus* wśród ludzi i zwierząt. Z licznych badań wynika obecność tego patogenu w przyprawach, produktach mącznych, warzywach, owocach i sałatach oraz w głównej mierze w produktach przemysłu mleczarskiego. Jako główne źródło wtórnego zakażenia

tym patogenem żywności pasteryzowanej niejednokrotnie były wskazywane linie przetwarzania mleka [Liu i in. 2020].

Z badań wynika ponadto, że zarodniki *B. cereus* są wysoce hydrofobowe, dzięki czemu łatwo łączą się i przywierają do różnych powierzchni abiotycznych (np. stali nierdzewnej, tworzyw sztucznych, gumy) tworząc biofilmy, co jeszcze bardziej komplikuje próby wyeliminowania tej bakterii z produktów przemysłu spożywczego [Majed i in. 2016]. Kolonizacja różnych powierzchni przez biofilm bakteryjny może mieć także wpływ na skuteczność terapii, w przypadku szczepów posiadających zdolność do jego wytwarzania, poprzez ograniczanie dostępności antybiotyków [Unlu, 2020]. W zakładach przetwórstwa mleczarskiego biofilmy *B. cereus* znajdują się głównie na granicy powietrze-ciecz i tworzą typowe pierścienie przymocowane do ścian urządzeń, z których macierz biofilmu bakteryjnego wystaje w kierunku powierzchni cieczy [Fagerlund i in. 2014]. Dzięki biofilmom bakterie mogą z łatwością migrować na duże odległości między połączonymi urządzeniami, stwarzając poważne zagrożenie dla zdrowia, jeśli dotrą do partii żywności dostarczanej konsumentom [Hayrapetyan i in. 2015]. Biofilmy – znajdujące się w trudnodostępnych miejscach urządzeń, np. narożnikach, zaworach, uszczelkach, szczelinach itp. często wykazują odporność na mycie i dezynfekcję linii produkcyjnych. Aby temu zapobiec konieczne jest utrzymywanie niezwykle rygorystycznego monitoringu i prowadzenie wielu działań kontrolnych podczas procesu sanityzacji, niekiedy wymagane jest dołączenie do tego innych metod prewencyjnych, takich jak ozonowanie czy ultradźwięki [Gopal i in. 2015].

Przetrwalniki *B. cereus* mają dużą zdolność do przetrwania w ekstremalnych warunkach, takich jak niekorzystne pH (od 1 do 5,2) czy szok wysokotemperaturowy (np. 95°C przez 2 minuty) w przeciwieństwie do ich formy wegetatywnej, w której w takich warunkach nie mogą przetrwać [Ceuppens i in. 2012]. W wielu publikacjach wskazano na możliwość rozwoju *B. cereus* w niskich temperaturach. Ze względu na występowanie tej bakterii w różnorodnych środowiskach posiada ona szereg przystosowań umożliwiających efektywne bytowanie we wszystkich zajmowanych niszach ekologicznych i zapewniającą skuteczną konkurencję z występującą tam mikroflorą [Hwang i Huang 2019]. Endospory *B. cereus* zawierają specyficzne białka, takie jak proteazy, liazy, endonukleazy i białka szoku cieplnego, które również przyczyniają się do odporności przetrwalników w niesprzyjających warunkach [Zheng i in. 2016]. Istotną adaptacją u wybranych szczepów *B. cereus* jest psychrotolerancja, oznaczająca zdolność do wzrostu w temperaturze 7 °C lub niższej [Park i in. 2021]. Przemysł mleczarski ma długą tradycję dbania o bezpieczeństwo

i jakość mleka konsumpcyjnego, opartą na dwóch głównych procesach: schładzaniu mleka surowego do temperatury poniżej 7–10°C do momentu przetworzenia i podgrzewaniu mleka w mleczarni. Produkcja różnych produktów mlecznych wymaga zastosowania procesów grzewczych (pasteryzacja, UHT, suszenie), które nie gwarantują jednak całkowitej skuteczności [Gopal i in. 2015]. Ponieważ procesy te są czaso- i pracochłonne, dodatkowo do niektórych produktów mlecznych dodawane są związki chemiczne, takie jak kwasy organiczne, środki przeciwdrobnoustrojowe, przeciwutleniacze [Lucera i in. 2012]. Biokonserwanty (np. metabolity bakterii kwasu mlekowego) odgrywają ważną rolę ze względu na ich korzystny wpływ na zdrowie konsumenta, w porównaniu z konserwantami chemicznymi. Różne typy mikroorganizmów są klasyfikowane i badane przez naukowców w celu oszacowania ich korzystnych zastosowań w przetwarzaniu produktów mlecznych [Ameer i in. 2019]. Warto zaznaczyć, że 6°C to najwyższa dopuszczalna w Polsce temperatura do przechowywania mleka spożywczego pasteryzowanego, jednak nawet taka temperatura nie zagwarantuje zahamowania wzrostu szczepów *B. cereus* o charakterze psychrotroflowym. Nawet pozornie niewielka początkowa liczba przetrwalników psychrotroflowych może mieć negatywny wpływ na jakość i znaczne skrócenie trwałości mleka [Adamiak i in. 2015].

Podłożem przystosowania się bakterii do temperatur niższych niż optymalne jest szereg zasadniczych właściwości biochemicznych i fizjologicznych, polegających na zapobieganiu przed uszkodzeniem komórek i zapewnieniu ciągłości przebiegu procesów metabolicznych koniecznych do syntezy białek i pozyskiwania energii, przy jednoczesnym zachowaniu optymalnego poziomu aktywności błon komórkowych [Bartoszewicz i Czyżewska, 2017]. Zjawisko adaptacji do niskiej temperatury szczepów *B. cereus* oraz zdolność kiełkowania przetrwalników w takich warunkach wpływają na możliwy rozwój tych bakterii w żywności przechowywanej chłodniczo, w konsekwencji obniżając jej jakość [Francais i in. 2019]. Ponadto w przypadku szczepów psychrotroflowych dodatkowo wytwarzających toksyny, cecha ta może stanowić potencjalnie zagrożenie dla zdrowia i bezpieczeństwa konsumenta [Vidic i in. 2020].

Obecnie ważnym obszarem badań jest cykl życiowy *B. cereus* oraz jego interakcje między biotycznymi składnikami różnorodnych ekosystemów. Potwierdzona została obecność tego mikroorganizmu na roślinach i w przewodach pokarmowych kręgowców i bezkręgowców, jednak wciąż brakuje jednoznacznego określenia charakteru tych interakcji [Argolo-Filho i Loguercio 2014]. Określenie mutualistycznego, pasożytniczego lub mieszanego, zależnego od kombinacji warunków, charakteru oddziaływań *B. cereus* może

umożliwić zrozumienie powodów, dla których jego liczne szczepy zdolne są do biosyntezy niektórych toksyn, stanowiących czynnik ułatwiający kolonizację organizmu gospodarza, jak i mechanizm jego oddziaływania z innymi mikroorganizmami [Raymond i Bonsall, 2013].

ZAGROŻENIA WYWOŁYWANE PRZEZ *B. CEREUS*

Niektóre gatunki *B. cereus* mogą wywoływać u ludzi zatrucia pokarmowe. Bakterie tej grupy mogą biosyntetyzować szereg różnorodnych toksyn bakteryjnych, niektóre są charakterystyczne dla pojedynczych gatunków, a inne szeroko rozprzestrzenione w obrębie grupy czy nawet rodzaju [Dietrich i in. 2019]. Do najważniejszych związanych z *B. cereus* zalicza się toksyny wywołujące dwa warianty objawów zatrucia pokarmowego: wymiotne (emetyczne) i biegunkowe [Glasset i in. 2016]. Pierwszy rodzaj ma charakter intoksykacji i wywołany jest przez toksynę cereulidynę, która produkowana jest przez komórki wegetatywne. Toksyna ta nie jest rozkładana pod wpływem proteolitycznych enzymów trawiennych (pepsyny, trypsyny), natomiast jest stabilna w temperaturze 121°C przez 90 minut i w przedziale pH od 2 do 11 oraz jest termo- i kwasoodporna [Ceuppens i in. 2013]. Cereulidyna powoduje nudności i wymioty w ciągu 0,5-5 godz. od momentu spożycia pokarmu już zawierającego cereulidynę, a objawy przeważnie utrzymują się przez 6-24 godz. Zatrucie biegunkowe ma charakter toksykoinfekcji, a jego przyczyną są co najmniej trzy termolabilne, białkowe enterotoksyny: hemolizyna BL, enterotoksyna niehemolityczna i cytotoksyna K [Daczkowska-Kozon i in. 2014]. Komórki wegetatywne w postaci żywych komórek lub przetrwalników, wytwarzają enterotoksynę w jelicie cienkim gospodarza, powodując bóle brzucha, wodnistą biegunkę, skurcze i zapalenie odbytnicy w ciągu 4-16 godz. od spożycia zakażonego pokarmu. Objawy te zazwyczaj utrzymują się od 12 do 24 godz., niekiedy jednak mogą trwać kilka dni. Stwierdzono ponadto, iż kilka szczepów *B. cereus* może wytwarzać zarówno cereulidynę, jak i enterotoksynę, powodując zarówno wymioty jak i biegunki [Vidic i in. 2020].

Podstawowym czynnikiem etiologicznym zatruc pokarmowych *B. cereus* jest trójelementowa toksyna białkowa, hemolizyna BL (HBL). Mechanizm jej działania opiera się na formowaniu porów w błonie komórkowej, co w konsekwencji prowadzi do zaburzenia gospodarki jonowej, a następnie do jej lizy. Enterotoksyna hemolityczna posiada ponadto działanie dermonekrotyczne i istotnie zwiększa przepuszczalność naczyńniową [Sastalla i in. 2013]. Drugim ważnym czynnikiem wirulencji *B. cereus* jest trójelementowa niehemolityczna

enterotoksyna (NHE) wywołująca stan zapalny i aktywację pyroptozy poprzez mechanizm formowania porów zaburzających przepływ jonów w błonie komórkowej różnych typów komórek gospodarza. Jest ona powszechnie obecna u większości badanych szczepów [Fox i in. 2020]. NHE wykazuje duże podobieństwo do HBL. Obie toksyny mają zdolność indukcji przepływu jonów potasu i aktywacji inflammasomu NLRP3, co z kolei prowadzi do pyroptozy [Tuipulotu i in. 2021]. Spożycie produktów zanieczyszczonych bakteriami zdolnymi do biosyntezy jednoskładnikowej cytotoksyny K (CytK) również może być przyczyną zatrucia pokarmowego. Aktywność tego białka o silnych właściwościach cytotoksycznych, nekrotycznych i hemolitycznych ściśle uzależniona jest od jego budowy chemicznej. Najpoważniejsze przypadki zatrucia pokarmowych (w tym śmiertelne) wiążą się z CytK-1 właściwą szczepom *B. cytotoxicus*, natomiast obecna przede wszystkim u *B. cereus sensu stricto* czy *B. thuringiensis* CytK-2 wywołuje łagodniejsze i z reguły niezagrażające życiu objawy [Jessberger i in. 2015]. W obu przypadkach dochodzi do formowania się słabo wybiórczych porów anionowych i uszkodzenia enterocytów, co powoduje wystąpienie lokalnych stanów zapalnych i krwawej biegunki. Wspomniane toksyny *B. cereus* są wydzielane pozakomórkowo, prowadzą głównie do rozpadu komórek zainfekowanych organizmów [Tewari i Abdullah, 2015].

Oprócz HBL, NHE oraz CytK, również inne hemolizyny i fosfolipazy naruszają integralność błon komórkowych, co dla bakterii jest niezwykle korzystne, ponieważ zjawisko to powoduje zwiększenie dostępności różnych składników pokarmowych przez uwalnianie ich z komórek gospodarza [Dupont i in. 2016]. Wyróżnić tu można m.in. trzy typy fosfolipazy C, sfingomielinazę, enterotoksynę T, enterotoksynę FM, hemolizynę II, hemolizynę III, cereolizynę. Toksyny te prowadzą w głównej mierze do sekrecji płynów do jelita cienkiego spowodowanej wzrostem przepuszczalności naczyń, ale także mogą przyczyniać się do powstawania zmian o charakterze martwiczym [Ramarao i Sanchis, 2013].

Stwierdzono również, iż zakażenie *B. cereus* może być czynnikiem etiologicznym infekcji ogólnoustrojowych i miejscowych u osób z upośledzeniem odporności, starszych, niemowląt lub alkoholików. W tych samych rzadkich przypadkach *B. cereus*, poza zatruciami pokarmowymi, może powodować szereg innych schorzeń: zapalenie rogówki, uszkodzenie wątroby spowodowane szczepem emetycznym, zapalenie płuc, infekcje przewodu pokarmowego, martwicze zapalenie żołądka czy zespół wstrząsu toksycznego w ośrodkowym układzie nerwowym [Rishi i in. 2013]. Wykazano cytotoksyczność wielu sekretyn *B. cereus* w stosunku do makrofagów, co umożliwia przełamywanie

barier immunologicznych gospodarza i rozprzestrzeniania się infekcji [Guillemet i in. 2010]. Dzięki takiemu aspektowi enterotoksyczności bakterie *B. cereus* są w stanie ułatwić rozwinięcie się infekcji w organizmie gospodarza wywoływanych przez inne drobnoustroje. Uszkodzenie błon komórkowych, nagłe zmniejszenie poziomu soku komórkowego oraz zmiany pH środowiska, wszystkie te czynniki ułatwiają bakteriom oportunistycznym, naturalnie pozbawionym szeregu mechanizmów zjadliwości, na odżywianie się, namnażanie i rozprzestrzenianie po organizmie gospodarza, którego zaatakowały wspólnie z *B. cereus* [Raymond i Bonsall, 2013].

ZAKOŃCZENIE

Bacillus cereus to względnie beztlenowe i przetrwalnikujące bakterie, szeroko rozprzestrzenione w przyrodzie i mające znaczny wpływ na różne obszary aktywności człowieka. Interesują badaczy z uwagi na powszechność ich występowania, liczne czynniki wirulencji i różnorodne interakcje z innymi organizmami. Dzięki skomplikowanej strukturze genetycznej mogą dostarczyć wielu użytecznych informacji poszerzających wiedzę z zakresu taksonomii i systematyki bakterii [Bartoszewicz i Marjańska, 2017].

Obecnie istotnym rozwojowym kierunkiem są badania poświęcone występowaniu i charakterystyce *B. cereus*, z uwzględnieniem jego potencjału chorobotwórczego. Patogen ten występuje nie tylko w gotowych produktach mlecznych, ale także w mleku surowym i środowisku jego pozyskiwania (m.in. kał, pasze, powierzchnia wymion) i przetwarzania (linie przemysłowe) [Vidic i in. 2020].

Postęp technologii monitoringu jakości w tym zakresie przyczynił się do niemal całkowitego wyeliminowania zanieczyszczeń wtórnych (popasteryzacyjnych), dotyczących głównie bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* i psychrotrofowych. Jakość i bezpieczeństwo produktów mlecznych uzależnione są w głównej mierze od obecności niepożądanych mikroorganizmów występujących w surowcu mleczarskim, czyli psychrotrofowych bakterii przetrwalnikujących, których przykładem jest gatunek *B. cereus*. Drobnoustroje te powodują niekorzystne zmiany organoleptyczne mleka oraz mogą wywoływać zatrucia pokarmowe. Przez wzgląd na stosunkowo łagodny przebieg toksykoinfekcji biegunkowej, należy podkreślić fakt prawdopodobnie znacznego zaniżenia opublikowanych danych co do liczby zatruc tym patogenem [Adamiak i in. 2015].

Bakterie tego rodzaju są jednym z najtrudniejszych do wyeliminowania składników mikroflory mleka surowego ze względu na różnorodność miejsc

ich występowania. Do mleka mogą dostać się podczas jak i po doju, w postaci komórek wegetatywnych i/lub przetrwalników. Komórka wegetatywna, aktywna metabolicznie, w sprzyjających warunkach intensywnie namnaża się, tworząc kolejne generacje bakterii [Samarzija i in. 2012]. Natomiast szczególne znaczenie dla przemysłu spożywczego ma zdolność tych bakterii do formowania odpornych na niekorzystne warunki temperaturowe przetrwalników, które przeżywając proces pasteryzacji mają wpływ na jakość produktu końcowego i mogą przyczyniać się do powstawania wtórnych zanieczyszczeń żywności [Matthews i in. 2017].

W związku z globalnym wzrostem zainteresowania produktami mlecznymi zasadniczym warunkiem dalszego rozwoju przemysłu mleczarskiego jest spełnianie standardów jakości i bezpieczeństwa, szczególnie dotyczących monitorowania obecności przetrwalników *B. cereus* w produktach mlecznych. Z tego względu niezmiernie istotne jest ustalenie zakresu rozprzestrzeniania się psychrotolerancyjnych szczepów *B. cereus* w kontekście znaczenia tej właściwości nie tylko dla mikrobiologii żywności, ale również dla przemysłu kosmetycznego, jak i produktów farmaceutycznych [Unlu, 2020].

BIBLIOGRAFIA

1. Adamiak A., Górka A., Mróz B., *Bakterie psychrotrofowe w mleku surowym i jego przetworach*, Żywność: Nauka Technologia Jakość, 2015, 22, 4 (101), 36-48.
2. Ameer S., Aslam S., Saeed M., *Preservation of Milk and Dairy Products by Using Biopreservatives*, Middle East Journal of Applied Science & Technology (MEJAST), (Peer Reviewed International Journal), 2019, 2, 72-79.
3. Argolo-Filho R. C., Loguercio L. L., *Bacillus thuringiensis Is an Environmental Pathogen and Host-Specificity Has Developed as an Adaptation to Human-Generated Ecological Niches*, Insects, 2014, 5, 62-91.
4. Amit S. K., Uddin M. M., Rahman, R. et al., *A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing*, Agric & Food Secur 6, 2017, 51
5. Bartoszewicz M., Czyżewska U., *Taksonomia, wirulencja i cykle życiowe Bacillus cereus sensu lato*, Postępy Mikrobiologii, 2017, 56, 4, 440-450.

6. Bartoszewicz M., Marjańska P. S., *Milk-originated Bacillus cereus sensu lato strains harbouring Bacillus anthracis-like plasmids are genetically and phenotypically diverse*, Food Microbiol. 2017, 67, 23–30.
7. Ceuppens S., Uyttendaele M., Drieskens K., Heyndrickx M., Rajkovic A., Boon N., Van de Wiele T., *Survival and germination of Bacillus cereus spores without outgrowth or enterotoxin production during in vitro simulation of gastrointestinal transit*, Appl. Environ. Microbiol. 2012, 78, 7698–7705.
8. Ceuppens S., Boon N., Uyttendaele M., *Diversity of Bacillus cereus group strains is reflected in their broad range of pathogenicity and diverse ecological lifestyles*, 2013, FEMS Microbiol Ecol., 84, 433–450.
9. Dackowska-Kozon E., Dhubała A., Bednarczyk-Drag A., *Mleko i produkty mleczne jako nośnik potencjalnie toksynotwórczych Bacillus spp.*, Med. Weter. 2014, 70 (7), 404–408.
10. Di Pinto A., E. Bonerba G. Bozzo, et al., *Eur. Food Res. Techno*, Occurrence of Potentially Enterotoxigenic *Bacillus cereus* in Infant Milk Powder, 2013, 237, 275–279.
11. Dietrich R., Jessberger N., Ehling-Schulz M., Märtlbauer E., Granum P. E., *The Food Poisoning Toxins of Bacillus cereus*, Toxins 2021, 13, 98.
12. Driks A., Eichenberger P., *The Bacterial Spore: From Molecules to Systems*, Washington, 2016, D. C.: ASM Press.
13. Duport C., Jobin M., Schmitt P., *Adaptation in Bacillus cereus: From Stress to Disease*, Frontiers in Microbiology, 2016, 7, 1550.
14. Fagerlund A., Dubois T., Okstad O. A., Verplaetse E., Gilois N., Bennaceur I., et al., *SinR Controls enterotoxin expression in Bacillus thuringiensis biofilms*, PLoS One, 2014, 9(1), e87532.
15. François M., Carlin F., Broussolle V., Nguyen-Thé C., *Bacillus cereus cshA Is Expressed during the Lag Phase of Growth and Serves as a Potential Marker of Early Adaptation to Low Temperature and pH*. Applied and Environmental Microbiology, 2019, 85(14).
16. Fox D., Mathur A., Xue Y., *Bacillus cereus non-haemolytic enterotoxin activates the NLRP3 inflammasome*, Nature Communications, 2020, 11, 760.

17. Glasset B., Herbin S., Guillier L., Cadel-Six S., Vignaud M. L., Grout J., Pairaud S., Michel V., Hennekinne J. A., Ramarao N., Brisabois A., *Bacillus cereus-induced food-borne outbreaks in France, 2007 to 2014: epidemiology and genetic characterization*, Euro Surveill 2016, 21 (48),1-11.
18. Gopal N., Hill C., Ross P. R., *The Prevalence and Control of Bacillus and Related Spore-Forming Bacteria in the Dairy Industry*, Front. Microbiol, 2015, 6, 1418.
19. Guillemet E., Cadot C., Tra S. L., Guinebretiere M. H., Lereclus D., Ramarao N., *The InhA metalloproteases of Bacillus cereus contribute concomitantly to virulence*, Bacteriol J., 2010, 192, 286-294.
20. Hayrapetyan H., Muller L., Tempelaars M., Abee T., Nierop Groot M., *Comparative analysis of biofilm formation by Bacillus cereus reference strains and undomesticated food isolates and the effect of free iron*, Int J Food Microbiol, 2015, 200, 72-79.
21. Hwang Ch. A., Huang L., *Growth and survival of Bacillus cereus from spores in cooked rice – One-step dynamic analysis and predictive modeling*, Food Control, 2019, 96, 403-409.
22. Jessberger N., Krey V. M., Rademacher C., Bohm M. E., Mohr A. K., Ehling-Schulz M., et al., *From genome to toxicity: a combinatory approach highlights the complexity of enterotoxin production in Bacillus cereus*, Front Microbiol 2015, 6, 560.
23. Kumari S., Sarkar P. K., *Prevalence and characterization of Bacillus cereus group from various marketed dairy products in India*, Dairy Sci. & Technol, 2014, 94, 483- 497.
24. Kumari S., Sarkar P. K., *Bacillus cereus hazard and control in industrial dairy processing environment*, Food Control, 2016, 69, 20-29.
25. Liu X. Y., Hu Q., Xu F., *Characterization of Bacillus cereus in Dairy Products in China*, Toxins, 2020, 12(7), 454.
26. Liu Y., Du J., Lai Q., et al., *Proposal of Nine Novel Species of the Bacillus cereus Group*, Int. J. Syst. Evol. Microbiol, 2007, 67, 2499-2508.
27. Lucera A., Costa C., Conte A., Del Nobile M. A., *Food applications of natural antimicrobial compounds*, Frontiers in Microbiology, 2012, 3, 287.

28. Lücking G., Stoeckel M., Atamer Z., Hinrichs J., Ehling-Schulz M., *Characterization of aerobic spore-forming bacteria associated with industrial dairy processing environments and product spoilage*, International Journal of Food Microbiology, 2013, 166, 2, 270-279.
29. Majed R., Faille C., Kallassy M., Gohar M., *Bacillus cereus Biofilms – Same, Only Different*, Frontiers in Microbiology, 2016, 7, 1054.
30. Miller R. A., Beno S. M., Kent D. J., Carroll L. M., Martin N. H., Boor K. J., et al., *Bacillus wiedmannii sp. nov., a psychrotolerant and cytotoxic Bacillus cereus group species isolated from dairy foods and dairy environments*, Int. J. Syst. Evol. Microbiol, 2016, 66, 47, 4744 -4753.
31. Matthews K. R., Kniel K. E., Montville T. J., *Food Microbiology: An Introduction*, Washington, 2017, D. C.: ASM Press.
32. Park K. M., Kim H. J., Kim M. S., Koo M., *Morphological Features and Cold-Response Gene Expression in Mesophilic Bacillus cereus Group and Psychrotolerant Bacillus cereus Group under Low Temperature*, Microorganisms, 2021, 9, 6, 1255.
33. Pietrzyk A., Wróblewska M., Heczko P. B., 2014, *Mikrobiologia lekarska*, Bakteriologia szczegółowa, Laseczki Gram-dodatnie wytwarzające spory: Rodzaj Bacillus, PZWL, 126-129.
34. Quigley L., O'Sullivan O., Stanton C., Beresford T. P., Ross R. P., Fitzgerald G. F., Cotter P. D., *The complex microbiota of raw milk*, FEMS Microbiology Reviews, 2013, 37, 5, 664–698.
35. Ramarao N., Sanchis V., *The pore-forming haemolysins of Bacillus cereus: A review*, Toxins, 2013, 5, 1119-1139.
36. Raymond B., Bonsall M. B., *Cooperation and the evolutionary ecology of bacterial virulence: The Bacillus cereus group as a novel study system*, Bioessays, 2013, 35, 706-716.
37. Rishi E., Rishi P., Sengupta S., Jambulingam M., Madhavan H. N., Gopal L., Therese K. L., *Acute postoperative Bacillus cereus endophthalmitis mimicking toxic anterior segment syndrome*, Ophthalmology, 2013, 120, 181-185.
38. Sadek Z. I., Abdel-Rahman M. A., Azab M. S., Darwesh O. M., Hassan M. S., *Microbiological evaluation of infant foods quality and molecular detection of Bacillus cereus toxins relating genes*, Toxicology Reports, 2018, 5, 871-877.

39. Samarzija D., Zamberlin S., Pogacić T., *Psychrotrophic bacteria and milk and dairy products quality*, Mljekarstvo, 2012, 62 (2), 77-79.
40. Sastalla I., Fattah R., Coppage N., Nandy P., Crown D., et al., *The Bacillus cereus Hbl and Nhe Tripartite Enterotoxin Components Assemble Sequentially on the Surface of Target Cells and Are Not Interchangeable*, 2013, PLOS ONE 8(10).
41. Tewari A., Abdullah S., *Bacillus cereus food poisoning: international and Indian perspective*, Journal of food science and technology, 2015, 52(5), 2500-2511,
42. Tuipulotu D. E., Mathur A., Ngo C., Man S. M., *Bacillus cereus: Epidemiology, Virulence Factors, and Host-Pathogen Interactions*, Trends in Microbiology, 2021, 29, 5, 458-471.
43. Unlu, G., *Bacterial Biofilms: Formation, Prevention, and Control*, Food Technol, 2020, 74(10), 73-76.
44. Vidic J., Chaix C., Manzano M., et al., *Food Sensing: Detection of Bacillus cereus Spores in Dairy Products*, Biosensors, 2020, 10(3), 15.
45. Zheng L., Abhyankar W., Ouwerling N., Dekker H. L., van Veen H., van der Wel N. N., Roseboom W., de Koning L. J., Brul S., de Koster C. G., *Bacillus subtilis spore inner membrane proteome*, J. Proteome Res., 2016, 15, 585- 94.
46. Zwick M. E., Joseph S. J., Didelot X., Chen P. E., Bishop-Lilly K. A., Stewart A. C., Willner K., Nolan N., Lentz S., Thomason M. K., Sozhamannan S., Mateczun A. J., Du L., Read T. D., *Genomic characterization of the Bacillus cereus sensu lato species: backdrop to the evolution of Bacillus anthracis*, Genome Research, 2012, 22(8), 1512-1524.

OCCURRENCE AND HAZARDS POSED BY THE PRESENCE OF *BACILLUS CEREBUS* IN DAIRY PRODUCTS

Abstract: Dairy products such as milk, yoghurt, kefir, cheese and formula milk are the source of many essential nutrients for infants and adults, and the dairy industry is constantly growing around the world. Despite this, premature deterioration of the milk caused by contamination of *Bacillus cereus* is still a serious problem and causes great economic losses. In addition, bacteria of this type can biosynthesize a number of bacterial toxins that cause emetic and diarrheal food poisoning in people who have consumed contaminated food. Because *B. cereus* is ubiquitous in nature, it can contaminate dairy products in a variety of ways, ranging from milking, environmental conditions on the farm, to processing, transport and distribution facilities. In addition, the mere processing (pasteurization) of the milk is not sufficient as *B. cereus* has the ability to produce spores resistant to adverse environmental conditions, including high temperature. There is therefore a need to rapidly detect and label spores directly in food samples.

ZAFALSZOWANIA PRODUKTÓW NABIAŁOWYCH NA TERENIE WOJEWÓDZTWA DOLNOŚLĄSKIEGO A WIEDZA KONSUMENTÓW NA TEMAT ICH AUTENTYCZNOŚĆ*

Streszczenie: Celem pracy było przedstawienie problemu fałszowania produktów nabiałowych w kraju i w województwie dolnośląskim oraz ocena wiedzy konsumentów z tego terenu na temat zafałszowań tej grupy produktów spożywczych. Dokonano analizy Sprawozdań Rocznych Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych z lat 2015-2020 oraz analizy dokumentacji z kontroli w WIJHARS we Wrocławiu, a dotyczących zafałszowań produktów nabiałowych. Przeprowadzono badanie ankietowe, wśród 106 mieszkańców woj. dolnośląskiego dotyczące wiedzy respondentów na temat zafałszowań żywności. Stwierdzono, że: zafałszowania produktów nabiałowych dotyczą głównie nieprawidłowego oznakowania, występowania niezadeklarowanych składników i nieprawidłowego składu produktów; tylko co drugi z badanych znał pojęcie zafałszowania żywności i potrafił wskazać jego przykłady w produktach nabiałowych; 2/3 badanych znało konsekwencje stosowania przez producentów praktyk fałszowania żywności nabiałowej. Zasadnym jest prowadzenie wśród społeczeństwa kampanii edukacyjnych ukierunkowanych na bezpieczeństwo środków spożywczych oraz nagłaśnianie w mass-mediach problemu fałszowania żywności i możliwych konsekwencji zdrowotnych wynikających z jej spożycia.

Słowa kluczowe: Zafałszowania żywności, produkty nabiałowe, konsumenci, wiedza.

¹ Dr hab. inż. Zuzanna Goluch, prof. UEW, Katedra Technologii Żywności i Żywienia, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; ORCID: 0000-0002-6241-3914

² Inż. Kamila Mieczkowska, absolwent Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu.

* Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022 nr projektu 015/RID/2018/19 kwota finansowania 10 721 040,00 PLN.

WSTĘP

Oszustwo żywnościowe (ang. food fraud) jest działaniem intencjonalnym (celowym i świadomym), którego przesłanką jest chęć zwiększenia zysku ekonomicznego. Sposoby fałszowania żywności stale ewoluują w celu uniknięcia ich wykrycia, dlatego konieczna jest ciągła aktualizacja metod badania identyfikowalności i autentyczności produktów spożywczych (Everstine et al., 2013). Niestety oszustwo żywnościowe dotyczące środków spożywczych bądź leków może spowodować bezpośrednie ryzyko natychmiastowych niekorzystnych skutków dla zdrowia i życia konsumenta. Pośrednie ryzyko rozwija się z czasem (np. narażenie na spożycie alergenów, metali ciężkich), natomiast ryzyko techniczne obejmuje kwestie braku określonego składnika na liście składników produktu lub brak kraju jego pochodzenia na opakowaniu (Bąk-Sypień & Karwowski, 2018; Spink & Moyer, 2011).

Według Ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r . o bezpieczeństwie żywności i żywienia, 2019) środek spożywczy, uznaje się za zafałszowany, jeżeli: dodano do niego substancje zmieniające jego skład i obniżającego jego wartość odżywczą; usunięto składnik lub zmniejszono zawartość jednego lub kilku składników decydujących o wartości odżywczej lub innej właściwości środka spożywczego; dokonano zabiegów, które ukryły jego rzeczywisty skład lub nadały mu wygląd środka spożywczego należytej jakości; niezgodnie z prawdą podano jego nazwę, skład, datę lub miejsce produkcji, termin przydatności do spożycia lub datę minimalnej trwałości lub w inny sposób nieprawidłowo go oznakowano.

Proceder fałszowania żywności motywowany jest głównie względami ekonomicznymi (EMA ang. Economically Motivated Adulteration) (van Ruth et al., 2017). Używanie tańszych zamienników stwarza możliwość wyprodukowania większej ilości towarów, przy mniejszych kosztach, ale konsument płaci za produkt o zmienionych właściwościach chemicznych, fizycznych, biologicznych lub odżywczych, często niebezpiecznych dla zdrowia lub życia przez obecność toksyn lub alergenów, o których nie wspomniano na etykiecie produktu (Walczak & Barczewski, 2016). Najwyższym kryterium oceny jakościowej produktów spożywczych, jest gwarantowanie przez producenta ich bezpieczeństwa wynikającego z zachowania wysokiej czystości mikrobiologicznej surowców i pomieszczeń produkcyjnych, prawidłowego prowadzenia procesu technologicznego, utrzymania higieny osobistej personelu i dobór odpowiednich opakowań. Niestety obecnie zafałszowania żywności,

przez nieuczciwych producentów stanowią globalny problemem i poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego (Al Mamun et al., 2021; Goluch, 2021). Dlatego na całym świecie funkcjonują instytucje kontrolujące jakość żywności i jej bezpieczeństwo, w tym wykrywające jej zafałszowania.

W Unii Europejskiej od 1979 roku funkcjonuje system Systemu Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności RASFF (ang. Rapid Alert System for Food and Feed), który umożliwia wymianę informacji między państwami na temat bezpieczeństwa żywności oraz środków podjętych przez odpowiednie organy kontrolujące zafałszowania żywności (Bánáti & Klaus, 2010; Pięłowski, 2020). W Polsce, zgodnie z art. 85 Ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, Główny Inspektor Sanitarny kieruje siecią systemu RASFF.

Od 2011 na szczelbu międzynarodowym roku działa przedsięwzięcie nazywane operacją Opson (z języka greckiego - food), organizowane przez Interpol (ang. International Criminal Police Organization) i Europol (ang. European Police Office). Operacja Opson skupia się na dwóch aspektach: wykrywaniu podrabiania żywności i napojów oraz zafałszowań prowadzących do zaniżania jakości produktów żywnościowych (Kowalczyk, 2018). W 2013 r. powołano Europejską Sieć ds. Zafałszowań Żywności EU FNN (ang. European Union Food Fraud Network), w której państwa wymieniają między sobą informacje dotyczące potencjalnego łamania prawa w łańcuchu żywnościowym za pośrednictwem Systemu Pomocy i Współpracy Administracyjnej AAC (ang. Administrative Assistance and Cooperation System), a który funkcjonuje od 2015. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/1715 z dnia 30 września 2019 r. ustanawiające przepisy dotyczące funkcjonowania systemu zarządzania informacjami w zakresie kontroli urzędowych oraz jego składników systemowych włączyło system RASFF do sieci powiadamiania i współpracy, w której skład wchodzi także system współpracy i pomocy administracyjnej AAC i FNN (Komisja Unii Europejskiej, 2019).

W Polsce organami urzędowej kontroli żywności i niedopuszczenia do obrotu tej mogącej stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt są: Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS), Państwowa Inspekcja Sanitarna (PIS), Inspekcja Weterynaryjna (IW), Państwowa Inspekcja Handlowa (PIH) i Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa (PIORiN).

Jedną z grup produktów spożywczych narażonych na proceder fałszowania przez producentów od wieków na całym świecie są mleko i przetwory mleczne. Ponieważ jest to grupa środków spożywczych licznie spożywana

przez konsumentów na całym świecie, to jako żywność zafałszowana może stanowić zagrożenie dla jego zdrowia (Azad & Ahmed, 2016; Sawicki, 2009; Walczak & Barczewski, 2016).

Celem pracy było przedstawienie problemu fałszowania produktów nabiałowych w kraju i w województwie dolnośląskim oraz ocena wiedzy konsumentów z tego terenu na temat zafałszowań tej grupy produktów spożywczych.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono dwa rodzaje badań. Pierwsze badanie dotyczyło analizy Sprawozdań Rocznych Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych z lat 2015-2020 podanych do publicznej wiadomości IJHARS (<https://www.gov.pl/web/ijhars/sprawozdanie-roczne>, 2022) oraz analizy dokumentacji z kontroli planowanych i doraźnych w Wojewódzkim Inspektoracie Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych we Wrocławiu, a dotyczących zafałszowań produktów nabiałowych.

Drugie badanie przeprowadzono wśród 106 respondentów, dorosłych mieszkańców województwa dolnośląskiego (VI-VII 2020 roku) bezpośrednio metodą ankietową PAPI (ang. Paper And Pen Personal Interview) oraz, ze względu na ogłoszony lockdown z powodu pandemii wirusa SARS-CoV-2, pośrednią metodą CAWI (ang. Computer Assisted Web Interview) z wykorzystaniem formularza Google. Opracowano autorski kwestionariusz na potrzeby tych badań, w którym zawarto pytania zamknięte oraz pytania otwarte i półotwarte. Wśród pytań zamkniętych ujęto pytania dysjunktywne, gdzie możliwe było zaznaczenie tylko jednej odpowiedzi, pytania koniunktywne, gdzie do wyboru była więcej niż jedna odpowiedź. W kwestionariuszu znalazło się pytanie warunkowe, którego odpowiedź była uzależniona od wcześniejszego pytania filtrującego (Babbie, 2004). W ankiecie znalazły się pytania metryczkowe dotyczące danych społeczno-demograficznych respondentów oraz ich wiedzy na temat zafałszowań żywności, metod ich wykrywania i zagrożeń zdrowotnych wynikających z jej spożycia. Respondentów obojga płci (N = 106) podzielono na dwie kategorie wiekowe: 18-30 lat (n = 46 osób) oraz > 31 roku życia (n = 60 osób).

Do analizy uzyskanych wyników wykorzystano elementy statystyki opisowej.

Tabela 1. Kontrole jakości handlowej produktów nabiałowych wśród producentów przeprowadzone przez WIJHARS we Wrocławiu w latach 2015-2020 roku.

Rok/grupa towarowa	Sery twarogowe niedojrzewające	Sery podpuszczkowe dojrzewające	Sery podpuszczkowe niedojrzewające	Masło	Jogurt	Kefir	Maślanka	Śmietanka i śmietanka	Tłuszcz mleczny do smarowania	Serwatka w proszku	Mleko
Liczba partii skontrolowanych artykułów rolno-spożywczych											
2015	1	10	1	2	1	2	3	1	0	0	0
2016	3	2	0	2	0	1	1	5	1	0	0
2017	4	4	0	2	0	3	3	1	0	0	0
2018	3	2	0	3	1	1	0	0	2	0	0
2019	2	2	0	2	0	0	0	1	0	3	0
2020	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Razem	16	22	1	13	2	6	7	8	3	3	3
Wielkość skontrolowanych partii [kg]											
2015	8,957	683,646	38,0	1240	12,3	446,88	114,0	386,0	0	0	0
2016	594,249	956,82	0	1200,0	0	1026,0	150,0	1522,86	1300,0	0	0
2017	3382,126	1064,958	0	1776,0	0	2867,16	266,5	2021,76	0	0	0
2018	1328,2	526,9	0	2040,0	79,2	63,35	0	0	0	0	0
2019	469,366	310,162	0	1373,0	0	0	0	16,0	0	184000,0	0
2020	1108,08	661,7	0	1633,0	0	0	0	0	0	0	1116,0
Razem	6890,978	3604,186	38,0	9262,0	91,5	4403,39	530,5	3946,62	1300,0	184000,0	1116,0
Liczba partii, w których stwierdzono nieprawidłowości											
2015	1	8	1	1	0	1	1	1	0	0	0
2016	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2017	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2018	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2020	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	4	9	1	1	0	1	2	2	0	2	0
Wielkość partii, w których stwierdzono nieprawidłowości [kg]											
2015	8,957	135,504	38,0	1000,0	0	91,2	114,0	386,0	0	0	0
2016	249,5	0	0	0	0	0	0	19,2	0	0	0
2017	480,086	0	0	0	0	0	199,0	0	0	0	0
2018	227,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16000,0	0
2020	0	390,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	965,743	525,504	38,0	1000,0	0	91,2	313,0	405,2	0	16000,0	0

WYNIKI

Częstość wykrywania zafałszowań produktów nabiałowych w Polsce w latach 2015-2020

W 2015 r. w kraju Inspekcje Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych zbadały 166 partii mleka i przetworów mlecznych i zakwestionowały 5,4% wszystkich skontrolowanych partii. W zakresie oznakowania przeanalizowano 5726 partii, w tym w 183 stwierdzono niezgodności. Nieprawidłowe oznakowanie posiadało 3,2% partii, a dotyczące niewłaściwego wyszczególnienia alergenów dotyczyło 0,6% partii. W 2016 r. kontroli poddano 313 partii przetworów mlecznych, z czego 8% zakwestionowano. W zakresie oznakowania sprawdzono 5815 produktów, w tym 244 zakwestionowano ogólnie, 4 ze względu na zastosowaną czcionkę, 42 z uwagi na sposób przedstawienia informacji o alergenach bądź ich braku. W 2017 r. zbadano 90 partii przetworów mlecznych i nieprawidłowości stwierdzono w 11, głównie ze względu na niezgodne z prawdą oświadczenia żywieniowe. Z zakresu oznakowania zakwestionowano 0,8% z 5459 skontrolowanych partii z uwagi na informacje o alergenach bądź braku informacji o miejscu pochodzenia produktu. W 2018 r. nieprawidłowości stwierdzono w 9,3% partii z 257 skontrolowanych. Odnośnie do etykietowania sprawdzono 4129 partii, w tym 95 zakwestionowano, co stanowiło 2,3% partii. W 2019 roku w wyniku kontroli, zakwestionowano 5,2% przetworów mlecznych, biorąc pod uwagę badania fizyko-chemiczne, a z powodu błędnego oznakowania 9,1%. Natomiast w 2020 oceniono jakość handlową mleka, masła, mlecznych napojów fermentowanych, serków, przetworów mlecznych w proszku i zakwestionowano 0,7% produktów ze względu na nieodpowiednie cechy organoleptyczne, natomiast w zakresie błędnego znakowania 7,9%.

Częstość wykrywania zafałszowań produktów nabiałowych w województwie dolnośląskim

WIJHARS we Wrocławiu w 2015 r. skontrolowała łącznie 2929,783 kg partii produktów nabiałowych. Nieprawidłowości stwierdzono w 1773,661 kg, co stanowiło około 61% zbadanych partii produktów. Zakwestionowane zostały wszystkie skontrolowane grupy towarowe (z wyjątkiem jogurtów) sery twarogowe niedojrzewające, podpuszczkowe dojrzewające i niedojrzewające, maślanka, śmietanka, masło oraz kefir (tab. 1).

W 2016 r. WIJHARS we Wrocławiu przeprowadziła kontrolę w 15 partiach przetworów mlecznych, czyli łącznie w 6749,929 kg produktów. W dwóch partiach, które stanowiły 268,7 kg stwierdzono nieprawidłowości, które dotyczyły serów twarogowych niedojrzewających oraz śmietany i śmietanki (tab. 1).

W 2017 r. WIJHARS we Wrocławiu skontrolowała 11112,004 kg przetworów mlecznych takich jak: sery twarogowe niedojrzewające i podpuszczkowe dojrzewające, masło, kefir, śmietanę oraz 1160,5 dm³ maślanki. Zakwestionowano aż 480,086 kg serów twarogowych niedojrzewających oraz 199,0 dm³ maślanki (tab. 1).

W 2018 r. WIJHARS we Wrocławiu przeprowadził kontrolę 4037,65 kg produktów nabiałowych, z których zakwestionowano 227,2 kg, a nieprawidłowości dotyczyły serów twarogowych niedojrzewających (tab. 1).

W 2019 r. skontrolowano 10 partii produktów mlecznych, co stanowiło 20568,528 kg. Nieprawidłowości stwierdzono w dwóch partiach serwatki w proszku o masie 16000,0 kg (tab. 5).

W 2020 r. zbadano 3402,795 kg przetworów mlecznych takich jak: sery podpuszczkowe dojrzewające, sery twarogowe niedojrzewające, masło oraz 1116,0 dm³ mleka. Zakwestionowano 390,0 kg serów podpuszczkowych dojrzewających (tab.1).

Tabela 2. Kontrole jakości handlowej produktów nabiałowych w handlu detalicznym przeprowadzone przez WIJHARS we Wrocławiu w 2020 roku.

Lp.	Grupa towarowa	Liczba partii skontrolowanych artykułów rolno-spożywczych	Wielkość skontrolowanych partii	J	Liczba partii, w których stwierdzono nieprawidłowości	Wielkość partii, w których stwierdzono nieprawidłowości	J
1.	Sery twarogowe niedojrzewające	1	1,04	kg	1	1,04	kg
2.	Sery podpuszczkowe dojrzewające	3	19,5	kg	0	0	kg
3.	Masło	3	37,2	kg	0	0	kg
4.	Jogurt	2	5,94	kg	0	0	kg
5.	Kefir	1	14,04	kg	0	0	kg
Razem		10	77,72	kg	1	1,04	kg

J = jednostka

Źródło: Wojewódzka Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych we Wrocławiu 2020.

Dodatkowo WIJHARS we Wrocławiu w 2020 r. w handlu detalicznym skontrolowała 77,72 kg produktów nabiałowych, z których 1,04 kg serów twarogowych niedojrzewających zakwestionowano (tab. 2).

RODZAJ ZAFALSZOWAŃ PRODUKTÓW NABIAŁOWYCH W WOJEWÓDZTWIE DOLNOŚLĄSKIM

Rodzaj zafałszowań produktów nabiałowych w województwie dolnośląskim

W latach 2015-2020 w wyniku przeprowadzonych przez WIJHARS we Wrocławiu, kontroli wśród producentów stwierdzono głównie nieprawidłowości w oznakowaniu produktów. W 2015 r. we wszystkich skontrolowanych grupach towarowych, oprócz jogurtu, stwierdzono błędy w etykietowaniu. W produktach: ser twarogowy niedojrzewający, ser podpuszczkowy dojrzewający, ser podpuszczkowy niedojrzewający oraz maślance nie podkreślono w wyraźny sposób składników alergennych. W serach zwrócono uwagę na brak informacji takich jak numer partii czy nazwa firmy lub niepoprawność niektórych. W maślance oraz w serze podpuszczkowym dojrzewającym w wyniku badań laboratoryjnych stwierdzono obecność mleka krowiego, które nie zostało wymienione w składzie produktu umieszczonym na etykiecie. Z informacji zawartej na opakowaniu śmietanki wynikało, iż został użyty stabilizator E471, co nie było zgodne ze stanem faktycznym. W 2016 r. nieprawidłowości rozpoznano w wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych i stwierdzono, że w serze twarogowym niedojrzewającym, a także w śmietanie i śmietance, była niezgodna z prawdą informacja odnośnie do zawartości tłuszczu w produkcie. W serze zawartość tłuszczu została zawyżona, natomiast w śmietanie i w śmietance zaniżona. Ponadto w serze stwierdzono zawyżoną zawartość wody.

W 2017 r. w serze twarogowym niedojrzewającym, a także maślance, stwierdzono na podstawie badań laboratoryjnych zawyżoną zawartość tłuszczu w suchej masie. W 2018 r. stwierdzono w serze twarogowym niedojrzewającym zaniżoną zawartość soli kuchennej. W 2019 r. w wyniku kontroli wykryto nieprawidłowy sposób podania minimalnej daty trwałości serwatki w proszku, a także rozbieżności w nazwie produktu. W 2020 r. wszelkie niezgodności dotyczyły oznakowania serów podpuszczkowych dojrzewających. Na skutek przeprowadzonej kontroli stwierdzono, że w sposób niewłaściwy podano informacje dotyczące wartości odżywczej produktu, tj. nie

wyszczególniono wszystkich składników, a także wymieniono je w niewłaściwej kolejności. Masa podana na opakowaniu nie określała, czy jest to masa netto czy brutto oraz sformułowano dwie różniące się od siebie informacje dotyczące warunków przechowywania serów.

Kary dla producentów za zafałszowania produktów nabiałowych

Na podstawie Ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 roku o bezpieczeństwie żywności i żywienia kto produkuje lub wprowadza do obrotu środek spożywczy zepsuty lub zafałszowany, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do roku. Dlatego WIJHARS we Wrocławiu w wyniku przeprowadzonych kontroli w latach 2015-2020 wydała liczne decyzje, a także zalecenia pokontrolne. Na skutek błędów w kwestii znakowania produktów nakazano głównie dostosować oznakowania wprowadzanych do obrotu handlowego artykuły do obowiązujących w tym zakresie uregulowań prawnych.

W zależności od stopnia stwierdzonych nieprawidłowości kary pieniężne za wprowadzenie do obrotu wyrobów nieodpowiadających jakości handlowej wahały się w przedziale 120-2000 zł, natomiast za wprowadzenie do obrotu zafałszowanej partii WIJHARS we Wrocławiu nałożył karę w wysokości 1000 zł. Za nieusunięcie nieprawidłowości, które zostały wykryte we wcześniejszej kontroli, a określone wówczas jako zalecenie pokontrolne, producent został ukarany grzywną w kwocie 1100 zł. Na skutek niezgodności, które zostały określone jako niski stopień szkodliwości bądź niewielki zakres naruszenia, odstąpiono od nałożenia kar.

Wyniki danych ankietowych wśród respondentów mieszkańców województwa dolnośląskiego

Badaną grupę respondentów stanowiły głównie (tab. 3) osoby zamieszkujące miasta między 100-500 tysięcy mieszkańców (częściej w wieku > 31 lat), z wykształceniem średnim, zawodowym (częściej wieku > 31 lat) i wyższym (częściej w wieku 18-30 lat). Ponad połowę respondentów stanowiły osoby pracujące (częściej w wieku > 31 lat). Biorąc pod uwagę sytuację materialną blisko połowa respondentów określiła ją jako dobrą (częściej w wieku 18-30 lat lub wystarczającą (częściej w wieku > 31 lat).

Tabela 3. Odsetek [%] respondentów w zależności od odpowiedzi w ankiecie (N = 106).

Odpowiedzi	Wiek 18-30 lat (n = 46)		Wiek > 30 lat (n = 60)		Ogółem (N = 106)	
	n	%	n	%	n	%
Miejsce zamieszkania:						
- wieś	5	10,9	4	6,6	9	8,5
- miasto do 100 tys. mieszkańców	9	19,6	10	16,7	19	17,9
- miasto 100-5000 tys. mieszkańców	14	30,4	37	61,7	51	48,1
- miasto > 500 tys. mieszkańców	18	39,1	9	15,0	27	25,5
Wykształcenie:						
- podstawowe lub gimnazjalne	0	0	0	0	0	0
- zawodowe	0	0	29	48,3	29	27,4
- średnie	17	34,1	22	36,7	40	37,7
- policealne	1	2,2	4	3,7	5	4,7
- wyższe	27	58,7	5	8,3	32	30,2
Status zawodowy:						
- osoba ucząca się (uczeń/student)	15	32,6	2	3,3	17	16,0
- osoba ucząca się i pracująca	17	37,0	1	1,7	18	17,0
- osoba pracująca	13	28,2	51	85,0	64	60,4
- osoba bezrobotna	0	0	0	0	0	0
- osobna na urlopie macierzyńskim./ ojcowskim/wychowawczym	1	2,2	1	1,7	2	1,9
- rencista/emeryt	0	0	5	8,3	5	4,7
Sytuacja materialna:						
- zła	3	6,5	9	15,0	12	11,3
- wystarczająca	16	34,8	28	46,6	44	41,5
- dobra	24	52,2	22	36,7	46	43,4
- bardzo dobra	3	6,5	1	1,7	4	3,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Prawie wszyscy respondenci zadeklarowali (w pytaniu wilekkrotnego wyboru), że wiedzę (tab. 4) na temat bezpieczeństwa żywności głównie czerpali z Internetu (częściej w wieku 18-30 lat), ponad połowa z telewizji (częściej w wieku > 31 lat), a tylko 1/5 z czasopism popularno-naukowych. Z wiedzy zawartej w branżowych bądź naukowych czasopismach i książkach lub od dietetyków/specjalistów ds. żywienia, korzystał tylko niewielki odsetek badanych (częściej w wieku > 31 lat).

Biorąc pod uwagę znajomość pojęcia żywności zafałszowanej, to zaledwie połowa respondentów (57,5%) wskazała na prawidłową definicję, spośród trzech innych nieprawidłowych definicji. Pojęcie to znało więcej osób w wieku 18-30 lat (65,2%), niż w wieku > 30 lat (50%).

Według ponad połowy respondentów najczęściej stosowanymi przez producentów żywności praktykami mającymi na celu fałszowanie żywności (tab. 5) jest dodanie do produktu składnika, który obniża jego wartość odżywczą lub zmienia jego skład, lub że przeprowadzono zabiegi, które nadały

środkowi spożywcemu wygląd produktu o należytej jakości, lub zastąpiono drogie pełnowartościowe składniki tańszymi odpowiednikami oraz, że przy produkcji użyto wody w celu rozcieńczenia produktu. Osoby w wieku 18-30 lat przede wszystkim wskazywały na rozcieńczanie produktu wodą, natomiast osoby > 31 lat na obniżanie wartości odżywczej lub zmiany składu przed dodanie określonego składnika.

Tabela 4. Odsetek respondentów (%) w zależności od źródła informacji na temat bezpieczeństwa żywności. Pytanie wielokrotnego wyboru, (N = 211 odpowiedzi).

Źródła wiedzy	Osoby 18 -30 lat (n = 46)	Osoby ≥ 31 lat (n = 60)	Ogółem (N = 106)
Internet	95,7	68,3	80,2
Telewizja	41,3	70,0	57,5
Czasopisma branżowe	6,5	15,0	11,3
Czasopisma naukowe	19,6	8,3	13,2
Czasopisma popularno-naukowe	23,9	11,7	17,0
Książki branżowe	2,2	0,0	0,9
Książki naukowe	15,2	0,0	6,6
Dietetyk/spec. ds. żywienia człowieka	17,4	8,3	12,3

Tabela 5. Odsetek respondentów (%) w zależności od najczęściej stosowanych praktyk przez producentów w celu sfałszowania żywności. Pytanie wielokrotnego wyboru, (N = 371 odpowiedzi).

Praktyki stosowanie przez producentów w celu sfałszowania żywności.	Osoby 18 -30 lat (n = 46)	Osoby ≥ 31 lat (n = 60)	Ogółem (N = 106)
Do produktu dodano składnik, który obniża jego wartość odżywczą lub zmienia jego skład.	58,7	68,3	64,2
Przy produkcji użyto wody w celu rozcieńczenia produktu.	80,4	51,7	64,2
Utajono informacje na temat zawartego w produkcie składnika szkodliwego bądź małowartościowego.	47,8	38,3	42,5
Zastosowano napisy w obcym języku i umieszczono szatę graficzną sugerującą pochodzenie wyrobów z importu.	34,8	26,7	30,2
Przeprowadzono zabiegi, które nadały środkowi spożywcemu wygląd produktu o należytej jakości.	63,0	46,7	53,8
Zastąpiono drogie pełnowartościowe składniki tańszymi odpowiednikami.	76,1	65,0	69,8
Nieprawidłowo etykietowano produkt.	34,8	18,3	25,5

Biorąc pod uwagę zajętość instytucji zajmujących się wykrywaniem zafałszowań żywności to pozytywnym jest fakt, że ponad 2/3 respondentów (częściej w wieku 18-30 lat) wskazało prawidłowo Inspekcję Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych (tab. 6). Ponad połowa badanych wskazała też Państwową Inspekcję Sanitarną i Państwową Inspekcję Handlową. Niestety były też osoby, które wskazywały inne instytucje bez takich kompetencji, celowo umieszczone w ankiecie.

Tabela 6. Odsetek respondentów (%) w zależności od instytucji zajmujących się wykrywaniem i przeciwdziałaniem fałszowaniu żywności. Pytanie wielokrotnego wyboru, (N = 233 odpowiedzi).

Institucje	Osoby 18 -30 lat (n = 46)	Osoby ≥ 31 lat (n = 60)	Ogółem (N = 106)
Inspekcja Weterynaryjna	17,4	21,7	19,8
Państwowa Inspekcja Handlowa	58,7	55,0	56,6
Państwowa Inspekcja Pracy	4,0	0,0	1,9
Inspekcja Ochrony Roślin I Nasiennictwa	15,2	8,3	11,3
Instytut Ochrony Środowiska	2,2	1,7	1,9
Państwowa Inspekcja Sanitarna	60,9	40,0	49,1
Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych	91,3	70,0	79,2

W pytaniu dotyczącym bezpieczeństwa produktu nabiałowego dla zdrowia konsumenta (tab. 7) prawie 2/3 respondentów (częściej osoby w wieku 18-30 lat) wskazało datę ważności spożycia produktu oraz fakt, że nie zawiera dodatków funkcjonalnych do żywności (np. konserwantów, barwników). Blisko połowa odpowiedzi dotyczyła uzyskanej przez produkt nagrody lub przyznany znak jakości (częściej osoby > 31 lat).

Jako metody wykrywania zafałszowań produktów nabiałowych (tab. 8) blisko 2/3 respondentów wskazała na fizyko-chemiczne (częściej w wieku > 31 lat), a co czwarta biologii molekularnej (częściej w wieku 18-30 lat).

Spośród sposobów fałszowania produktów nabiałowych prawie 2/3 respondentów wskazywało na dodawanie wody do mleka surowego, a blisko co drugi zmianę gatunków mleka przy produkcji serów (tab. 9).

Tabela 7. Odsetek respondentów (%) w zależności od czynników świadczących o tym, że dany produkt nabiałowy jest bezpieczny dla zdrowia. Pytanie wielokrotnego wyboru, (N = 355 odpowiedzi).

Czynniki	Osoby 18 -30 lat (n = 46)	Osoby ≥ 31 lat (n = 60)	Ogółem (N = 106)
Marka	32,6	38,3	35,8
Miejsce zakupu	13,0	21,7	17,9
Data ważności spożycia produktu	71,7	65,0	67,9
Uzyskana przez produkt nagroda lub przyznany znak jakości	39,1	55,0	48,1
Wyprodukowany w oparciu o systemy jakości potwierdzone certyfikatem	41,3	40,0	40,6
Nie zawiera dodatków funkcjonalnych do żywności (np. konserwantów, barwników)	56,5	51,7	53,8
Oświadczenia zdrowotne umieszczone na opakowaniu (np. zabiega osteoporozie, cukrzycy)	15,2	11,7	13,2
Oświadczenie żywieniowe umieszczone na opakowaniu (np.: wartość odżywcza, bez glutenu, bez laktozy, bez GMO, zawiera błonnik)	32,6	40,0	36,8
Cena	4,3	33,3	20,8

Tabela 8. Odsetek respondentów (%) w zależności od metody służących do wykrywania zafałszowań produktów nabiałowych. Pytanie wielokrotnego wyboru, (N = 182 odpowiedzi)

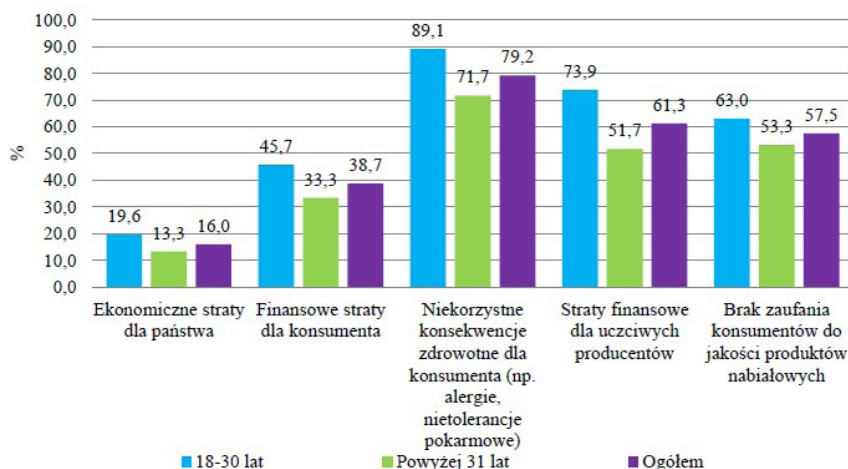
Metody	Osoby 18 -30 lat (n = 46)	Osoby ≥ 31 lat (n = 60)	Ogółem (N = 106)
Immunologiczne	23,9	15,0	18,9
Biologii molekularnej	41,3	18,3	28,3
Chromatograficzne	30,4	3,3	15,1
Elektroforetyczne	13,0	1,7	6,6
Enzymatyczne	26,1	13,3	18,9
Izotopowe	15,2	1,7	7,5
Elektryczny nos	17,4	0,0	7,5
Fizyko-chemiczne	54,3	80,0	68,9

Tabela 9. Odsetek respondentów (%) w zależności od praktyk stosowanych przez producentów w celu sfałszowania produktów nabiałowych. Pytanie wielokrotnego wyboru, (N = 370 odpowiedzi).

Praktyki stosowane przez producentów	Osoby 18 -30 lat (n = 46)	Osoby ≥ 31 lat (n = 60)	Ogółem (N = 106)
Dodawanie wody do mleka surowego	73,9	73,3	73,6
Zobojętnienie nadkwaszonego mleka	28,3	25,0	26,4
Dodawanie tańszego mleka krowiego do droższego mleka koziego bądź owczego	63,0	30,0	44,3
Dodawanie do masła tłuszczu roślinnego	71,7	58,3	64,2
Dodatek twarogu bądź zsiadłego mleka do śmietany	34,8	18,3	25,5
Zmiana gatunków mleka przy produkcji serów np. oscypków	67,4	33,3	48,1
Sprzedż nieświeżych produktów	30,4	18,3	23,6
Brak wykazanych w składzie dodatków do żywności znajdujących się w produkcie	45,7	41,7	43,4

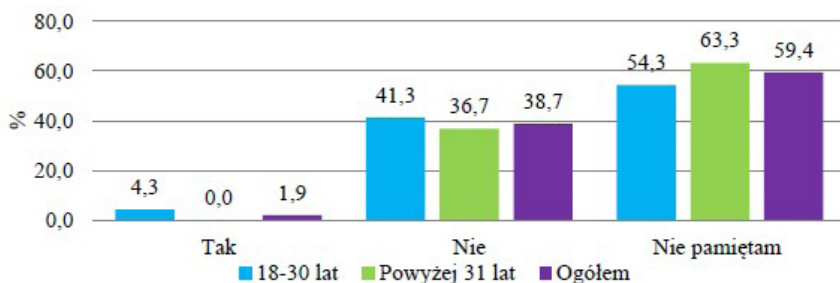
Według połowy respondentów (częściej w wieku 18-30 lat) konsekwencjami stosowania przez producentów praktyk fałszowania żywności (rys.1) są niekorzystne konsekwencje zdrowotne dla konsumenta (np. alergie, nietolerancje pokarmowe), straty finansowe dla uczciwego producenta oraz brak zaufania konsumentów do jakości produktów nabiałowych.

Rysunek 1. Odsetek respondentów (%) w zależności od konsekwencji stosowania przez producentów praktyk fałszowania żywności nabiałowej. Możliwość zaznaczenia więcej niż jednej odpowiedzi, (N=268).



Pozytywnym jest fakt, że tylko niewielki odsetek respondentów (wyłącznie w wieku 18-30 lat) dotychczas miał negatywne doświadczenie z zafałszowanym produktem spożywczym (rys.2).

Rysunek 2. Odsetek respondentów (%) w zależności od doświadczenia z zafałszowanym produktem spożywczym, (N=106).



DYSKUSJA

Zadaniem Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych jest przede wszystkim ochrona konsumentów i producentów poprzez zapewnienie dostępu do rzetelnych informacji na temat artykułów rolno-spożywczych oraz przeciwdziałanie nieuczciwym praktykom rynkowym. Dczyżje dotyczące zafałszowań tych artykułów, wydane na podstawie art. 29 oraz art. 40a ust. 1 pkt 4 Ustawy z 2000 roku o jakości handlowej artykułów (z póź. zm.) rolno-spożywczych, są upubliczniane (Ustawa z Dnia 21 Grudnia 2000 r. o Jakości Handlowej Artykułów Rolno - Spożywczych, 2000) . Z przeprowadzonej analizy dokumentacji IJHARS z lat 2015-2020 wynika, że produkty nabiałowe nie są wolne od zafałszowań zarówno na obszarze całego kraju, jak i w województwie dolnośląskim. Zafałszowania głównie dotyczą nieprawidłowego oznakowania, jak i obecności niezadeklarowanych związków, które wpływają na wartość odżywczą produktów. Jest to zbieżne z danymi znajdującymi się w systemie RASF, jak i AACCS (ang. Administrative Assistance and Cooperation System). W systemie RASF w okresie 01.01.2015 do 31.12.2020 roku odnotowano 81 notyfikacji w obrębie grupy technologicznej: mleko i produkty mleczne. Zgłoszenia dotyczyły m.in. obecności środków dezynfekcyjnych w mleku surowym, pozostałości bakteryjnych inhibitorów wzrostu (β -laktamy) w surowym mleku wykorzystywanym do produkcji serów, niezadeklarowana obecność jaj w serze, brak wyszczególnienia alergenów, cząstki metalu, szkła i plastiku w serze, obecność laktozy w śmietanie bezlaktozowej,

ale też niezgodności w procesie produkcyjnym. Istotnym niebezpieczeństwem zdrowotnym dla konsumentów były też zanieczyszczenia mikrobiologiczne. Niestety trzy zgłoszenia odnosiły się do Polski i dotyczyły obecności: pleśni w czekoladowym batonie z masy twarogowej, *Listeria monocytogenes* w serze kozim oraz chloramfenikolu w serwatce w proszku (European Commission RASFF, 2019).

Biorąc pod uwagę publikowane przez Komisję Europejską Raporty Systemu Pomocy i Współpracy Administracyjnej AACCS w 2015 było zgłoszonych 8 przypadków zafałszowań żywności, ale nie umieszczono informacji na temat produktów nabiałowych. W 2016 roku na 146 złoszeń zafałszowań żywności 17 przypadków dotyczyło mleka i przetworów mlecznych. W latach 2017-2019 obserwowano zwiększenie ilości zgłaszanych przypadków zafałszowań żywności (analogicznie 178; 234; 292), jednak nie wyszczególniono w nich produktów nabiałowych. Natomiast w 2020 roku odnotowano, 349 zgłoszeń, z czego 8 dotyczyło mleka i produktów mlecznych. Stwierdzono w 22% skontrolowanych paratiach hiszpańskiego sera mozzarella, oznakowanego jako pochodzenia bawolego, dodatek mleka krowiego (European Commission, 2022).

Ponieważ mleko i jego przetwory należą do grup produktów popularnie spożywanych przez społeczeństwo polskie dlatego istnieje ryzyko zakupu produktów również zafałszowanych, co stanowi ryzyko zdrowotne dla konsumentów, tym bardziej nieświadomych takiego zagrożenia. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (Główny Urząd Statystyczny, 2022) w latach 2015-2020 spożycie w gospodarstwach domowych mleka świeżego obniżyło się z 3,15 l do 3,06 l, natomiast jogurtów wzrosło od 0,5 kg do 0,57 kg, a serów i twarogów od 9,83 kg do 0,95 kg na osobę/miesiąc. W województwie dolnośląskim w tych samych latach spożycie mleka wzrosło z 3,04 l do 3,15 l, jogurtów z 0,57 kg do 0,58 kg, a serów i twarogów z 0,95 kg do 1,04 kg na osobę/miesiąc. Dlatego zasadnym było przeprowadzenie badania ankietowego wśród konsumentów województwa dolnośląskiego dotyczącego wiedzy na temat fałszowania tej grupy produktów.

W badaniu ankietowym udział wzięło 106 osób, w którym kobiety stanowiły 73,6% a mężczyźni 26,4%. Podobne badanie zostało przeprowadzone przez Ingaldi & Dziuba (2017), dotyczącym postrzegania bezpieczeństwa żywności przez polskich konsumentów wśród 429 osób, w tym 89,1% kobiet oraz 10,9% mężczyzn. W badaniu własnym respondenci zostali podzieleni na dwie grupy wiekowe z podobną liczebnością 18-30 lat (43,4%) oraz > 31 lat (56,6%), podobnie jak w badaniu Kowalskiej (2018), dotyczącym wiedzy

konsumentów na temat bezpieczeństwa żywności, w którym respondenci w wieku 18-40 lat stanowili 57,8%, a powyżej 41 lat – 42,2%. Biorąc pod uwagę miejsce zamieszkania to respondenci w badaniu własnym zamieszkiwali głównie miasta o średniej liczebności, podobnie jak w badaniach Ingaldi & Dziuba (2017), w których również najwięcej respondentów mieszkało w średnich miastach (45,4%). Respondenci w badaniu własnym głównie posiadali wykształcenie zawodowe i średnie. Odmiennie w badaniu Piotrowska-Puchała (2018), dotyczącym preferencji konsumentów oraz jakości i bezpieczeństwa nabywanej żywności, spośród 150 osób 61,5% ankietowanych posiadało wykształcenie wyższe. Status zawodowy respondentów w badaniu własnym to przede wszystkim osoby wyłącznie pracujące, podobnie jak w badaniu Ingaldi & Dziuba (2017), w którym udział osób pracujących wynosił 81,4%. Swoją sytuację materialną respondenci w badaniu własnym określili jako dobrą, bądź wystarczającą, podobnie jak w badaniu Piotrowska-Puchała (2018), w którym taką sytuację zadeklarowało 57% badanych. A jak wynika z badań to właśnie czynniki ekonomiczne są bardzo istotną determinantą wyboru żywności (Babicz-Zielińska & Jeżewska-Zychowicz, 2015).

W badaniach własnych respondenci głównie czerpali wiedzę na temat bezpieczeństwa żywności z internetu, następnie z telewizji oraz z fachowych czasopism. Podobne źródła wiedzy na ten temat wskazali respondenci Kowalskiej (2018): internet 71,4%, telewizję 37,4% i czasopisma 29,3% badanych.

Zjawisko fałszowania żywności tylko połowa respondentów w badaniach własnych prawidłowo określiła jako zmianę składu bądź właściwości środka spożywczego bez wiedzy konsumenta. Natomiast w badaniu Stój et al., (2015) aż 73,9% respondentów stwierdziło, że produkt zafałszowany to taki, w którym dokonano zabiegów, które zmieniły lub ukryły jego rzeczywisty skład lub nadały mu wygląd produktu zgodnego z przepisami dotyczącymi jakości handlowej.

W badaniach własnych najwięcej respondentów wskazywało, że najczęściej stosowanymi, przez producentów praktykami w celu zafałszowania żywności, jest dodawanie do produktu spożywczego składnika, który zmienia jego skład bądź obniża jego wartość odżywczą bądź zastąpienie tańszymi odpowiednikami drogich i pełnowartościowych składników. Opinie ankietowanych zgadzają się z wynikami kontroli przeprowadzonymi przez IJHARS, zarówno na terenie kraju, jak i województwa dolnośląskiego, ale są też zbieżne z danymi znajdującymi się w systemie RASFF.

Inspekcja Jakości Handlowej i Artykułów Rolno – Spożywczych, w badaniach własnych, była najczęściej wskazywana przez respondentów jako

instytucja zajmująca się kontrolowaniem autentyczności środków spożywczych. Podobny wynik uzyskali w badaniach Stój et al., (2015), w których 68% respondentów wskazało również tą instytucję.

W badaniach własnych respondenci głównie nie pamiętali, bądź nie spotkali się z dotychczas z zafałszowanym produktem spożywczym. W ich opinii o bezpieczeństwie produktu decyduje data ważności spożycia produktu oraz informacja, że dany środek spożywczy nie zawiera dodatków funkcjonalnych do żywności. Najmniej ankietowanych bezpieczeństwo żywności wiązało z miejscem zakupu, a następnie z oświadczeniem zdrowotnym umieszczonym na opakowaniu. Podobnie w badaniach przeprowadzonych przez Ingaldi & Dziuba (2017) respondenci uważali, że bezpieczeństwo produktu warunkowane było datą ważności (68,5%) oraz przez brak użycia konserwantów w procesie produkcji (57,4%), a miejsce zakupu stanowiło niewielki odsetek odpowiedzi (12,6%).

Do wykrywania zafałszowań produktów nabiałowych stosuje się różne metody analityczne m.in. fizyko-chemiczne, chromatograficzne (HPLC), spektroskopowe, ogniskowanie izoelektryczne, elektroforezę kapilarną, ELISA, czy też biologii molekularnej jak PCE i Real-Time PCR (Abbas et al., 2018; Habza-Kowalska et al., 2019; Sawicki, 2021; Targoński & Stój, 2005; Walczak & Barczewski, 2016). Spośród metod stosowanych do wykrywania zafałszowań produktów nabiałowych respondenci najczęściej wskazywali metodę fizyko-chemiczną, a następnie metodę biologii molekularnej. Podobne badania przeprowadzili Stój et al. (2015), jednak respondenci najczęściej wskazywali metodę chromatograficzną (56%) i izotopową (40%). Natomiast w obu badaniach najmniej znaną respondentom była metoda elektroforetyczna.

Zdaniem Kowalczyk (2009) fałszowanie żywności ma lub może mieć wiele konsekwencji: m.in. ekonomicznych, fiskalnych, zdrowotnych, społecznych, rynkowych, międzynarodowych i etycznych. W przeprowadzonym badaniu własnym respondenci wskazywali przede wszystkim na konsekwencje zdrowotne, finansowe dla konsumenta i społeczne.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że: 1) zafałszowania produktów nabiałowych w kraju i województwie dolnośląskim dotyczą głównie nieprawidłowego oznakowania, występowania niezadeklarowanych składników oraz nieprawidłowego składu produktów; 2) tylko co drugi z respondentów z województwa dolnośląskiego znał pojęcie zafałszowania żywności

i potrafił wskazać jego przykłady w produktach nabiałowych; 3) 2/3 badanych znało konsekwencje stosowania przez producentów praktyk fałszowania żywności nabiałowej; 4) zasadnym jest prowadzenie wśród społeczeństwa kampanii edukacyjnych ukierunkowanych na bezpieczeństwo kupowanych produktów spożywczych; 5) ponadto zasadne jest nagłaśnianie w mass-mediach problemu fałszowania żywności i możliwych konsekwencji zdrowotnych wynikających z jej spożycia.

BIBLIOGRAFIA:

1. Abbas O., Zadavec M., Baeten V., Mikuš T., Lešić T., Vulić A., Prpić J., Jemersić L., Pleadin J., *Analytical methods used for the authentication of food of animal origin*, Food Chemistry, 2018, 246, 6–17.
2. Al Mamun M. A., Biswas B. K., Tabassum Tamanna S., Islam M. B., *An Overview of Food Adulterants and their Health Impacts*, International Journal of Scientific and Research Publications (IJS-RP), 2021, 11(5), 780–796.
3. Azad T., Ahmed S., 2016, *Common milk adulteration and their detection techniques*, International Journal of Food Contamination, 3(1).
4. Babbie E., *Badania społeczne w praktyce*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2004.
5. Babicz-Zielińska E., Jeżewska-Zychowicz M., *Wpływ czynników środowiskowych na wybór i spożycie żywności*, Handel Wewnętrzny, 2015, 2(355), 5–18.
6. Bąk-Sypień I., Karwowski B., *Wpływ zafałszowań na jakość zdrowotną żywności Influence of adulteration on healthy food quality*, Hygeia Public Health, 2018, 53(1), 52–61.
7. Bánáti D., Klaus B., *30 Years of the Rapid Alert System for Food and Feed: An overview on the European Alert Network, combined with a case study on melamine contaminated foods*, European Food and Feed Law Review, 2010, 5(1), 10–21.
8. *Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych*, 2007 1, 2000, (testimony of Dz. U. 2001 Nr 5 poz. 44).

9. European Commission, *Annual Report AACS*, https://ec.europa.eu/food/safety/agri-food-fraud/administrative-assistance-and-cooperation-system_pl#annual_reports, 2022.
10. European Commission RASFF, 2019, RASFF — The Rapid Alert System for Food and Feed — 2018 annual report More, <https://doi.org/10.2875/914558>.
11. Everstine K., Spink J., Kennedy S., *Economically motivated adulteration (EMA) of food: common characteristics of EMA incidents*, *Journal of Food Protection*, 2013, 76(4), 723–735, <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-399>.
12. Główny Urząd Statystyczny, 2022, <https://stat.gov.pl/>.
13. Goluch Z., *Zafalszowania suplementów diety a bezpieczeństwo zdrowotne konsumenta*, Pilarczyk In J., Tomza-Marciniak B., Pilarczyk A., Udała R. (Ed.), *Środowiskowe i genetyczne uwarunkowania zdrowia ludzi i zwierząt*, 2021, s. 121–136.
14. Habza-Kowalska E., Grela M., Gryzinska M., Listos P. 2019, *Molecular techniques for detecting food adulteration*, *Medycyna Weterynaryjna*, 75(7), 404–409.
15. <https://www.gov.pl/web/ijhars/sprawozdanie-roczne>, (n.d.), <https://www.gov.pl/web/ijhars/sprawozdanie-roczne>.
16. Ingaldi M., Dziuba S., *Postrzeganie bezpieczeństwa żywności przez polskich konsumentów*, *Zeszyty Naukowe Quality, Production, Improvement*, 2017, 7(2), 108–117.
17. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej* 1, 2019.
18. Komisja Unii Europejskiej, Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/1715 z dnia 30 września 2019 r. ustanawiające przepisy dotyczące funkcjonowania systemu zarządzania informacjami w zakresie kontroli urzędowych oraz jego składników systemowych, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, 2019, L261/37, 1–60.
19. Kowalczyk S., *Globalizacja, agrobiznes i produkcja żywności*, Kowalczyk In S. (Ed.), *Bezpieczeństwo żywności w erze globalizacji*, 2009, Oficyna Wydawnicza SGH, s. 55.

20. Kowalczyk S., *Wolny rynek a bezpieczeństwo żywności w epoce globalizacji*, Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 2018, 104(4), 15–27.
21. Kowalska A., *Wiedza konsumentów na temat bezpieczeństwa żywności i stosowane przez nich sposoby ograniczania ryzyka zagrożenia*, Handel Wewnętrzny, 2(373), 2018, 246–260.
22. Pięłowski M., *Food hazards on the European Union market: The data analysis of the Rapid Alert System for Food and Feed*, Enhanced Reader, Food Science and Nutrition, 2020, 8, 1603–1627.
23. Piotrowska-Puchała A., *Preferencje konsumentów, jakość i bezpieczeństwo nabywanej przez nich żywności*, Jakość i zarządzanie w agrobiznesie, Wybrane aspekty, Czernyszewicz E., Kołodziej E. (red.), Lublin 2018, s. 84–93.
24. Sawicki W., *Falszowanie żywności od czasów starożytnych do dziś*, Przemysł Spożywczy, 2009, 63(12), 2–6.
25. Sawicki W., *Autentyczność żywności – wykrywanie zafalszowań produktów spożywczych*, Przemysł Spożywczy, 2021, 75(2), 10–15.
26. Spink J., Moyer D. C., *Defining the public health threat of food fraud*, Journal of Food Science, 76(9), 2011, R 157-163.
27. Stój A., Kwiecień K., Mazurkiewicz J., *Wiedza konsumentów na temat zafalszowań żywności*, Bezpieczeństwo zdrowotne żywności: Aspekty mikrobiologiczne, chemiczne i ocena towaroznawcza / pod red. nauk. Joanny Stadnik i Izabelli Jackowskiej. Wyd. Naukowe PTTŻ 2015, s. 309–320.
28. Targoński Z., Stój A., *Zafalszowania żywności i metody ich wykrywania*, Żywność: Nauka - Technologia - Jakość, 4(R. 12, nr 4 (45), Supl.), 2005, 30–40.
29. Van Ruth S. M., Huisman W., Luning P. A., *Food fraud vulnerability and its key factors*, Trends in Food Science & Technology, 2017, 67, 70–75.
30. Walczak E., Barczewski W., *Badania zafalszowań gatunkowych w wybranych produktach mlecznych pochodzenia konwencjonalnego, regionalnego i ekologicznego*, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej Im. Witelona w Legnicy, 2016, 20(3), 107–119.

ADULTERATION OF DAIRY PRODUCTS IN THE LOWER SILESIA VOIVODESHIP AND CONSUMER KNOWLEDGE ABOUT THEIR AUTHENTICITY

Abstract: The study aimed to present the problem of adulteration of dairy products in the country and the Lower Silesia Voivodship and assess the knowledge of consumers in this area about adulteration in this group of food products. The Annual Reports of the Commercial Quality Inspection of Agricultural and Food Products for the years 2015-2020 were analyzed, as well as the inspection documentation at WIJHARS in Wrocław concerning adulteration of dairy products. A survey was conducted among 106 inhabitants of the Voivodeship Lower Silesia concerning the respondents' knowledge of food adulteration. It was found that: adulteration of dairy products in the country and the Lower Silesia Voivodship mainly concerns incorrect labeling, the presence of undeclared ingredients, and incorrect product composition; only every second respondent from the Lower Silesia Voivodeship knew the concept of food adulteration and could indicate its examples in dairy products; 2/3 of the respondents knew the consequences of the practices of adulteration dairy food by producers. It is justified to conduct educational campaigns among the society aimed at the safety of purchased food products and moreover, it is justified to publicize the problem of food adulteration and possible health consequences resulting from its consumption in the media.

Keywords: Food adulteration, dairy products, consumers, knowledge.

KAROLINA JACHIMOWICZ¹, IZABELA GLAC²,
AGATA BIELAK³, ANNA WINIARSKA-MIECZAN⁴,
MAŁGORZATA KWIECIEŃ⁵, KATARZYNA KOLASA⁶

OCENA PREFERENCJI I CZĘSTOTLIWOŚCI SPOŻYCIA SŁONYCH PRZEKĄSEK PRZEZ STUDENTÓW LUBELSKICH UCZELNI

Streszczenie: Celem pracy była ocena świadomości studentów na temat dziennej podaży soli oraz skutków jej spożywania w nadmiernej ilości, określenie ich preferencji smakowych, częstotliwości spożycia słonych przekąsek i przyczyn, dla których sięgają po takie artykuły spożywcze oraz oszacowanie ilości soli dostarczanej poprzez spożywanie słonych przekąsek. Badanie zostało przeprowadzone metodą ankietową (n=130, 18–27 lat). Wśród studentów najbardziej popularne były tradycyjne smaki słonych przekąsek – paprykowy, cebulowy i serowy. Studenci mają świadomość, że nadmiar soli nie wpływa korzystnie na organizm, jednak nie wszyscy potrafią wymienić negatywne skutki zdrowotne za tym idące. Istnieje wysokie ryzyko, że dobowy podaż soli ze słonych przekąsek spożywanych przez studentów przekracza zalecane normy. Wiąże się z tym zwiększone ryzyko wystąpienia chorób cywilizacyjnych. Prezentowane badanie pokazuje, że jest potrzeba edukacji żywieniowej, zwłaszcza poprzez media, z których młode osoby często korzystają.

Słowa kluczowe: Słone przekąski, sól, nawyki żywieniowe, zachowania konsumentów, spożycie.

¹ Mgr, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie; ORCID: 0000-0001-7540-813X.

² Mgr, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

³ Mgr, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁴ Dr hab. prof. uczelni, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁵ Prof. dr hab., Zakład Żywności Zwierząt i Paszoznawstwa, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁶ Lic., Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

WSTĘP

Słone przekąski to produkty należące do suchych produktów spożywczych w postaci ekstrudowanej, ekspandowanej, płatkowanej, suszonej, pieczonej lub smażonej, posiadające różny kształt, smak, barwę i zapach, charakteryzujące się delikatną konsystencją i chrupkością. Słone przekąski są źródłem chlorku sodu oraz tłuszczu, a składniki te mogą wywierać niekorzystne skutki dla zdrowia, przyczyniając się do powstawania różnych chorób. Pomimo tego, że udowodniony jest ich negatywny wpływ na organizm, nie zawsze wiąże się to z ograniczeniem ich spożycia przez konsumentów [Kosicka-Gębska i Gębski 2012]. Znanych jest wiele definicji określających znaczenie słowa „przekąska” [Hess i in. 2016]. Niektóre z nich oparte są na porach dnia jedzenia, rodzaju spożywanego pożywienia, jak i jego ilości, miejsca spożycia lub połączenia kilku z tych czynników [Duffey i in. 2014; Lipoeto i in. 2013; Hess i in. 2016].

Rynek słonych przekąsek rozwija się bardzo dynamicznie, a Polacy bardzo chętnie je spożywają. Wyróżnia się kategorie słonych przekąsek takie jak: chipsy ziemniaczane, kukurydziane, chlebowe, owocowe, krakersy, chrupki, paluszki, orzechy, mixy i prażynki. Statystyczny obywatel Polski spożywa średnio około 380 g takich przekąsek w ciągu miesiąca, tym samym wydatek na nie wynosi 4 mld zł rocznie [Kociubińska 2018]. Słone przekąski są źródłem soli, dlatego ich podaż w codziennej diecie powinna być ograniczona [Kosicka-Gębska i Gębski 2013]. Zawartość soli w słonych przekąskach (paluszki, chipsy ziemniaczane, popcorn, chrupki kukurydziane) wynosi średnio 2,17 g/100g [Gielecińska i Mojska 2011]. Wynika z tego, że produkty te mogą stanowić istotne źródło soli w diecie. Nadmierne spożycie soli wiąże się jednako ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia nadciśnienia tętniczego, które jest czynnikiem ryzyka chorób sercowo-naczyniowych oraz zaburzeń pracy nerek. Oprócz tego, wysoka podaż soli w diecie wpływa na wzrost ryzyka zachorowania na raka żołądka, zwiększa ryzyko wystąpienia otyłości i zespołu metabolicznego oraz jest związana z występowaniem osteoporozy [Fahimi i Pharoah 2012; He i in. 2013; Rust i Ekmekcioglu 2017; Vega-Vega i in. 2018; Kozłowska i in. 2019].

Zgodnie z rekomendacjami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), Narodowego Centrum Edukacji Żywieniowej (NCEŻ) i American Heart Association (AHA) spożycie soli nie powinno przekraczać 5 g/dobę [WHO 2020; Jarosz i in. 2020; Arnett i in. 2019]. W Polsce spożycie soli przekracza dwukrotnie zalecane normy [Jarosz i in. 2020].

Celem pracy była ocena świadomości studentów na temat dziennej podaży soli oraz skutków jej spożywania w nadmiernej ilości, określenie ich preferencji smakowych, częstotliwości spożycia słonych przekąsek i przyczyn, dla których sięgają po takie artykuły spożywcze oraz oszacowanie ilości soli dostarczanej poprzez spożywanie słonych przekąsek.

MATERIAŁ I METODY

Kwestionariusz ankiety składał się z 22 pytań, z których 4 stanowiły metryczkę. Na pozostałe 18 składały się pytania jednokrotnego wyboru, z możliwością wyboru większej liczby odpowiedzi oraz pytanie otwarte. Przeprowadzona ankieta dotyczyła spożycia słonych przekąsek wśród studentów, ich preferencji smakowych, wyboru produktów, znajomości normy dziennego spożycia soli, umiejętności przeliczania ilości sodu na sól oraz wiedzy na temat negatywnych skutków spowodowanych przez nadmiar soli w diecie. Osoby nie spożywające przekąsek udzielały odpowiedzi jedynie na pytania ogólne, nie wiążące się z tym bezpośrednio.

Uzyskano 165 ankiet, z których 35 egzemplarzy zostało odrzuconych z powodu niewłaściwego wypełnienia arkusza. Ankietowani to kobiety (n=106) i mężczyźni (n=24) w wieku od 18 do 27 lat, studenci lubelskich uczelni z różnych kierunków. Największa ilość odpowiedzi pochodziła od studentów z kierunków: dietetyka (n=24), fizjoterapia (n=6), weterynaria (n=6), zootechnika (n=5), behawiorystyka zwierząt (n=5) i technologia żywności (n=5). Najczęściej studenci wskazywali wieś (n=41) oraz miasto od 150 do 500 tysięcy mieszkańców (n=34) jako miejsce zamieszkania.

Pod kątem zawartości soli przeanalizowano 12 tabel wartości odżywczych produktów należących do kategorii słone przekąski, znajdujących się w asortymencie jednego ze sklepów spożywczych w Lublinie. Do analizy zostały wybrane produkty najpopularniejszych marek i o najczęściej wybieranych smakach wśród studentów. Szacowanie spożycia soli analizowano w trzech wariantach: codziennie, kilka razy w tygodniu, raz w tygodniu oraz kilka razy w miesiącu. Objętość spożywanej porcji przyjęto jako 1 opakowanie.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Odpowiedzi udzielane przez studentów

Słone przekąski są produktami dodatkowymi w diecie, które spożywa się od czasu do czasu. Spośród 130 osób udzielających odpowiedzi na pytanie

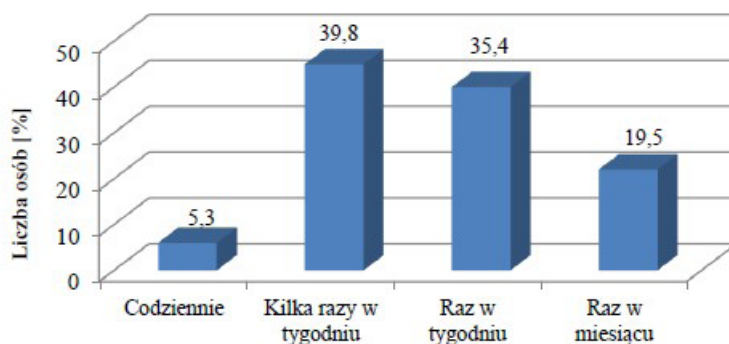
„Czy między posiłkami spożywa Pan/Pani przekąski?” aż 112 studentów (86%) odpowiedziało twierdząco. Sposób żywienia wpływa na stan zdrowia. Negatywne skutki zwykle pojawiają się po latach, co powoduje, że młodzi ludzie nie widzą powiązania pomiędzy nieprawidłowymi nawykami żywieniowymi, a stanem zdrowia [Orkus i Janczar-Smuga 2016]. Polscy konsumenci decydując się na zakup przekąsek mają do wyboru duży i zróżnicowany asortyment. Korzystne byłoby zatem wybieranie przekąsek uzupełniających codzienną dietę w prozdrowotne składniki odżywcze. Do grupy tych przekąsek zaliczam się owoce, warzywa, desery mleczne oraz mleczno-owocowe, a także niesolone orzechy oraz nasiona [Jarosz i in. 2020]. Z drugiej strony w sklepach można nabyć przekąski o niskiej wartości odżywczej, a wysokiej gęstości energetycznej. Popularne w tej grupie są słodkie, np. czekolada i batony, dostarczające dużych ilości cukrów prostych oraz słone przekąski typu paluszki, chipsy, chrupki kukurydziane, solone orzeszki, które są bogatym źródłem kwasów tłuszczowych typu trans oraz soli. Dzieci i młodzież najczęściej wybierają przekąski mało wartościowe [Kosicka-Gębska i Gębski 2012; Tarkowski i Myśnik 2012; Malczyk i Wróbel 2016].

Na pytanie o preferencje smakowe, 59 osób wybrało smak słodki, co stanowi 52%, natomiast 54 osoby (48%) wskazało, że wolą słone przekąski. Różnica jest niewielka, jednak mimo wszystko słodkie przekąski cieszą się większym zainteresowaniem wśród studentów. Popularność słonych przekąsek wśród młodzieży akademickiej z uczelni w województwach opolskim, śląskim i dolnośląskim również była mniejsza niż przekąsek słodkich [Malczyk i wsp. 2017].

Studenci najczęściej spożywali słone przekąski kilka razy w tygodniu (Wykres 1). Rzadziej, ale równie często wskazywaną odpowiedzią na pytanie o częstotliwość spożycia tych produktów była odpowiedź „raz w tygodniu”. Pozostałe odpowiedzi „raz w miesiącu” oraz „codziennie” wskazało kolejno 19,5% (22 osoby) i 5,3% ankietowanych (6 osób). Wśród studentów spożywanie nieodpowiednich przekąsek między posiłkami jest jednym z najczęściej występujących niewłaściwych nawyków żywieniowych [Orkus i Janczar-Smuga 2016].

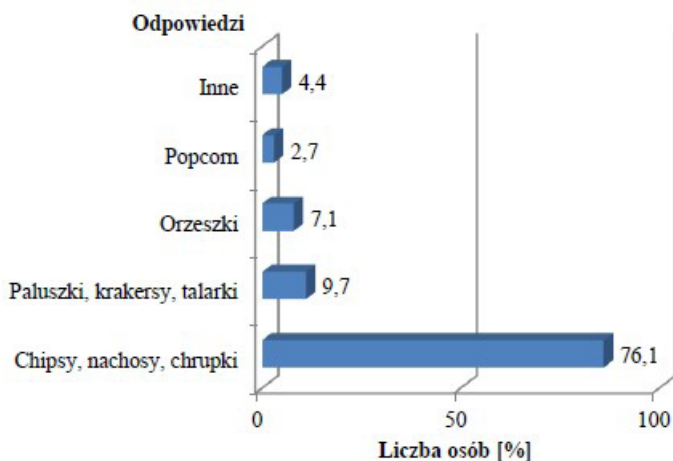
Z badań ankietowych wynika, że studenci preferowali w pierwszej kolejności chipsy, nachosy i chrupki (76,1% respondentów), a w następnej kolejności paluszki, krakersy i talarki, orzeszki oraz popcorn (Wykres 2). Według Szarejko [2017] największą grupę wśród sprzedanych słonych przekąsek w sklepach małowformatowych w okresie styczeń–lipiec w 2017 roku w pierwszej kolejności stanowiły chipsy (36%), następnie chrupki (18%), kolejno precele, słone paluszki i talarki (11%) oraz bakalie (8%).

Wykres 1. Struktura odpowiedzi na pytanie „Jak często Pan/Pani spożywa słone przekąski?”.



Źródło: Opracowanie własne.

Wykres 2. Struktura odpowiedzi na pytanie „Po jaki typ przekąsek sięga Pan/Pani najchętniej?”.



Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że największe znaczenie w wyborze przekąsek mają tradycyjne smaki. Studenci najchętniej spożywali słone przekąski o smaku paprykowym – 64 ankietowanych wybrało tą odpowiedź, co stanowi ponad połowę osób udzielających odpowiedzi na pytanie o najczęściej wybierane smaki (56,6%). Smak cebulowy wskazało 48 osób (42,5%). Przekąski serowe i solone wskazały kolejno 33,6% i 31,9% osób. Wśród

innych smaków które wskazywali ankietowani, znalazły się odpowiedzi takie jak „fromage”, „sól z octem”, „pomidor”, „salsa” czy też „maślany”, stanowiły one jednak niewielki odsetek preferowanych przez studentów smaków. Według ekspertów dużych marek produkujących słone przekąski, na znaczeniu w kategorii słonych przekąsek zyskują nowości, w których ramach coraz większą popularnością cieszą się smaki z limitowanych edycji np. wersja przekąsek o smaku pizzy [Pobochocha 2017].

W odniesieniu do pory dnia, w której najczęściej kupowane są słone przekąski, ponad połowa studentów wskazała, że nie ma dla nich znaczenia (57,5%), część udzieliła odpowiedzi, że kupuje te produkty wieczorem (22,1%) lub po południu (20,4%). Odpowiedzi „rano” oraz „przed południem” nie zostały wskazane. Według danych z 2017 roku, największa częstotliwość zakupu słonych przekąsek przypada w weekendy. Ulubioną porą na ich nabycie jest również wieczór – niemalże co piąty zakup ma miejsce pomiędzy godziną 18:00, a 20:00 [Szarejko 2017].

Na pytanie o okoliczności spożywania słonych przekąsek najczęściej wskazań otrzymały trzy odpowiedzi: „w trakcie oglądania TV/gry na komputerze” – 40,7%, „podczas spotkań ze znajomymi” – 30,1% oraz „gdy się nudzę” – 13,3%, a najmniejsza liczba studentów wskazała, że spożywają te produkty w przerwie pomiędzy zajęciami – 3,5% (Wykres 3). Podobne wyniki otrzymali Kosicka-Gębska i Gębski [2012] w badaniu ankietowym przeprowadzonym wśród studentów SGGW w Warszawie. W cytowanym badaniu również najczęściej ankietowanych wskazało spożycie słonych przekąsek w trakcie oglądania TV, następnie na prywatkach i przyjęciach, spotkaniach ze znajomymi oraz podczas odpoczynku, w pracy zawodowej, w trakcie nauki czy też czytania.

W prezentowanych badaniach własnych większość studentów (57,5%) wskazała, że jednorazowo spożywa około pół paczki produktu, paczkę zadeklarowało 22,1%, a kilka sztuk – 20,4%. Nikt z osób biorących udział w ankiecie nie zaznaczył odpowiedzi wskazującej na spożycie większej ilości produktu na raz niż jedno opakowanie. Z uwagi na to, że słodkie przekąski są popularniejsze i bardziej lubiane zarówno przez dzieci, młodzież jak i dorosłych, znaczna większość badań skupia się na ocenianiu wielkości spożytych porcji słodczy, a nie słonych przekąsek [Malczyk i in. 2017]. Wynika z tego, że jest potrzeba dalszych badań poruszających te zagadnienia.

Wykres 3. Struktura odpowiedzi na pytanie „Kiedy Pan/Pani je najczęściej spożywa?”.



Źródło: Opracowanie własne.

Głównym powodem, dla którego studenci spożywali słone przekąski był ich smak (78,8%). Kolejnym, ale już mniej znaczącym powodem była nuda (19,5%), w najmniejszym stopniu spotkania ze znajomymi (1,8%). Zarówno badanie ankietowe Kosickiej-Gębskiej i Gębskiego [2012], jak i Kiczorowskiej i Samolińskiej [2013] potwierdzają, że smak ma największy wpływ na sięganie po słone przekąski.

Na pytanie o to, czy słone przekąski są niebezpieczne dla zdrowia, 96% ankietowanych odpowiedziało twierdząco. Wynika z tego, że prawie cała grupa studentów wiedziała, że produkty te nie wpływają korzystnie na zdrowie, a mimo to nadal znajdują się w ich codziennej diecie. Regularne spożywanie słonych przekąsek jest niewskazane z uwagi na znaczną zawartość kwasów tłuszczowych o konfiguracji trans i soli. Mimo, że młodym ludziom znane są negatywne skutki, nie zawsze przekłada się to na ograniczenie ich podaży [Kosicka-Gębska i Gębski 2013].

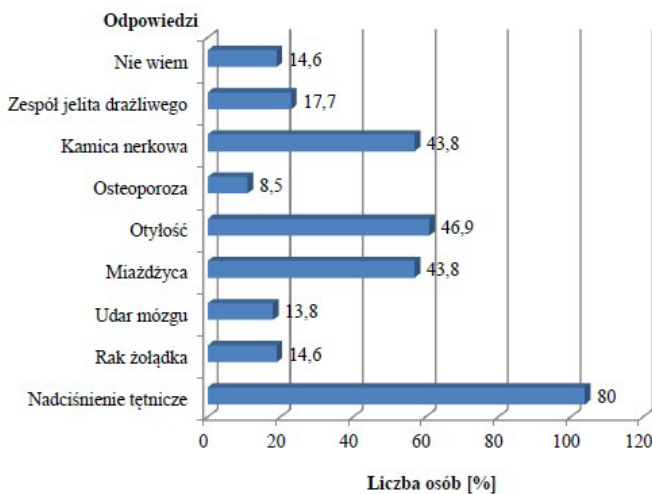
W kolejnym pytaniu, które dotyczyło znajomości normy dziennego spożycia soli, 39% studentów zadeklarowało, że wiedzą ile wynosi maksymalna dzienna ilość, natomiast aż 61% wskazało, że nie posiadają wiedzy na ten temat. Spośród 51 osób, które zaznaczyły, że znają wartość normy – 44 wskazało, że wynosi ona 5 g, co jest prawidłową odpowiedzią, 5 osób wskazało 4 g, 2 osoby – 6 g, natomiast odpowiedzi „10 g” nie wskazał żaden student. Ankietowani rodzice w badaniu Wyka i in. [2012] mieli większe problemy z udzieleniem prawidłowej odpowiedzi co do podaży soli w diecie ich dzieci.

Połowa badanych rodziców wskazała na opcję: „nie ma prawidłowej odpowiedzi”. Około 42% wskazało na 1 łyżeczkę, 4% rodziców na 2 łyżeczki, zaś 2% rodziców – 3 łyżeczki.

Z 51 studentów, którzy zadeklarowali znajomość normy dziennego spożycia soli, 78% na pytanie o to, czy jest ona taka sama dla sodu odpowiedziało przecząco, a 22% zaznaczyło, że jest ona identyczna. Natomiast w przypadku przeliczenia 1 g sodu na sól, 35,3% zaznaczyło, że jest to 1,5 g soli, 27,5% wskazało 2 g, 19,6% – 2,5 g, a 17,6% wybrało odpowiedź 1 g. Prawidłową odpowiedzią jest 2,5 g, gdyż zawartość soli oblicza się według przelicznika, że 1 g sodu to około 2,5 g soli [Rozporządzenie UE 2011].

Wśród skutków nadmiernego spożywania soli najczęściej studentów (80%) wskazało nadciśnienie tętnicze, następnie otyłość (46,9%), miażdżycę i kamicy nerkową (po 43,8%). Najmniej kojarzona z nadmiarem chlorku sodu była osteoporoza (8,5%), natomiast 14,6% ankietowanych zadeklarowało zupełny brak wiedzy w tym zakresie. Miażdżycę oraz zespół jelita drażliwego nie należą do skutków nadmiernego spożywania soli, a odpowiedzi te wskazało kolejno 43,8% i 17,7% studentów (Wykres 4). W rzeczywistości nadmiar soli w diecie jest związany ze wzrostem ryzyka występowania nadciśnienia tętniczego, chorób układu sercowo-naczyniowego, chorób nerek, otyłości, raka żołądka oraz osteoporozy [Fahimi i Pharoah 2012; He i in. 2013; Rust i Ekmekcioglu 2017; Vega-Vega i in. 2018; Kozłowska i in. 2019].

Wykres 4. Struktura odpowiedzi na pytanie „Proszę zaznaczyć skutki spożywania nadmiernej ilości soli”.



Źródło: Opracowanie własne.

Zawartość soli w produktach wskazywanych przez studentów

Uwzględniając najczęstsze odpowiedzi studentów odnośnie ilości i częstotliwości spożywania słonych przekąsek oszacowano dzienną ilość soli dostarczaną do organizmu na przykładzie wybranych produktów należących do tej kategorii (Tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyka zawartości soli w produktach wskazywanych przez studentów.

Nazwa i marka produktu	Wielkość opakowania [g]	Zawartość soli [g] w 1 opakowaniu
Lay's Paprika (PepsiCo)	140	2,38
Lay's Green Onion (PepsiCo)	140	2,38
Crunchips X-cut ser-cebula (Lorenz)	200	3,80
Crunchips X-cut solony (Lorenz)	140	2,10
Cheetos cheese (PepsiCo)	85	2,72
Cheetos ketchup (PepsiCo)	85	1,36
Paluszki solone Lajkonik (LBS)	315	11,03
Paluszki Beskidzkie ser-cebula (Aksam)	220	6,60
Popcorn Butter (Lorenz)	90	2,61
Popcorn sól Felix (Intersnack)	90	2,16
Krakersy Lajkonik ser-cebula (LBS)	100	2,30
Talarki Lajkonik (LBS)	155	6,05
Średnio		3,79
Oszacowanie spożycia soli w tygodniu *		
	codziennie	26,53
	kilka razy w tygodniu ^a	11,37
	raz w tygodniu	3,79
	kilka razy w miesiącu ^b	2,84
Norma spożycia soli [Jarosz i in. 2020]		max. 5 g/dobę (35 g/ tydzień)
		% normy
	codziennie	75,80
	kilka razy w tygodniu ^a	32,49
	raz w tygodniu	10,83
	kilka razy w miesiącu ^b	8,11

* wskazywana przez studentów częstotliwość spożywania słonych przekąsek

^a przyjęto spożywanie przekąsek 3 razy w tygodniu

^b przyjęto spożywanie przekąsek 3 razy w miesiącu (30 dni)

Codziennie spożycie jednego opakowania słonej przekąski pokrywało normę w 76%. Kilkakrotna konsumpcja całego opakowania słonych przekąsek w tygodniu dostarczała 11,4 g soli (32% normy). Spożycie pojedynczego opakowania takiego produktu raz w tygodniu pokrywało normę w 11%, a kilka razy w miesiącu – w 8%. Najczęściej wskazywanymi odpowiedziami odnośnie spożycia słonych przekąsek były odpowiedzi „kilka razy w tygodniu” oraz „raz w tygodniu”. Przy takiej częstotliwości istnieje ryzyko związane z przekroczeniem normy, ze względu na możliwe dostarczenie soli do organizmu z innych źródeł. Długotrwałe dostarczanie do organizmu nadmiernych ilości soli może w przyszłości skutkować pogorszeniem się stanu zdrowia [Kosicka-Gębska i Gębski 2013].

WNIOSKI

1. W badanej grupie studentów najbardziej popularne były tradycyjne smaki słonych przekąsek (paprykowy, cebulowy i serowy), których spożycie najczęściej towarzyszyło oglądaniu TV/grze na komputerze oraz spotkaniom ze znajomymi, a głównym powodem ich obecności w codziennym jadłospisie był dobry smak.
2. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że studenci mają świadomość, że nadmiar soli nie wpływa korzystnie na organizm, jednak nie wszyscy znają normę dziennej podaży soli w diecie oraz skutków spowodowanych jej nadmiarem.
3. Zakładając, że studenci jednorazowo spożywają 1 opakowanie słonej przekąski, z produktu tego dostarczają średnio 3,79 g soli, co wskazuje na istnienie wysokiego ryzyka, że dobową podaż chlorku sodu przekracza normę. Z tym natomaist wiąże się zwiększone ryzyko wystąpienia wielu chorób cywilizacyjnych w przyszłości, jeśli nawyki żywieniowe nie ulegną zmianie.
4. Aby zwiększyć wiedzę studentów na temat spożycia soli należy prowadzić edukację w tym kierunku, zwłaszcza poprzez media, z których takie osoby często korzystają.

BIBLIOGRAFIA

1. Arnett D. K., Blumenthal R. S., Albert M. A., Buroker A. B., Goldberger Z. D., Hahn E. J., Himmelfarb C. D., Khera A., Lloyd-Jones D., McEvoy J. W., Michos E. D., Miedema M. D., Muñoz D., Smith

- S. C., Jr V., Williams S. S., Sr K. A., Yeboah J., Ziaecian B., *Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines*, Journal of the American College of Cardiology, ACC/AHA, 2019, 74(10), 1376-1414,
2. Duffey K. J., Rivera J. A., Popkin B. M., *Snacking is prevalent in Mexico*, Journal of Nutrition, 2014, 144(11), 1843–1849.
 3. Fahimi S., Pharoah P., *Reducing salt intake in Iran: priorities and challenges*, Archives of Iranian medicine, 2012, 15(2), 110-112.
 4. Gielecińska I., Mojska H., *Analiza rynku słonych przekąsek pod kątem dostępnego asortymentu*, Żywnienie Człowieka i Metabolizm, 2011, 38(4), 256-268.
 5. He F. J., Li J., Macgregor G. A., *Effect of longer term modest salt reduction on blood pressure: Cochrane systematic review and meta-analysis of randomised trials*, BMJ (Clinical research ed.), 2013, 346, f1325.
 6. Hess J. M., Jonnalagadda S. S., Slavin J. L., *What Is a Snack, Why Do We Snack, and How Can We Choose Better Snacks? A Review of the Definitions of Snacking, Motivations to Snack, Contributions to Dietary Intake, and Recommendations for Improvement*, Advances in Nutrition, 2016, 7(3), 466-475.
 7. Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J., *Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie*, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, 2020, https://www.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2020/12/Normy_zywienia_2020web-1.pdf.
 8. Kiczorowska B., Samolińska W., *Popularność przekąsek typu snack wśród uczniów szkół podstawowych*, Problemy Higieny i Epidemiologii, 2013, 94(2), 385-388.
 9. Kociubińska M., *Przekąski na topie*, Hurt&Detal, 2018, 149(7), 62-69.
 10. Kosicka-Gębska M., Gębski J., *Słone przekąski w diecie młodych konsumentów*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2012, 45(3), 733-738.
 11. Kosicka-Gębska M., Gębski J., *Czynniki warunkujące wybór słonych przekąsek przez młodych konsumentów*, Handel Wewnętrzny, 2013, 4(345), 71-82.

12. Kozłowska M., Kozioł-Kozakowska A., Przybylska-Feluś M., *Ilościowa i jakościowa ocena sposobu żywienia dzieci otyłych w odniesieniu do zdrowej populacji*, Praca magisterska, Repozytorium Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, 2019.
13. Lipoeto N. I., Geok Lin K., Angeles-Agdeppa I., *Food consumption patterns and nutrition transition in South-East Asia*, Public Health Nutrition, 16(9), 1637–1643, 2013.
14. Malczyk E., Wróbel P., *Ocena nawyków żywieniowych uczniów szkół powiatu kłobuckiego w zakresie spożycia słonych przekąsek*, Problemy Higieny i Epidemiologii, 2016, 97(3), 255-260.
15. Malczyk E., Zołoteńka-Synowiec M., Całyniuk B., Malczyk A., Synowiec J., *Częstotliwość spożycia wybranych produktów spożywczych przez studentów opolskich, śląskich i dolnośląskich uczelni*, Pielęgniarstwo i Zdrowie Publiczne, 2017, 26(1), 35-43.
16. Orkus A., Janczar-Smuga M., *Ocena zwyczajów żywieniowych studentów polskich, amerykańskich i australijskich*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2016, 586, 147-156.
17. Pobocho M., *Popyt na słone przekąski wzrósł o 6,5 proc.*, <https://www.wiadomoscihandlowe.pl/artykuly/popyt-na-slone-przekaski-wzroslo-o-6-5-proc,34390/1>, 2017 [dostęp: 30.01.2022 r.].
18. Rozporządzenie 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 uchylecia 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. Urz. UE L 304 z dnia 22.11.2011 r.
19. Rust P., Ekmekcioglu C., *Impact of Salt Intake on the Pathogenesis and Treatment of Hypertension*, Advances in Experimental Medicine and Biology, 2017, 956, 61–84.
20. Szarejko E., *Polacy kupują najwięcej słonych przekąsek pod wieczór i w weekendy*, <https://www.wiadomoscihandlowe.pl/artykuly/polacy-kupuja-najwiecej-slonych-przekasek-pod-wieczor-i-w-weekendy,42238/2>, 2017 [dostęp: 30.01.2022 r.].

21. Tarkowski A., Myśnik E., *Zawartość tłuszczu i kwasów tłuszczowych w przekąskach*, Medycyna Rodzinna, 2012, 3, 56-60.
22. Vega-Vega O., Fonseca-Correa J. I., Mendoza-De La Garza A., Rincón-Pedrero R., Espinosa-Cuevas A., Baeza-Arias Y., Dary O., Herero-Bervera B., Nieves-Anaya I., Correa-Rotter R., *Contemporary Dietary Intake: Too Much Sodium, Not Enough Potassium, yet Sufficient Iodine: The SALMEX Cohort Results*, Nutrients, 2018, 10(7), 816.
23. World Health Organisation, Healthy diet, <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>, 2020 [dostęp: 29.01.2022 r.].
24. Wyka J., Grochowska-Niedworok E., Malczyk E., Misiarz M., Hołyńska K., *Wiedza żywieniowa rodziców oraz występowanie nadwagi i otyłości wśród dzieci w wieku szkolnym*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2012, 45(3), 680-684.

ASSESSMENT OF THE PREFERENCES AND FREQUENCY OF SALTED SNACK EATING BY STUDENTS OF THE UNIVERSITIES IN LUBLIN

Abstract: The aim of the study was to assess students' awareness of the daily supply of salt and the effects of consuming it in excessive amounts, to determine their taste preferences, frequency of consumption of salty snacks and reasons for reaching for such food, and to estimate the amount of salt provided by eating salty snacks. The study was conducted using the questionnaire method (n=130, 18–27 years old). The most popular among students were the traditional flavors of salty snacks – pepper, onion and cheese. Students are aware that an excess of salt does not have a beneficial effect on the body, but not everyone can list the negative health effects that go with it. There is a high risk that the daily supply of salt from salty snacks consumed by students exceeds the norm. It is associated with an increased risk of civilization diseases. The presented study shows that there is a need for nutritional education, especially through the media, which young people often use.

Keywords: Salty snacks, salt, eating habits, consumer behavior, consumption.

PRZEGLĄD WYBRANYCH NATURALNYCH SUBSTANCJI NIEODŻYWCZYCH WYSTĘPUJĄCYCH W ŻYWNOSCI

Streszczenie: Żywność bogata jest zarówno w substancje odżywcze niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, jak i te określane mianem nieodżywczych lub antyżywnościowych. Substancje te mogą utrudniać lub uniemożliwiać wykorzystanie składników energetycznych i budulcowych zawartych w żywności. Mogą też działać toksycznie na organizm. Naturalne substancje nieodżywcze najczęściej są produktami metabolizmu surowców roślinnych, a ich szkodliwość zależy od dawki i formy spożycia. Brak zasadniczej edukacji, informacji oraz świadomości o zagrożeniach jakie pojawiają się wskutek nieumiejętnego przygotowania żywności do spożycia i niewłaściwego odżywiania powoduje szereg problemów zdrowotnych. Celem pracy było przedstawienie wybranych naturalnych substancji nieodżywczych występujących w produktach żywnościowych znajdujących się w codziennej diecie.

Słowa kluczowe: Żywność, żywienie, zdrowie, związki nieodżywcze, związki antyodżywcze, związki toksyczne.

ORCID¹⁴: 0000-0002-7745-6343.

WSTĘP

Właściwe odżywianie staje się coraz większym wyzwaniem dla konsumentów, a pojęcie zdrowia pojmowane jest jako pełen dobrostan fizyczny, psychiczny i społeczny, a nie tylko jako brak chorób i zaburzeń funkcjonowania ustroju

¹ Absolwent Wydziału Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu.

² Dr inż., Katedra Technologii Żywności i Żywnienia, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu.

(Gałczyk i in., 2020). Właściwie zbilansowana dieta wpływa na homeostazę składników w organizmie oraz na jego prawidłowy rozwój, nie tylko fizyczny, ale także psychiczny (Peplińska-Miąskowska i in., 2017). Niestety konsumencie często sami zaburzają tę „harmonię” poprzez nieświadome powodowanie zatruc pokarmowych, wynikających z braku podstawowej wiedzy o spożywanych produktach i występujących w nich naturalnych związkach antyżywniowych (Kolarzyk, 2016; Królikowska i in., 2012). Dynamicznie rozwijający się przemysł żywnościowy oraz intensywny rozwój handlu implikują pojawianie się nowych trendów żywieniowych oraz nowych rodzajów żywności, która może wymagać różnych sposobów obróbki (Gawęcki, 2002). Niestety, wiedza społeczeństwa na temat zagrożeń jakie niosą ze sobą substancje występujące w żywności, jest ciągle bardzo niewielka. Przeciętny konsument wie bardzo niewiele, bądź nic na temat związków naturalnie występujących zarówno w przetworzonej, jak i nieprzetworzonej żywności. Blisko 75% zanieczyszczeń przedostaje się do organizmu drogą pokarmową, a według statystyk co roku ponad dwa mln zgonów jest wynikiem spożycia zanieczyszczonej wody czy żywności (Obiedzińska i in., 2016; World Health Organization, 2020). Należy więc nie tylko zwrócić uwagę na rodzaj wybieranych produktów i sposób ich przygotowania do spożycia, ale również zadbać o edukację prozdrowotną społeczeństwa w zakresie ich bezpieczeństwa i doboru produktów spożywczych do indywidualnych potrzeb organizmu (Sobczyk, 2000).

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wybranych naturalnych substancji nieodżywczych występujących w żywności.

NATURALNE SUBSTANCJE NIEODŻYWCZE WYSTĘPUJĄCE W ŻYWNOCI

Żywność bogata jest zarówno w substancje odżywcze niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, jak i te określane mianem antyodżywczych, nieodżywczych lub antyżywniowych. Są to związki, które występując w żywności utrudniają bądź uniemożliwiają przyswajanie zawartych w niej składników odżywczych lub wręcz wywołują szkodliwy wpływ na organizm (Goluch-Koniuszy i Salmanowicz, 2017; Goluch i in., 2019). Naturalne substancje nieodżywcze znacznie rzadziej występują w produktach zwierzęcych, w większym stopniu są produktami metabolizmu surowców roślinnych. Szacuje się, że w Polsce jest kilkaset gatunków roślin zawierających związki potencjalnie toksyczne.

Związki nieodżywcze, ze względu na swoje właściwości biochemiczne

mogą zaburzać wchłanianie innych składników, w tym:

- białek i węglowodanów – poprzez inhibicję enzymów trawiennych,
- składników mineralnych – poprzez tworzenie trudno rozpuszczalnych związków,
- witamin – poprzez ich rozkład do związków nieaktywnych biologicznie (Pasternakiewicz i Dżugan, 2012).

Do substancji antyżywniowych zaliczamy:

1. związki, które w naturalny sposób znajdują się w produktach spożywczych,
2. związki toksyczne, które przechodzą do żywności z zanieczyszczonego środowiska, również substancje pochodzące z procesów technologicznych,
3. substancje, które zostały celowo dodane do żywności.

Wspomniane związki mogą wywoływać niepożądane reakcje w organizmie człowieka lub zwierzęcia, w zależności m.in. od tego w jakiej ilości i w jakiej części rośliny się znajdują. Ilość toksyn zawartych w roślinach zależy często od lokalnych warunków klimatycznych. Bardzo ważna jest również forma, w jakiej żywność została przeznaczona do konsumpcji, gdyż czasami spożyte w całości nasiona wielu gatunków chronią przed wystąpieniem niepożądanych objawów. Ciężkie zatrucie nastąpić może dopiero po spożyciu uszkodzonych (zmacerowanych) nasion (Nawalany i Suwała, 2016).

Substancje naturalne pochodzenia roślinnego mogą zaburzać tzw. równowagę zdrowotną, która jest indywidualnym odczuciem dobrostanu, mierzonym stanem sprawności, brakiem dolegliwości i poczuciem zadowolenia. Jest to dynamiczny stan relacji pomiędzy strukturami umożliwiającymi funkcjonowanie człowieka w sferze fizycznej, psychicznej oraz społecznej (Malik, 2006). Wszystko to za sprawą związków biologicznie czynnych, których szacowana liczba przekracza pół miliona (Kolarzyk, 2016). Objawy spożycia związków nieodżywczych mogą wystąpić dopiero w określonych warunkach, np. przy dietach monotypowych, czyli stosowanych przez dłuższy czas. Toksyczne działanie niektórych składników może być też zależne od osobniczych defektów genetycznych lub stopnia kwasowości soku żołądkowego.

Nadmierne spożycie wyżej wymienionych związków może powodować dolegliwości takie jak: bóle brzucha, niestrawności i biegunki. Doprowadzić mogą one również do kamicy nerkowej lub do silnego zatrucia, a w niektórych przypadkach nawet do śmierci. Są jednak również stosowane profilaktycznie

lub leczniczo w wielu chorobach, np. odgrywają ważną rolę w profilaktyce nowotworów, cukrzycy i chorób serca. Niektóre z nich stosuje się jako składniki żywności funkcjonalnej, np. nienasycone kwasy tłuszczowe lub błonnik pokarmowy.

Substancje naturalne, jak już wcześniej wspomniano, występują w wielu roślinach wyższych i należą do różnych grup związków chemicznych (Królikowska i in., 2012). Do najpopularniejszych i mających największe znaczenie praktyczne zaliczamy: alkaloidy, glikozydy wraz ze wszystkimi ich grupami, toksalbuminy, olejki, żywice, wszelkie substancje wolotwórcze, lektyny, aminy biogenne, inhibitory tripsyny, saponiny, toksyny roślin bobowatych oraz kwas szczawiowy. Związki te tworzą, wraz z napotkanymi w układzie pokarmowym składnikami mineralnymi, nierozpuszczalne kompleksy, które następnie wydalane są z organizmu w niezmienionej postaci. Substancje nieodżywcze uważane są za metabolity wtórne roślin, które służą roślinie do obrony przed atakami bakterii, wirusów czy grzybów i produkowane są w zwiększonych ilościach np. podczas stresu termicznego lub wodnego.

GLIKOALKALOIDY

Glikoalkaloidy są naturalnymi substancjami toksycznymi występującymi w ziemniakach. Pełnią one głównie funkcję ochronną, stąd ich wzmożona synteza zachodzi głównie w miejscach uszkodzeń rośliny. Według Henneberg i Skrzydlewskiej (1983), solaniny najliczniej obecne są w niedojrzałych owocach (ok. 1%), a mniej licznie w kwiatach (0,2-0,7%) oraz nasionach (0,25%). W obecności światła słonecznego zawartość solaniny w pędach i kielkach dochodzi do 5%. Jej wysoką zawartość obserwuje się również w pozieleniałych częściach bulw. Wraz z solaniną, w ziemniakach występuje również toksyczna solanidyna (Cieślik, 1997). Wysokie zawartość glikoalkaloidów w żywności jest bardzo niebezpieczna dla ludzi i zwierząt. Zaleca się spożywanie bulw zawierających nie więcej niż 20 mg/100 g substancji szkodliwej. Zatrucia glikoalkaloidami u ludzi powodują podrażnienia błony śluzowej jamy ustnej, przełyku, gardła i jelit. Dodatkowo solanina wydalana jest przez nerki i nie zmienia przy tym swojej postaci. Powoduje w ten sposób podrażnienia i stany zapalne narządów wydalniczych.

Synergistyczna aktywność alkaloidów w ziemniakach potęguje ich toksyczność. Działanie komponentu alkaloidowego jest dużo silniejsze i przejawia się po resorpcji. Trucizna ta ma mocny wpływ na centralny układ nerwowy zarówno u ludzi, jak i u zwierząt. Początkowo powoduje pobudzenie ośrodkowego

układu nerwowego poprzez drgawki, drżenie mięśni i podwyższenie temperatury. Następnym etapem zatrucia jest porażenie ośrodkowe przejawiające się utrudnieniem w oddychaniu i spadkiem temperatury. Do zgonu dochodzi przeważnie w stanie utraty przytomności. Z badań toksykologicznych wynika, że (Cieślik, 1997) dawką śmiertelną dla zarodków kurzych jest 19-20 mg/kg masy ciała, a wartość LD 50 dla szczurów wynosi 590 mg/kg masy ciała. U ludzi ciężkie zatrucia występują już przy dawce 2,8 mg/kg.

Tomatyna, mimo podobnych właściwości do solaniny, nie wykazuje aż tak silnego działania toksycznego jak związki glikoalkaloidowe zawarte w ziemniakach. Najwięcej tomatyny znajduje się w rosnących pomidorach (nawet do 7%, w zależności od odmiany). Zawierają ją również pączki kwiatowe (ok. 2%). Niedojrzałe, zielonkawe pomidory są również źródłem tomatyny, której ilość maleje w miarę ich dojrzewania. Należy się ich wystrzegać, gdyż powodują zatrucia pokarmowe. Z badań przeprowadzonych na zwierzętach laboratoryjnych wynika, że śmiertelną dawką tomatyny jest 100 mg/kg masy ciała (Cieślik 2015). Nie oznacza to jednak, że jest ona związkiem bezpiecznym dla ludzi i zwierząt, ponieważ wiele zatruc występuje też u zwierząt spożywających pędy pomidorów.

GLIKOZYDY

Te popularne związki roślinne nadają roślinom zapach (amigdalina) i smak. Zbudowane są z jednej lub kilku cząsteczek cukru oraz części niecukrowej zwanej aglikonem, która odpowiada za ich pecyficzne właściwości. Glikozydy są dość rozpowszechnione w przyrodzie, przy czym nie wszystkie należą do toksycznych (np. glikozydy flawonoidowe). O stopniu toksyczności decyduje część aglikonowa (cukrowa) glikozydów, która posiada odmienne struktury.

Do toksycznych grup glikozydów zaliczamy:

- glikozydy cyjanogenne,
- glikozydy nasercowe,
- glikozydy saponinowe,
- glukozynolany,
- kumaryny.

GLIKOZYDY CYJANOGENNE

Glikozydy cyjanogenne to związki, których hydroliza uwalnia znaną od

lat popularną truciznę – cyjanowodor (HCN). Związki te są dość szeroko rozpowszechnione w przyrodzie, ponieważ są obecne w ponad stu gatunkach roślin. Glikozydy cyjanogenne występują najliczniej w nasionach, a najpopularniejszym z nich jest amigdalina pojawiająca się w pestkach m.in. brzoskwiń, moreli, śliwek i wiśni (do 50 mg/kg). Niższe stężenie wykryto w przetworach zawierających owoce pestkowe (do 1 mg/kg) i w napojach alkoholowych (do 10 mg/kg) (Kolarzyk, 2016). Roślinne glikozydy cyjanogenne zawarte są również w manioku, roślinie najbardziej znanej i najczęściej uprawianej w Afryce, Ameryce Południowej i Azji. Grupa cyjankowa występuje tu w postaci glikozydowej, w manihotoksynie. Koncentracja grupy cyjanowej w bulwach manioku dochodzi do ponad 100 mg/kg masy ciała. Roślina ta stanowi szczególne niebezpieczeństwo dla mieszkańców Afryki, gdyż szacuje się tam jej codzienne spożycie w ilości 1,5 kg na osobę. Bulwy stosowane do celów kulinarnych należy uprzednio wymoczyć, gdyż jest to jedyny sposób pozbycia się niechcianej substancji toksycznej. Zanotowano wiele przypadków zatrucia nieprzemytym maniakiem. Grupy cyjankowe po przedostaniu się do środowiska żołądkowego ulegają działaniu enzymów uaktywniających działanie trucizny. Grupa cyjankowa tworząc wiązania enzymatyczne powoduje upośledzenie działania mitochondrium komórkowych, czego następstwem jest spadek energii i porażenie tkanek nerwowych. Ludzie spożywający nadmierne ilości manioku narażeni są na deficyty białkowe, objawiające się podczas detoksykacji grup cyjanowych siarką pochodzącą z bogatych w nią aminokwasów. Konsekwencją tego jest powstanie tiocyjanianów, które wydalone są wraz z moczem. Przy niedostatecznej ilości białka w diecie i narażeniu na działanie grup cyjankowych może dojść do paraliżu nóg.

Do głównych glikozydów cyjanogennych zawartych w diecie zalicza się prunazyne, amigdalinę oraz linamarynę. Toksyczność tych związków nie zmniejsza się nawet podczas obróbki termicznej. Występująca w nasionach lnu i w niektórych odmianach fasoli linamaryna, staje się niebezpieczna nawet podczas gotowania fasoli pod przykryciem (Czerwiecki, 2005). Pewne ilości glikozydów cyjanogennych występują również w żywności przetworzonej, np. w kompotach i nalewkach. Dlatego tak ważne jest, aby drylować owoce i pozbywać się wszelkich pestek przed umieszczeniem surowca w słoiku lub balonie na wino. Glikozydy cyjanogenne wywołują ciężkie zatrucia poprzez atak układu enzymatycznego cytochromów. W takiej sytuacji dochodzi do zaburzeń oddychania. Jony cyjankowe blokują pobór tlenu z hemoglobiny erytrocytów, czego konsekwencją jest jego brak w tkankach.

Najbardziej narażone na działanie cyjanków są tkanki o najszybszym

metabolizmie tlenowym, czyli mięsień sercowy i mózg. W szczególności dotyczy to mózgu, gdyż zużywa on aż 20% pobieranego przez organizm tlenu, a w powietrzu znajduje się ok. 21% tego gazu. Niedobory tlenu zagrażają człowiekowi dopiero przy spadku jego poziomu do 17% (Sawicki, 2004).

Przebieg zatrucia cyjankami zależy od spożytej dawki. Przy zatruciu drogą pokarmową dawka śmiertelna wynosi 200 – 300 mg/kg masy ciała. Dynamika tego procesu jest znacznie wolniejsza niż w przypadku dostania się związków cyjanogennych drogami oddechowymi. Ważnym czynnikiem jest tu również stan kwasowości żołądka oraz jego wrażliwość na dostarczane związki. W reakcji cyjanku potasu z kwasem solnym powstaje toksyczny cyjanowodór. Proces ten zależy od szybkości reakcji oraz od indywidualnych predyspozycji organizmu (Nowak i Zielińska, 2016).

Układ nerwowy reaguje na niedobór tlenu w sposób natychmiastowy, a mianowicie poprzez spowodowanie u człowieka stanów lękowych poprzedzonych ostrym bólem głowy, szumem w uszach, dusznościami i uczuciem ścisku w klatce piersiowej. Jako skutek obniżającego się tętna może wystąpić śpiączka i różowawe zabarwienie skóry.

GLIKOZYDY NASERCOWE

Glikozydy nasercowe to grupa glikozydów posiadających zdolność pobudzania pracy serca. Hamują one działanie pompy sodowo-potasowej w mięśniu sercowym, czego następstwem jest zwiększenie wewnętrznego stężenia sodu i wapnia. Potęguje to siłę skurczową serca. Glikozydy nasercowe zwiększają siłę skurczów mięśnia sercowego, zmniejszając przy tym ich częstotliwość. Aktywują układ współczulny powodując wzrost napięcia nerwu błędnego wpływającego hamująco na działanie węzła przedsionkowo-komorowego i zatokowo-przedsionkowego.

Najbardziej stabilne warunki farmakokinetyczne posiada często stosowana digoksyna. Związek ten zawarty jest w liściach naporstnicy (Różański, 2010), której właściwości wykorzystywane są od XVII wieku. Poprzez picie naporów z liści naporstnicy dochodzi do resorpcji glikozydów uwalniających obecne w surowcach saponiny, ułatwiające wychwytywanie innych związków z przewodu pokarmowego. Objawami przedawkowania glikozydów nasercowych są arytmie serca z towarzyszącymi mdłościami i dusznościami. W momencie zatrucia całkowitego dochodzi do ostatecznego zatrzymania akcji serca. Otrucia roślinami zawierającymi bezpośrednio glikozydy nasercowe są niezwykle rzadkie, przeważnie występują z winy pacjenta, jako skutek

przedawkowania leków lub ziół.

GLIKOZYDY SAPONINOWE

Saponiny są grupą szeroko rozpowszechnioną w świecie przyrody. W królestwie zwierząt pojawiają się jedynie w kilku nielicznych organizmach morskich, m.in. u szkarłupni (Koh i Tay, 2012). Występują one głównie w roślinach i obecne są w ich korzeniach, liściach, łodygach i kwiatach. Zawarte są zarówno w częściach roślin niejadalnych (np. lukrecja, żeń-szeń, kasztanowiec, stokrotka, fiołek), jak i tych jadalnych. Najpopularniejszymi roślinami spożywanymi przez ludzi, zawierającymi glikozydy saponinowe są: aloes, soja, komosa ryżowa, szparagi i szpinak (Michalik i Sędek, 2005). Dodatkowo spotkać je można w produktach spożywanych na co dzień, takich jak kawa czy herbata. Przy zrównoważonym spożyciu tych produktów nie ma powodów do obaw o zdrowie. Niepokój budzi też obecność saponin w paszach dla zwierząt, gdyż po spożyciu skażonego mięsa i jaj lub mleka przedostają się one do organizmu. Niepożądane właściwości glikozydów ujawniają się również po skonsumowaniu zbóż zatrutych kąkolem – chwastem, którego nasiona są bogatym źródłem saponin.

Żywność poddaje się obróbce termicznej, jednak proces ten jedynie częściowo dezaktywuje działanie tych związków. Trujące saponiny trwale uszkadzają komórki, doprowadzając do ich obumierania. Niszczą błony komórkowe, co wynika z ich zdolności do wiązania się z cholesterolem będącym ich podstawowym składnikiem. Badania wykazują, że jest to proces nieodwracalny, co oznacza, że uszkodzona warstwa lipidowa nie ulega odbudowie po usunięciu saponin z jej środowiska (Baumann, 2000). Działanie hemolityczne saponin jest wynikiem cytolizy erytrocytów. Polega ona na rozpadzie ich błony komórkowej i przejściu hemoglobiny do środowiska. Wydajność tego procesu zależna jest od rodzaju działającego związku.

Wiele glikozydów z grupy saponin posiada potwierdzone właściwości farmakologiczne, dlatego stosowane są one w fitoterapii. Saponiny wchodzi w skład kluczowych składników tradycyjnych produktów leczniczych (Haliński, 2019). Jedną z takich roślin jest żeń-szeń, wykorzystywany zarówno w medycynie chińskiej, jak i tradycyjnej. Łagodzi on stres, zwiększa aktywność, poprawia pamięć i odporność. Najczęściej stosowany jest w celu eliminacji wolnych rodników i wyrównania deficytów energetycznych. Stosując żeń-szeń należy zachować szczególną ostrożność. Poważny problem zdrowotny pojawia się przy nadmiernym spożyciu jego związków glikozydowych,

zarówno w żywności standardowej, jak i suplementacyjnej. Saponiny zajmujące kluczowe miejsce w składzie żeń-szenia, spożyte w nadmiarze powodują trwałe uszkodzenia serca i układu oddechowego poprzez podniesienie ciśnienia i zwiększenie wydajności pracy narządów (Lewkowicz-Mosiej, 2013).

Wszystkie saponiny podrażniają środowisko żołądka i jelit, czego następstwem są wymioty i biegunki. Takie skutki niesie za sobą między innymi nadmierna konsumpcja produktów aloesowych (Cieslik, 2015). Niezliczone właściwości prozdrowotne aloesu budzą zainteresowanie u coraz większej liczby osób. Stosowanie jego wywarów pozwala na pozbycie się bakterii i grzybów z organizmu. Jest on źródłem wielu witamin, białek, przeciwutleniaczy i stymulatorów poprawiających działanie układu odpornościowego. Należy jednak uważać na dawkowanie, ponieważ długotrwałe stosowanie aloesu rozregulowuje pracę jelit prowadząc w konsekwencji do ich atonii (Vollmuth, 2001). Pojawiające się zaburzenia spowodowane są obecnością w miąższu aloesowym związków saponinowych absorbujących składniki pokarmowe ze światła jelita. Saponiny w nadmiarze pochłaniają już nie tylko zbędne produkty przemiany materii. Mają one zdolność do obniżania przyswajalności cynku, wapnia i żelaza, co przy diecie bogatej w rośliny zawierające znaczne ilości saponin może powodować znaczące niedobory tych pierwiastków i w konsekwencji doprowadzić do niedożywienia, niedokrwienia, a nawet do stanów wyniszczenia (Haliński, 2019).

GLUKOZYNOLANY – ZWIĄZKI GOITROGENNE

Związki te występują w ponad dwustu gatunkach roślin, najliczniej w grupie warzyw kapustnych (Henneberg i Skrzydlewska, 1983). Glukozynolany pełnią tu funkcje ochronne przed patogenami. Największą korzyścią dla człowieka są produkty ich przemian, czyli izotiocyjaniiny. Charakteryzują się one działaniem detoksykacyjnym i przeciwnowotworowym.

Glukozynolany występują najliczniej w roślinach krzyżowych zwanych kapustnymi. Do tej grupy należą m. in.: kapusta, kalafior, rzepa, rzodkiew, chrzan, jarmuż, kalarepa, brokuł, brukselka oraz rukola. Z badań Kwiatkowskiej i Bawy (2007) wynika, że największe ilości glukozynolanów napotyka się w rzeżusze (658 mg/100 g), a najmniej w kapuście pekińskiej (19 mg/100 g). Zawierają je również orzeszki ziemne, produkty sojowe oraz nasiona rzepaku.

Mimo licznych zalet i zaleceń dotyczących ich spożywania są one substancjami antyżywniowymi. Ich obecność obniża wartość wytló-ków wysokobiałkowych pozyskiwanych z nasion rzepaku, będących

wysokoodżywczyimi składnikami pasz dla zwierząt. Otrzymany produkt jest wówczas niepełnowartościowy.

Kolejnym aspektem przemawiającym za ostrożnością i koniecznością zachowania umiaru spożyciu glukozyolanów jest działanie goitrogenne (wolotwórcze) (Kowalski i in., 2020). Nadmierna ilość spożytych warzyw krzyżowych powoduje spadek aktywności sekrecyjnej tarczycy, jako skutek zahamowania syntezy tyroksyny - hormonu warunkującego prawidłowe działanie tego gruczołu. Zjawisko polega na obniżeniu poziomu trijodotyroniny (T3) i tetrajodotyroniny (T4) we krwi, z czym wiąże się wzrost aktywności tyreotropowej przysadki mózgowej (Szybiński, 2009). Konsekwencją tych przemian jest przerost tarczycy ujawniający się w postaci wola. Niedostateczna podaż jodu w diecie, poprzez wpływ na hormony tarczycowe, powoduje poważne zaburzenia w szlakach przemiany materii (Podgórska, 2017). Odpowiednia ilość tego pierwiastka w organizmie gwarantuje działanie ochronne w procesach zapalnych. Dlatego tak ważne jest, by zwracać uwagę na rodzaj spożywanych produktów oraz na zachodzące pomiędzy nimi interakcje. Niedobór jodu osłabia pracę gruczołu tarczycowego, opóźnia rozwój fizyczny i psychiczny u dzieci, a także powoduje zaburzenia płodności. Odpowiednia ilość dostarczanego dziennie pierwiastka jest w stanie pokryć straty wyrządzone nadmiernym spożyciem goitrogenów. Do produktów bogatych w jod zaliczamy: owoce morza, ryby morskie, jajka, sery i przetwory mleczne.

KUMARYNY

Występują one najczęściej w ziołach, kwiatach, owocach i korzeniach roślin. Znanymi ziołami i przyprawami obfitującymi w kumaryny są m.in. rumianek, mięta, ziele połonicznika, marzanna, korzeń arcydzięgla, lubczyk i koper. Kumaryny w dużych ilościach zawarte są też w cynamonie, przez co nadają przyprawie specyficzny aromat. Niemiecki Federalny Instytut Oceny Ryzyka – *Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)* – ocenił zagrożenie wynikające ze spożycia tych związków na podstawie badań przeprowadzonych na zwierzętach (Gesundheitliche Bewertung Nr. 044/2006 des BfR). Stwierdzono, że największe ilości kumaryn zawiera cynamon kasja (ok. 5%), który spożyty w nadmiarze powoduje nieodwracalne zwłóknienia wątroby. Unia Europejska opierając się na ocenie ryzyka BfR nadal toczy dyskusje w sprawie oszacowania dopuszczalnych ilości spożycia tej przyprawy. Zaleca się dalsze regulacje w celu ochrony konsumentów spożywających minimum łyżkę tej odmiany cynamonu częściej niż raz w tygodniu. BfR potwierdza również, że

odmiana cynamonu cejlońskiego jest bezpieczniejsza, gdyż zawiera jedynie 0,04% kumaryn.

Kumaryny znajdują się też w owocach cytrusowych oraz warzywach takich jak brokuły, pomidory i papryka. Spotykane są również w roślinach strączkowych, motylkowych i selerowatych, a także w kawie i herbacie (Bielawska i in., 2014). Ze względu na ich wysoką aktywność biologiczną wykazują one działanie przeciwnowotworowe (działanie cytotoksyczne względem komórek rakowych) i antyoksydacyjne (zmniejszają ilość wolnych rodników). Korzenie roślin selerowatych bogate są w związki antyoksydacyjne, z czego wynikają ich odmładzające właściwości. Kumaryny mają też szerokie zastosowanie w medycynie jako związki przeciwzapalne, stosowane na obrzęki ciała. W połowie XX w., ze względu na swoje właściwości hepatotoksyczne, zostały wycofane z legalnych rynków farmaceutycznych.

Kumaryny posiadają charakterystyczny zapach świeżego siana (Szwaczko i Lipa, 2021). Stosowane były wcześniej jako aromaty w napojach, jednak po wykryciu ich toksyczności zaprzestano tych zabiegów. Wykazują działanie depresyjne na ośrodkowy układ nerwowy (Wysocka, 2018). Jednorazowe spożycie substancji wywołuje poważne objawy zatrucia, tj.: zawroty głowy, nudności i ogólne oszołomienie. Bezpieczną dawką kumaryn dla człowieka jest jedynie ok. 0,1 mg na kilogram masy ciała.

AFLATOKSYNY

Ukrytym niebezpieczeństwem żywieniowym są dla ludzi i zwierząt aflatoksyny, będące produktami przemiany materii grzyba *Aspergillus flavus* i *A. parasiticus*. Zawierają one w swoich cząstkach szkielety kumarynowe. Aflatoksyny są mykotoksynami, czyli naturalnymi toksynami grzybów z rodzaju: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Claviceps* i *Stachybotrys*. Szacuje się, że jest nimi skażone około 20% produktów żywnościowych, a w większym stopniu dotyczy to produktów pochodzenia roślinnego (Pasternakiewicz i Dżugan, 2012). Powszechnie wiadomym jest, że spleśniała część produktu nie nadaje się do spożycia.

Aflatoksyny wytwarzane są głównie przez szczepy *A. flavus*, podczas nieprawidłowego przechowywania żywności. Pochodzą z zanieczyszczonych ziaren i pojawiają się najczęściej na orzechach ziemnych, brazylijskich i pistacjach. Napotkać można je także w kukurydzy i nasionach bawełny. Dlatego też najczęściej zanieczyszczonymi produktami w Polsce są surowce pochodzące z importu. Wszystko zależy od warunków przechowywania produktów, czyli

od stopnia wilgotności i temperatury magazynowania (Pickova i in., 2021;

Krakowiak i in., 2021). Przy zakupie tych towarów należy zachować szczególną ostrożność, gdyż nie wiadomo w jakich warunkach towar przebywał wcześniej. Czynnikiem bezpieczeństwa jest także data ważności i kraj pochodzenia.

Aflatoksyny pojawiają się również w przyprawach takich jak: kurkuma, kolendra, imbir, czarny pieprz, gałka muszkatołowa lub w różnych odmianach ostrej papryki (Kowalska i in., 2017). Takie produkty są często spożywane przez mieszkańców Afryki i Azji, a panujący tam klimat sprzyja rozwojowi pleśni. Wysoka temperatura i wilgotność, w połączeniu ze znikomą świadomością i niskim poziomem edukacji ludności krajów słabo rozwiniętych, doprowadzają stale do licznych epidemii.

Aflatoksyny są niezwykle niebezpieczne, przyczyniają się do powstawania wolnych rodników tlenowych, mogą powodować wady rozwojowe płodu, mutacje genów oraz uszkodzenia nerek lub wątroby. Zwiększają ryzyko rozwoju nowotworów (Kowalska i in., 2017; Liu i in., 2012). WHO (*World Health Organization*) wspólnie z FAO (*Food and Agriculture Organization*) stale pracują nad określeniem norm spożycia, opracowując maksymalne poziomy ilości aflatoksyn w różnych produktach. Oszacowują oni dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń na podstawie przepisów krajowych. Eksperti pracują nad stworzeniem zharmonizowanych międzynarodowych norm żywnościowych w celu zabezpieczenia zdrowia konsumentów i zapewnienia uczciwych praktyk handlowych (Jankowska i Łozowicka, 2021). Dzięki temu klienci mają pewność, że kupowana przez nich żywność spełnia uzgodnione normy i jest bezpieczna.

Najwyższe dopuszczalne normy aflatoksyn zostały ustanowione w Kodeksie Żywnościowym (Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 165/2010). Maksymalna zawartość sumy aflatoksyn w migdałach, orzechach laskowych i pistacjach przeznaczonych do dalszej obróbki wynosi 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała. W orzechach gotowych już do spożycia zawartość dopuszczalna to 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała.

SZCZAWIANY

Kwas szczawiowy jest najprostszym kwasem dikarboksylovym oraz najsilniejszym kwasem karboksylowym. Pojawia się w procesie przemian metabolicznych i jest prawidłowym składnikiem moczu ssaków. Głównym narządem biorącym udział w syntezie kwasu szczawiowego jest wątroba.

Produkty będące bogatymi źródłami kwasu szczawowego w żywności to m.in. szczaw, rabarbar, szpinak, botwina, czerwone buraki, migdały, orzeszki ziemne i truskawki. Związek ten napotykaný jest także w popularnych używkach, takich jak kawa i kakao (Ulewicz-Magulska i in., 2018). Duża zawartość szczawianów występuje również w liściach herbaty i zależy od sposobu jej parzenia (Dąbrowska-Molenda i Huncza, 2018; Nawalany i Suwała 2016). Herbaty zielone, przygotowywane w temperaturze 60-80°C zawierają mniej związków szkodliwych niż herbaty czarne, zalewane wrzątkiem. Dodatkowo zawarte w herbatach polifenole ograniczają absorpcję żelaza w przewodzie pokarmowym nawet o 80% (Kolarzyk, 2016). Dzieje się tak w wyniku wiązania żelaza niehemowego i w związku z tym nie zaleca się osobom cierpiącym na niedokrwistość spożywania dużych ilości herbat liściastych. Z licznych badań wynika, że głównym źródłem szczawianów w diecie jest właśnie kawa i herbata (ok. 85% wszystkich szczawianów dostarczonych do organizmu) (Żukiewicz-Sobczak i in., 2012)

Ważna jest nie tylko zawartość kwasu szczawowego w produktach lecz także jego stosunek do zawartości wapnia, który powinien być niższy niż 1.0 (Goluch-Koniuszy i Salmanowicz, 2017; Nawalany i Suwała, 2016). Wyżej wymienione produkty roślinne zawierają ponad dwukrotnie więcej kwasu szczawowego niż wapnia. Ziemiaki i jagody zaliczane są natomiast do warzyw, w których stosunek ten jest zrównoważony. Więcej jonów wapnia niż kwasu szczawowego zawierają m.in. jarmuż, brokuł, kapusta, sałata, kalafior i marchew.

Kwas szczawowy występuje w świecie roślinnym przede wszystkim w formie łatwo rozpuszczalnych soli potasowych i sodowych oraz w niewielkich ilościach jako szczawian wapnia. Negatywne działanie tego kwasu polega między innymi na jego łączeniu się z jonami wapnia, czego konsekwencją jest pojawianie się w organizmie trudno rozpuszczalnych kryształków szczawianu wapnia (Gawęcki, 2012). Skutkiem nadmiernej konsumpcji produktów bogatych w szczawiany jest więc zahamowanie resorpcji wapnia, powodujące schorzenia takie jak osteoporoza, tężyczka lub osteomalacja. Nadmiar dostarczanego kwasu szczawowego wraz z pożywieniem, oprócz zaburzeń wchłaniania składników odżywczych, może prowadzić do niezwykle bolesnego schorzenia, jakim jest kamica nerkowa.

Aby uniknąć antyodżywczego działania kwasu szczawowego, warto łączyć produkty roślinne z produktami bogatymi w wapń, czyli z nabiałem. Wskutek takiego połączenia dochodzi do strącenia szczawianów do nierozpuszczalnego osadu, który bezpiecznie wydalany jest z organizmu. Z tego

właśnie powodu zupa szczawiowa i botwina serwowane są z jajkiem bądź śmietaną. Działanie antyodżywcze kwasu szczawiowego można również zmniejszyć poprzez blanszowanie roślin (obróbka termiczna) lub poddawanie ich fermentacji (Goluch-Koniuszy i Salmanowicz, 2017).

FITYNIANY

Fityniany są solami kwasu fitynowego, stanowią formę zapasową fosforanów i składników mineralnych w ziarnach zbóż. Pojawiają się one w płatkach zbożowych, nasionach roślin strączkowych i gryce. Rozmieszczenie kwasu fitynowego nie jest równomierne, ponieważ znajduje się on w warstwie aleuronowej (Baca i in., 2009). W związku z tym mąki z wysokiego przemiału, pieczywo pełnoziarniste oraz grube kasze zawierają więcej fitynianów niż mąki z niskiego przemiału, drobne kasze lub jasne pieczywo. Nieodżywcze działanie kwasu fitynowego polega na absorbowaniu pierwiastków takich jak Fe, Zn, Na, Ca, Mg, P, Mn. Tworzy on z tymi pierwiastkami trudno rozpuszczalne i niecałkowicie hydrolizowane w przewodzie pokarmowym kompleksy. Dodatkowo kwas ten zdolny jest do obniżania rozpuszczalności białek. Zdolność chelatowania jest związana z obecnością sześciu reaktywnych grup kwasu fosforowego w cząstce kwasu fitynowego. Jego działanie zależy od zawartości w produkcie i zaczyna się już w przypadku małych ilości ok. 2-10 mg/posiłek.

Ilość kwasu fitynowego w żywności można zmniejszyć poprzez stosowanie odpowiednich praktyk, jednak znaczne obniżenie ilości kwasu fitynowego w diecie może jednocześnie obniżyć podaż innych cennych składników zawartych w ziarnach zbóż, np. witamin, białek, lipidów, kwasu foliowego lub biotyny. Szczególnie narażone na deficyty są osoby stosujące dietę wegańską (Samek i Gogga, 2021). Z tego właśnie powodu wykorzystuje się w piekarnictwie zboża o obniżonej zawartości fitynianów lub wytwarza się wypieki na zakwasie (Pietkiewicz i Bednarski, 2018). Ważnym enzymem towarzyszącym zachodzącej tu fermentacji mlekowej jest fitaza, która rozkłada kwas fitynowy, co zwiększa biodostępność składników odżywczych zawartych w pożywieniu.

Dobłą praktyką w gospodarstwie domowym jest też moczenie nasion roślin strączkowych w wodzie o temperaturze pokojowej z dodatkiem soku z cytryny. Należy pamiętać, aby odlać wodę w której moczyły się nasiona i ugotować je w porcji świeżej wody. Zawartość kwasu fitynowego w tak przygotowanych nasionach zmniejsza się o 4-37%, w zależności od zastosowanych warunków obróbki.

TOKSALBUMINY

Toksalbuminy to najsilniejsze fitotoksyny białkowe. Powodują aglutynację erytrocytów i hamują syntezę białek. Najbardziej znaną toksyną z tej grupy jest toksalbumina zawarta w nasionach rącznika pospolitego (*Ricinus communis* L.), tzw. rycyna (Szopa i in., 2016). Związek ten stosowany jest szeroko w farmacji i kosmetyce. Poziom szkodliwości zależy od zastosowanej dawki i drogi jego podania, dlatego też nie zawsze wykazuje on swoje toksyczne właściwości. Poza tym jest to substancja wrażliwa na obróbkę cieplną, niwelującą jej działanie toksyczne. Popularny olej rącznikowy stosowany do celów leczniczych pozbawiany jest wszelkich zanieczyszczeń. Rycyna wywołuje kilkaset razy słabsze działanie po podaniu doustnym, ponieważ nie wchłania się całkowicie i zostaje częściowo rozłożona w układzie pokarmowym. Objawami zatrucia są krwawe biegunki i obrzęki narządów. Na podstawie dotychczasowych badań stwierdzono, że dawką niebezpieczną dla człowieka jest 10-20 spożytych nasion rącznika. Odpowiada to ilości do 20 mg związku przyjętego na 1 kg masy ciała (Kuśmirek i Małajowicz, 2019). Zatrucia toksalbuminami obserwuje się również u ludzi, po spożyciu mięsa zwierząt mających kontakt z rącznikiem.

PODSUMOWANIE

Zainteresowanie zagadnieniami związanymi z żywnością i jej przetwórstwem nieustannie wzrasta, ponieważ coraz częściej pojawiają się w niej związki utrudniające wchłanianie lub metabolizm składników odżywczych. Zjawisko to jest odpowiedzią na pojawiające się nowe choroby dietozależne i występujące coraz częściej nieznanne reakcje alergiczne u ludzi. Ilość związków niepożądanych w środowisku stale wzrasta, jednak nie zawsze stanowią one zagrożenie dla organizmu. Należy je jedynie poznać, świadomie minimalizować ich szkodliwość i nauczyć się czerpać z nich korzyści.

BIBLIOGRAFIA

1. Baca E., Skibniewska K., Baranowski K., Zakrzewski J., Słowik E., Meller D., Karaś M., Mielczak M., 2009, *Wpływ warunków technologicznych produkcji chleba pszennego na stopień rozkładu kwasów fitynowych*, *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 4(65), 122-132.

2. Baumann E., Stoya G., Volkner A., Richter W., Lemke C., Linss W., 2000, *Hemolysis of human erythrocytes with saponin affects the membrane structure*, Acta Histochem, 102(1), 21-35, doi: 10.1078/0065-1281-00534.
3. Bielawska K., Malinowska M., Cyuńczyk M., 2014, *Wpływ kumarynu na organizm człowieka*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2, 213-221.
4. Cieślík E., 1997, *Glikoalkaloidy – substancje toksyczne roślin wyższych*, Żywność. Technologia. Jakość, 1(10), 24-26.
5. Cieślík E., Turcza K., 2015, *Właściwości prozdrowotne aloesu zwyczajnego Aloe vera (L.) Webb. (Aloe barbadensis Mill.)*. Postępy Fitoterapii, (16)2, 117-124.
6. Czerwiecki L., 2005, *Rośliny jako źródło naturalnych substancji szkodliwych dla zdrowia*, Roczniki PZH, 56(3), 215-227.
7. Dąbrowska-Molenda M., Huncza A., 2018, *Wpływ sposobu parzenia różnych rodzajów czarnych herbat na zawartość szczawianów rozpuszczalnych*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 1, 34-37.
8. Gańczyk M., Zalewska A., Pawłowicz K., 2020, *Czynniki zwiększające ryzyko chorób psychicznych związane ze stylem życia*, W: G. Bejda, J. Lewko, E. Krajewska-Kułak (red.), *Zachowania prozdrowotne jako element aktywności życiowej człowieka*, Białystok, 384-397.
9. Gawęcki J., 2002, *Żywność nowej generacji a racjonalne żywienie*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, 4(33), Kraków, 5-16
10. Gawęcki J., 2012, *Żywność człowieka, podstawy nauki o żywieniu*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
11. Gesundheitliche Bewertung Nr. 044/2006 des BfR vom 18. August 2006, Pobrano z: https://www.bfr.bund.de/cm/343/hohe_tageliche_aufnahmemengen_von_zimt_gesundheitsrisiko_kann_nicht_ausgeschlossen_werden.pdf (Dostęp: 10.02.2022).
12. Goluch-Koniuszy Z., Salmanowicz M., 2017, *Wybrane substancje antyodżywcze występujące w żywności*, Vox Medici, 13(9), 10.

13. Goluch Z., Haraf G., Lis S., 2019, *Znaczenie orzechów w diecie człowieka*, Nauki Inżynierskie i Technologie, 4(35), 9-27.
14. Haliński Ł., 2019, *Glikoalkaloidy i saponiny – analityka, rola biologiczna, bezpieczeństwo żywności*, Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski, 4, 15-22.
15. Henneberg M., Skrzydlewska E., 1983, *Zatrucia roślinami wyższymi i grzybami*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
16. Jankowska M., Łozowicka B., 2021, *Naturalne i syntetyczne substancje toksyczne występujące w roślinach rolniczych i ich produktach*, Progress in plant protection, 61(1), 24-30.
17. Kapusta-Duch J., 2020, *Właściwości prozdrowotne warzyw kapustnych na przykładzie jarmużu (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)*, W: S. Kowalski, G. Zięć, I. Drożdż (red.), *Żywność a oczekiwania współczesnego konsumenta*, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, 67-75.
18. Koh R., Ta I., 2012, *Saponins: properties, applications and health benefits (biochemistry research trends: botanical research and practices)*, Nova Science Pub. Inc., UK.
19. Kolarzyk E. (red.), 2016, *Antyodżywcze i antyzdrowotne aspekty żywienia człowieka*, wyd.1, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
20. Kowalska A., Walkiewicz K., Kozieł P., Muc-Wierzoń M., 2017, *Aflatoksyny – charakterystyka i wpływ na zdrowie człowieka*, Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 71, 315-327.
21. Krakowiak D., Łopatniuk O., Bohacz J., 2021, *Pleśnie i mykotoksyny w produktach żywnościowych o niskiej i wysokiej aktywności wodnej*, W: M. Babicz, K. Kropiwek-Domańska (red.), *Wybrane zagadnienia z zakresu produkcji surowców, żywności i kosmetyków. Środowisko-roślina-zwierzę-produkt*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.
22. Królikowska K., Fortuna T., Pietrzyk S., 2012, *Substancje antyodżywcze w żywności*, Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski, 9-10, 88-90.

23. Kunachowicz H., Czarnowska-Misztal E., Turlejska H., 2009, *Substancje nieodżywcze występujące w produktach spożywczych*, W: *Zasady żywienia człowieka*, s.116-119.
24. Kuśmirek S., Małajowicz J., 2019, *Struktura i właściwości rycyny – toksycznego białka rącznika pospolitego*, *Postępy biochemii*, 65(2), 106.
25. Kwiatkowska E., Bawa S., 2007, *Glukozynolany w profilaktyce chorób nowotworowych – mechanizmy działania*, *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 58(1), 7-13.
26. Lewkowicz-Mosiej T., 2013, *Egzotyczne rośliny lecznicze*, Wydawnictwo M., Kraków.
27. Liu Y., Chang C.C., Marsh G.M., Wu F., 2012, *Population attributable risk of aflatoxin-related liver cancer: systematic review and meta-analysis*, *European Journal of Cancer*, 48, 2125-2136.
28. Malik M., 2006, *Rozumienie zdrowia i jego związek z edukacją zdrowotną*, *Acta Scientifica Academiae Ostroviensis*, 25, 9-17.
29. Michalik M., Sędek Ł., 2005, *Nowe badania nad saponinami ujawniają ich lecznicze właściwości*, *Kosmos – problemy nauk biologicznych*, 54(269), 345–356.
30. Nawalany K., Suwała G., 2016, *Wybrane, roślinne składniki odżywcze występujące w żywności*, W: J. Żuchowski, R. Zieliński (red.), *Ocena jakości żywności*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – BIP, 190-199.
31. Nowak A., Zielińska A., 2016, *Aktywność przeciwnowotworowa amygdaliny*, *Postępy Fitoterapii*, 4, 282-292.
32. Obiedzińska A., Kwasek M., Obiedziński M., 2016, *Bezpieczeństwo żywności jednym z filarów bezpieczeństwa żywnościowego*, *Edukacja dla bezpieczeństwa*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa w Poznaniu, 9, 3(32), 423-440.
33. Pasternakiewicz A., Dżugan M., 2012, *Ćwiczenia laboratoryjne z toksykologii żywności*, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
34. Peplińska-Miąskowska J., Wichowicz H., Waśkow M., 2017, *Potencjalny wpływ wybranych składników diety na stan psychiczny*, *Neuropsychiatria. Przegląd kliniczny*, 9(3), 101-107.

35. Pickova D., Ostry V., Toman J., Malir F., 2021, *Aflatoxins: history, significant milestones, recent data on their toxicity and ways to mitigation*, *Toxins*, 13(399), 1-15.
36. Pietkiewicz J., Bednarski W., 2018, *Biotechnologia żywności dla dietetyków*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy.
37. Podgórska J., 2017, *Goitrogeny – czym są i czy należy ich unikać?* Pobrano z: <https://biotechnologia.pl/farmacja/goitrogeny-czym-sa-i-czy-nalez-y-ich-unikac,17106> (Dostęp: 22.02.2022).
38. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 165/2010 z dnia 26 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do aflatoksyn, Pobrano z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex%3A32010R0165> (Dostęp: 10.02.2022).
39. Różański H., 2010, *Charakterystyka dawnych i współczesnych środków roślinnych stosowanych w schorzeniach serca i układu krążenia*, Pobrano z: <http://espz.pl/materialy/cardiovascularia.pdf> (Dostęp: 10.02.2022).
40. Samek G., Gogga, P., 2021, *Zapobieganie niedoborowi żelaza u osób stosujących dietę wegańską*, *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 23 (11), 1-7.
41. Sawicki T., 2004, *Czynniki zagrażające bezpieczeństwu strażaków w warunkach pożaru*, *Bezpieczeństwo Pracy*, 7-8, 35-36.
42. Sobczyk W., 2000, *Substancje obce w żywności. Żywność bezpieczna*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Kraków.
43. Szopa M., Piekoszewski W., Leśków A., Całkosiński I., 2016, *Toksyczność rycyny*, *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski*, 11-12, 39-42.
44. Szwaczko K., Lipa A., 2021, *Zapach siana, który koi nerwy; kumaryny w medycynie przemysle perfumeryjnym*. *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski*, 4, 36-41.

45. Szybiński Z., 2009, *Sytuacja profilaktyki jodowej w Polsce w świetle ostatnich rekomendacji WHO dotyczących ograniczenia spożycia soli*, *Pediatric Endocrinology Diabetes and Metabolism*, 2, 103-107.
46. Timbrell J., 1984, *Paradoks trucizn*, Wydawnictwo WNT, Warszawa.
47. Ulewicz-Magulska B., Pawelkiewicz J., Wesołowski M., 2018, *Kawa źródłem odżywczych szczawianów w diecie człowieka*, *Bromatologia Farmaceutyczna*, 74(4), 206-209.
48. Vollmuth R., 2001, *Traumatologie und Feldchirurgie an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit exemplarisch dargestellt anhand der 'Grossen Chirurgie' des Walther Hermann Ryff.*, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
49. World Health Organization, 2020, *Food safety*, Pobrano z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> (Dostęp: 20.03.2022).
50. Wysocka E., 2018, *Czy kumaryna może być szkodliwa?*, Pobrano z: <https://longevity.pl/czy-kumaryna-moze-byc-szkodliwa> (Dostęp: 20.01.2022).
51. Żukiewicz-Sobczak W., Krasowska E., Sobczak P., Horoch A., Wojtyła A., Piątek J., 2012, *Wpływ spożycia kawy na organizm człowieka*, *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 18, 71–76.

REVIEW OF SELECTED NATURAL NON-NUTRITIVE SUBSTANCES FOUND IN FOOD

Summary: Food is rich in both – valuable substances and those known as non-nutritive or anti-nutritional substances. Both groups do not add any value to the diet or even act against the body. Natural non-nutrients are most often products of metabolism of plant raw materials. The harmfulness of a substance depends on its dose and form of consumption. Lack of basic education, information and awareness of the dangers of inadequate nutrition causes a number of health problems. The purpose of this article is to present selected issues related to foreign compounds occurring in generally available to consumers food

of plant origin. There are several hundred plant species in Poland that contain potentially toxic compounds, the overdosing of which may have unpleasant health consequences.

Keywords: Food, foreign compounds, plant compounds, nutrition, health, antinutritional, toxic.

MAŁGORZATA KWIECIEN¹, AGATA BIELAK²,
KAROLINA JACHIMOWICZ³, BARBARA ŁUSZCZYŃSKA⁴,
ANNA WINIARSKA-MIECZAN⁵

OCENA JAKOŚCI JOGURTÓW BEZTŁUSZCZOWYCH – WARTOŚĆ ENERGETYCZNA, ZAWARTOŚĆ MAKROSKŁADNIKÓW ORAZ OCENA KONSUMENCKA

Streszczenie: Celem pracy było porównanie wartości energetycznej oraz zawartości węglowodanów i białka w jogurtach tradycyjnych i beztłuszczowych na podstawie informacji deklarowanych przez producentów oraz ich ocena konsumencka. Ocena konsumencką przeprowadzono metodą QDA (Quantitative Descriptive Analysis) w grupie 200 studentów UP w Lublinie. Analizowano 6 par produktów tej samej marki i tego samego smaku, w każdej z par znajdował się jogurt tradycyjny oraz beztłuszczowy. Nazwy oraz rodzaj produktów zostały zakodowane. Konsumenci otrzymali karty oceny, w których w skali 5-punktowej oceniły smak, zapach, barwę, konsystencję i wygląd ogólny badanych jogurtów. Analiza etykiet jogurtów wykazała, że pozbawienie jogurtu tłuszczu wiąże się z obniżeniem jego wartości kalorycznej oraz podwyższeniem zawartości białka ogólnego. Ocena organoleptyczna nie dała jednoznacznej odpowiedzi, które z produktów (tradycyjne czy beztłuszczowe) były oceniane lepiej, nieco wyższe noty ogólne otrzymały jednak częściej produkty tradycyjne.

Słowa kluczowe: Jogurty, skład chemiczny, ocena konsumencka, zawartość tłuszczu.

¹ Prof. dr hab. Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie; ORCID: 0000-0001-2345-6789.

² Mgr, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

³ Mgr, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁴ Dyplomantka Zakładu Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁵ Dr hab. prof. uczelni, Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

WSTĘP

Mleczne napoje fermentowane są produktami chętnie kupowanymi i spożywanymi przez konsumentów ze względu na walory smakowe oraz bogactwo substancji odżywczych. Ponadto udokumentowano prozdrowotne właściwości fermentowanych produktów mlecznych, ich spożywanie wpływa na wzmocnienie i pobudzenie układu odpornościowego, a także degradację i rozkład związków rakotwórczych. Są również elementem dietoterapii w osteoporozie. Ponadto duża zawartość peptydów czynnościowych zawartych w tych produktach oddziałuje leczniczo na przewód pokarmowy i układ sercowo-naczyniowy, a produkty probiotyczne modyfikują mikrobiotę jelit, poprawiając funkcjonowanie organizmu [Kudełka 2005]. Podczas produkcji jogurtu, w procesie fermentacji powstaje kwas mlekowy, zakwaszający środowisko w jelitach konsumenta, ograniczając rozwój bakterii patogennych. W środowisku kwaśnym łatwiej przyswajają się wapń i fosfor [Mojka 2013].

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów i biorąc pod uwagę wzrost częstości zachorowań na choroby cywilizacyjne wynikające z nadmiernej masy ciała (m.in. miażdżyca, cukrzyca typu 2), producenci żywności dostarczają na rynek coraz więcej produktów o obniżonej wartości energetycznej, tworząc nową grupę żywności, nazywaną ubogoenergetyczną lub typu *light* [Grzelak i in. 2014]. Zwiększone zainteresowanie tego typu żywnością wynika z rosnącej świadomości ludzi dotyczącej wpływu żywienia na stan zdrowia i utrzymanie prawidłowej masy ciała [Mędreła-Kuder 2005]. Dlatego też konsumenci chętnie wybierają produkty, w których obniżona jest zawartość określonego składnika, np. tłuszczu (głównie bogatego w nasycone kwasy tłuszczowe), cholesterolu, cukru lub soli [Verhagen i in. 2010]. W jogurtach, które są spożywane w Polsce szczególnie chętnie (szacuje się, że rocznie 1 osoba spożywa ich 7-8 kg) [Wichrowska i Wojdyła 2014], najczęściej eliminuje się tłuszcz. Usunięcie tłuszczu z produktu może wpływać na jego wartość konsumenką, ponieważ tłuszcz, oprócz tego, że odpowiada za konsystencję, jest też nośnikiem smaku [Kudełka i Jachna 2009]. Ze względów technologicznych w produktach odtłuszczonych usunięty składnik musi zostać zastąpiony innym, w tym celu stosowane są zamienniki, tłuszczu, np. mimetyki na bazie białek, skrobia, agar-agar, karagen lub żelatyna [Lal i in. 2006]. Niemniej jednak wyeliminowanie tłuszczu z jogurtu powoduje obniżenie jego wartości energetycznej i jest to proces około 2-krotnie skuteczniejszy, niż wyeliminowanie cukru [Kudełka i Jachna 2009].

Celem pracy było porównanie wartości energetycznej oraz zawartości węglowodanów i białka w jogurtach tradycyjnych i beztłuszczowych na podstawie informacji deklarowanych przez producentów oraz konsumencka ocena ich jakości.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiło 12 rodzajów jogurtów, pochodzących od 6 producentów (zakodowanych jako A, B, C, D, E i F), dostępnych na rynku lubelskim. Produkty przeanalizowano w parach: produkt tradycyjny i beztłuszczowy (Tab. 1); w każdej parze produkty miały ten sam smak i pochodziły od tego samego producenta. Jogurty marki A i B miały smak naturalny, C i D – smak owoców leśnych, natomiast E i F – smak truskawki. Wszystkie jogurty pakowane były w plastikowe pojemniki i posiadały aktualny termin przydatności do spożycia. Analizę konsumencką jogurtów przeprowadzono w ciągu 2 dni od momentu zakupienia produktów, do czasu analizy przechowywane były one w warunkach chłodniczych.

Ocenę jakości jogurtów przeprowadzono w grupie 200 studentów Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie metodą QDA (Quantitative Descriptive Analysis – Ilościowa Analiza Opisowa), zgodnie z normą ISO 13299:2010 [Jeżewska i in. 2012]. Każda z ankietowanych osób otrzymała własny zestaw produktów do oceny. Zestaw składał się z około 10 g porcji każdego z jogurtów, podawanych w plastikowych przezroczystych pojemniczkach. Nazwy jogurtów zostały zakodowane, natomiast przypisane symbole były przypadkowe. Osoby biorące udział w badaniu wiedziały, które produkty stanowią parę, nie wiedziały jednak, który jogurt z pary jest beztłuszczowy. Konsumentom otrzymali karty oceny, w których w skali 5-punktowej ocenili cechy badanych produktów:

- smak: czysty, charakterystyczny dla danego jogurtu (5 pkt.); czysty, lekko kwaśny, charakterystyczny dla danego jogurtu (4 pkt.); kwaśny, lekko gorzkawy (3 pkt.); zmieniony, gorzki, nieczysty (2 pkt.); wyraźnie zmieniony, nieczysty, bardzo gorzki (1 pkt.);
- zapach: intensywny, charakterystyczny dla jogurtu, zharmonizowany (5 pkt.); lekko wyczuwalny, charakterystyczny dla jogurtu (4 pkt.); nieczysty, mało aromatyczny (3 pkt.); nieczysty, zmieniony (2 pkt.); nietypowy, nieczysty, zmieniony (1 pkt.);

- barwę: typowa, charakterystyczna dla danego jogurtu (5 pkt.); mniej charakterystyczna (4 pkt.); mało typowa, lekko zmieniona (3 pkt.); mało typowa, wyraźnie zmieniona (2 pkt.); nietypowa, silnie zmieniona (1 pkt.);
- konsystencję: jednolita, gęsta, lekko ciągliwa (5 pkt.); jednolita, mniej gęsta, lekko ciągliwa (4 pkt.); jednolita, zbyt rzadka, ciągliwa, widoczne grudki i lekkie skłaczenia (3 pkt.); jednolita, zbyt rzadka, ciągliwa, wyraźnie grudkowana (2 pkt.); płynna, rozrzedzona, wyraźnie grudkowana (1 pkt.);
- wygląd ogólny: skrzep jednolity, bez odpływu serwatki (5 pkt.); prawie niewidoczny opływ serwatki (4 pkt.); lekki odpływ serwatki (3 pkt.); wyraźny, widoczny odpływ serwatki (2 pkt.); bardzo wyraźny odpływ serwatki (1 pkt.).

Dodatkowo ankietowani zostali poproszeni o wskazanie, w których produktach wyczuwalny był smak lub zapach owoców oraz zidentyfikowanie go. Kwestionariusz ankiety oceny jogurtów był anonimowy i dobrowolny. Uzyskane wyniki zostały poddane analizie za pomocą programu komputerowego Microsoft Office Excel 2007, przy pomocy testu t-Studenta. Różnice istotne statystyczne ($P < 0,05$) określono przy użyciu testu Duncana. Do interpretacji wyników posłużyła średnia ilość punktów przyznawana poszczególnym produktom przez osoby oceniające.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W Tabeli 1 przedstawiono porównanie wartości energetycznej i zawartości tłuszczu, białka i węglowodanów w analizowanych jogurtach. Wszystkie jogurty beztłuszczowe charakteryzowały się znacznie niższą wartością energetyczną niż tradycyjne, co było spowodowane eliminacją tłuszczu. W jogurtach naturalnych beztłuszczowych wartość energetyczna została obniżona o 18% (produkt A) oraz 29% (produkt B), w jogurtach truskawkowych o 30% (26% produkt E i 33% produkt F), natomiast w jogurtach o smaku owoców leśnych o ponad 56%. Tłuszcze są ważnym elementem pokarmu w diecie człowieka, dostarczając mu nie tylko potrzebnej energii, ale również wspomagają m.in. działanie układu nerwowego, krwionośnego, odgrywając ważną rolę w funkcjonowaniu struktur błon komórkowych, biorąc udział w termoregulacji (tłuszcz podskórny) czy też stabilizacji narządów wewnętrznych (tłuszcz okołonarządowy). Będąc nośnikami smaku odpowiadają za konsystencję produktów spożywczych [Kukielka i Jachna 2009]. Pozbawienie

jogurtu tłuszczu wiąże się z utratą witamin lipofilnych [Mojka 2013]. Należy zauważyć, że w jogurtach naturalnych redukcja tłuszczu wiązała się w ok. 5% podwyższeniem zawartości węglowodanów oraz ponad 10% podwyższeniem zawartości białka. Zwiększenie ilości białka, w porównaniu do produktów tradycyjnych, stwierdzono także w jogurtach truskawkowych oraz jogurcie o smaku owoców leśnych marki C. We wszystkich produktach odtłuszczonych, oprócz jogurtu marki D, stwierdzono podwyższenie zawartości węglowodanów. Różnice te wynikały z receptury produktu. Na podstawie uzyskanych informacji należy stwierdzić, że najbardziej ubogi w makroskładniki jest jogurt odtłuszczony o smaku owoców leśnych marki D, w którym oprócz obniżenia wartości energetycznej oraz redukcji zawartości tłuszczu, poziom węglowodanów został obniżony o 20%, a białka aż o 70%. Jogurty są spożywane przede wszystkim ze względu na obecność białka i wapnia [Szajnar i in. 2014; Mojka 2013]. Podczas fermentacji jogurtów białko staje się bardziej strawne, dzięki zwiększeniu zawartości wolnych aminokwasów [Mojka 2013], natomiast zawartość w nim wapnia nie zmienia się [Murawska 2017].

Wyeliminowanie tłuszczu z jogurtu może wpływać na jego jakość konsumentką, ponieważ tłuszcz odpowiada za konsystencję produktu, jest też nośnikiem smaku [Kudęłka i Jachna 2009]. Na smak może wpływać również dodatek składników zastępczych dla tłuszczu (skrobia, agar-agar, karagen, żelatyna, mimetyki), które są dodawane ze względów technologicznych [Lal i in. 2006]. Cechy sensoryczne jogurtów, takie jak: smakowitość, tekstura, czy barwa są odzwierciedleniem ich jakości i ważnym czynnikiem decydującym o wyborze produktu przez konsumentów. Natomiast określenie elementów składowych jakości budzi duże zainteresowanie producentów, ze względu na możliwość wytwarzania produktu konkurencyjnego, który będzie posiadał powtarzalne parametry, spełniające ciągle rosnące wymagania konsumenta [Jaworska i Hejduk 2008]. Smak jogurtu tradycyjnego pochodzi przede wszystkim od produktów wytworzonych przez bakterie w procesie fermentacji – kwasu mlekowego, aldehydu octowego, acetoiny i dwuacetylu [Kowal i Libudzis 2000]. Badanie wpływu różnorodnych czynników na podejmowanie decyzji odnośnie zakupu w sklepie wskazuje, że konsument w pierwszej kolejności zwraca uwagę na smak, świeżość danego produktu i jego skład, a przede wszystkim zawartość w nim tłuszczu czy też różnych dodatków. Jednak przy zakupie jogurtów największe znaczenie odgrywa jego smak [Świątkowska 2014].

Wyniki przeprowadzonej oceny konsumentkiej smaku badanych jogurtów przedstawiono na Wykresie 1. Porównanie jogurtów tradycyjnych z odtłuszczonymi nie wykazało określonej tendencji, a istotnie statystycznie

różnice stwierdzono jedynie w produktach marki B, C i F, przy czym w jogurtach B i F wyższą ($P < 0,05$) ocenę uzyskał produkt tradycyjny, natomiast w jogurcie C – produkt odtłuszczony. Badania Kaminarides i in. [2007] wykazały, że produkty o niskiej zawartości tłuszczu są przez konsumentów oceniane jako mniej smaczne niż produkty tradycyjne lub pełnotłuste. Może to wynikać z faktu, że tłuszcz obecny w pożywieniu jest nośnikiem smaku, a więc stosowanie zamienników tłuszczu w żywności powinno obniżyć wartość energetyczną, ale nie powinno zmieniać cech organoleptycznych m.in. smaku [Zymon, 2014]. Także w badaniu Jakubowskiej i Matusievičiusa [2018] zawartość tłuszczu była związana ze smakiem – im więcej tłuszczu, tym wyższa była ocena smaku. Smak jest najważniejszym kryterium w wyborze jogurtów, w dalszej kolejności wymieniane są takie cechy konsumpcyjne jak konsystencja i zapach [Sajdakowska i Grasewicz 2016].

Tabela 1. Wartość energetyczna i zawartość podstawowych składników odżywczych w jogurtach tradycyjnych i odtłuszczonych na podstawie deklaracji producenta.

Producent	Skład chemiczny	Jogurt		Różnica, %
		tradycyjny	beztłuszczowy	
A	Wartość energetyczna, kcal	63	52	↓ 18
	Zawartość tłuszczu, g	1,5	0,0	↓ 100
	Zawartość węglowodanów, g	7,3	7,6	↑ 4
	Zawartość białka, g	5,0	5,5	↑ 10
B	Wartość energetyczna, kcal	58	41	↓ 29
	Zawartość tłuszczu, g	2,0	0,0	↓ 100
	Zawartość węglowodanów, g	5,7	6,0	↑ 5
	Zawartość białka, g	4,3	5,0	↑ 16
Z dodatkiem owoców leśnych				
C	Wartość energetyczna, kcal	98	43	↓ 56
	Zawartość tłuszczu, g	2,5	0,0	↓ 100
	Zawartość węglowodanów, g	15,3	5,0	↓ 67
	Zawartość białka, g	3,5	4,3	↑ 23
D	Wartość energetyczna, kcal	112	38	↓ 66
	Zawartość tłuszczu, g	4,5	0,0	↓ 100
	Zawartość węglowodanów, g	6,8	5,5	↓ 19
	Zawartość białka, g	13,5	4,0	↓ 70

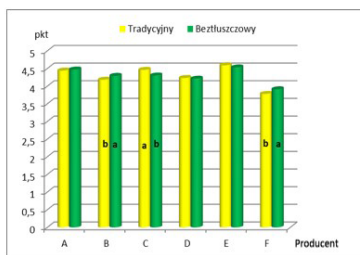
OCENA JAKOŚCI JOGURTÓW BEZTŁUSZCZOWYCH...

Z dodatkiem truskawki				
E	Wartość energetyczna, kcal	105	78	↓ 26
	Zawartość tłuszczu, g	3,0	0,0	↓ 100
	Zawartość węglowodanów, g	13,0	14,4	↑ 11
	Zawartość białka, g	6,2	7,0	↑ 13
F	Wartość energetyczna, kcal	61	41	↓ 33
	Zawartość tłuszczu, g	2,5	0,0	↓ 100
	Zawartość węglowodanów, g	6,1	5,7	↓ 7
	Zawartość białka, g	3,6	4,5	↑ 25

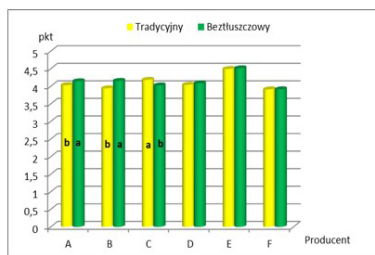
Eliminacja tłuszczu z produktu, oprócz zmiany smaku, powoduje modyfikację jego zapachu i konsystencji, cechy te decydują w znacznym stopniu o wyborze produktu przez konsumenta [Wierzbicka, Biller i Plewicki 2003]. W prezentowanym badaniu własnym istotne statystycznie różnice pomiędzy produktami tradycyjnymi i odtłuszczonymi w ocenie zapachu stwierdzono w przypadku jogurtów marki A, B, D – w tym przypadku produkty tradycyjne zostały ocenione wyżej ($P < 0,05$) niż odtłuszczone, a także w jogurtach marki C, gdzie wyżej ($P < 0,05$) został oceniony produkt odtłuszczony (Wykres 2). Także w przypadku oceny konsystencji jogurtów nie stwierdzono zależności kierunkowej pomiędzy produktami tradycyjnymi i odtłuszczonymi. Istotne statycznie różnice zanotowano jedynie w produktach marki A i D, w których jogurty tradycyjne zostały ocenione wyżej ($P < 0,05$) niż odtłuszczone, przeciwny wynik uzyskano dla jogurtu marki C (Wykres 3). Revoredó-Giha i in. [2012] stwierdzili, że zawartość tłuszczu w produkcie wpływa dodatnio na jego teksturę, dlatego też produkty tradycyjne powinny być oceniane wyżej niż nie zawierające tłuszczu. Na teksturę jogurtu wpływa także zastosowanie różnego rodzaju dodatków technologicznych, jak mleko w proszku, białka mleka, zagęszczacze, a także proces homogenizacji i pasteryzacji [Wichrowska i Wojdyła 2014]. Wichrowska i Wojdyła [2014] wykazali, że smak, zapach, barwa i konsystencja jogurtu, a także jego wygląd i stopień synerезy są dodatnio skorelowane z zawartością tłuszczu. Podobne wyniki uzyskali Rój i Przybyłowski [2012], którzy wykazali również, że jogurty beztłuszczowe charakteryzują się mniejszą jasnością barwy niż jogurty o wysokim udziale tłuszczu. Co więcej, wydłużenie się czasu przechowywania jogurtów w warunkach chłodniczych obniża ich barwę, smak i zapach, szczególnie dotyczy to jogurtów z mniejszą zawartością tłuszczu [Wichrowska i Wojdyła 2014]. W prezentowanym badaniu własnym istotne statycznie różnice w ocenie barwy pomiędzy jogurtami tradycyjnymi i odtłuszczonymi stwierdzono

w produktach C, E i F, należy zauważyć, że we wszystkich tych przypadkach wyżej ocenione zostały produkty odtłuszczone (Wykres 4). Także w przypadku oceny ogólnej badanych jogurtów nie można jednoznacznie stwierdzić, czy poziom tłuszczu wpływał istotnie statystycznie na ten parametr (Wykres 5). W jogurtach marki B i D zanotowano wyższą ($P < 0,05$) ocenę w produktach tradycyjnych niż w odtłuszczonych, natomiast w produkcie F wyższą ocenę przyznano jogurtowi odtłuszczonemu. W przypadku produktów A, C i E nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic dla tej cechy.

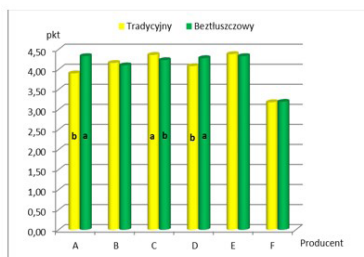
Porównanie ogólnej oceny jogurtów tradycyjnych i odtłuszczonych wykazało, że w przypadku, gdy występowały różnice statystycznie istotne (produkt A, C i F), wyższe oceny przyznawano produktom tradycyjnym, jednak w przypadku produktów B, D i E ocena ogólna nie różniła się istotnie pomiędzy produktami o różnej zawartości tłuszczu.



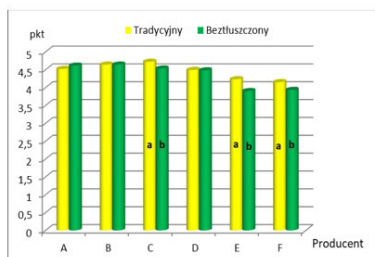
Wykres 1. Średnia ocena smaku badanych jogurtów.
Źródło: Opracowanie własne.



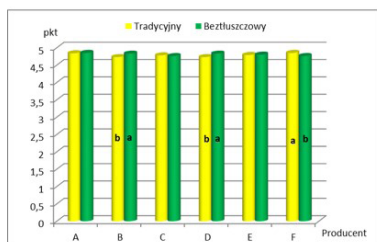
Wykres 2. Średnia ocena zapachu badanych jogurtów.
Źródło: Opracowanie własne.



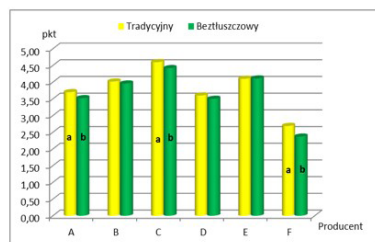
Wykres 3. Średnia ocena konsystencji badanych jogurtów.
Źródło: Opracowanie własne.



Wykres 4. Średnia ocena barwy badanych jogurtów.
Źródło: Opracowanie własne.



Wykres 5. Średnia ocena wyglądu ogólnego badanych jogurtów.
Źródło: Opracowanie własne.



Wykres 6. Średnia ogólna ocena badanych jogurtów.
Źródło: Opracowanie własne.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że wyeliminowanie tłuszczu spowodowało obniżenie wartości energetycznej jogurtów o 18-66%, a także modyfikacje w zawartości białka i węglowodanów, co wynikało z receptury produktu.
2. Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić, które z produktów oceniane były wyżej. Porównanie ogólnej oceny jogurtów tradycyjnych i odtłuszczonych wykazało, że w przypadku, gdy występowały różnice statystycznie istotne, wyższe oceny przyznawano produktom tradycyjnym.
3. Ocena poszczególnych cech (smak, zapach, barwa, konsystencja, wygląd ogólny) zwykle różniła się pomiędzy parami produktów, jednak nie były to różnice kierunkowe.

BIBLIOGRAFIA

1. Grzelak T., Grupińska J., Kramkowska M., Walczak M., Czyżewska K., 2014, *Ocena wiedzy studentów na temat żywności ubogoenergetycznej oraz analiza jej spożycia*, Forum Zaburzeń Metabolicznych, 5.
2. Jaworska D., Hejduk L., *Instrumentalna metoda oceny gładkości jogurtu naturalnego*, *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2008, 4.
3. Jeżewska-Zychowicz M., Jeznach M., Kosicka-Gębska M., *Gotowość konsumentów do spożywania żywności typu light*, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, 3.
4. Kaminarides S., Stamou P., Massouras T., *Comparison of the characteristics of set type yogurt made from ovine milk of different fat content*, *International Journal of Food Science and Technology*, 2007, 42.
5. Kowal K., Libudzisz Z., *Mikrobiologia techniczna*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2000.
6. Kudelka W., *Characterization of Fermented Milk Beverages in the EU and in Poland*, *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 2005, 678.
7. Kudelka W., Jachna D., *Charakterystyka żywności o obniżonej wartości energetycznej*, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 2009, 834.

8. Lal S. N. D., O'Connor Ch. J., Eyres L., *Application of emulsifiers/ stabilizers in dairy products of high rheology*, Advances in Colloid and Interface Science, 2006, 123–126.
9. Mędreła-Kuder E., *Wybrane zwyczaje żywieniowe w grupie kobiet z nadwagą lub otyłością*, Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 2005, 56.
10. Mojka W., *Charakterystyka mlecznych napojów fermentowanych*, Problemy Higieny i Epidemiologii, 2013, 94.
11. Murawska A., *Czynniki wpływające na konsumpcję produktów mlecznych w polskich gospodarstwach domowych*, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, 2017, 120.
12. Revoredo-Giha C., Kupiec-Teahan B., Wrieden W., Davis V., Leat P., *An analysis of the consumption of sausages in Scotland using supermarket data*, Food Nutrition Sciences, 2012, 12.
13. Rój A., Przybyłowski P., *Ocena barwy jogurtów naturalnych*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2012, 45(3), 813–816.
14. Sajdakowska M., Graszewicz J., *Wybrane walory zdrowotne jogurtów w opinii konsumentów*, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, 2016, 114.
15. Szajnar K., Znamirska A., Pawlos M., Kalicka D., *Właściwości fizykochemiczne i profil teksturometryczny jogurtów wzbogaconych cytrynianem wapnia*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2014, 4.
16. Świątkowska, M., *Mleko - podstawa diety i gospodarki żywnościowej*, Biuletyn Informacyjny, Agencja Rynku Rolnego, 2014, 3.
17. Świdorski F., Kolanowski W., *Żywność funkcjonalna i dietetyczna* [w:] *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*, Świdorski F. (red.), Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.
18. Verhagen H., Vos E., Francl S., Heinonen M., Van Loveren H., *Status of nutrition and health claims in Europe*, Archives of Biochemistry and Biophysics, 2010, 501.

19. Wichrowska D., Wojdyła T., *Ocena sensoryczna i fizykochemiczna wybranych jogurtów naturalnych i ekologicznych*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2014, 53.
20. Wierzbicka A., Biller E., Plewicki T., *Wybrane aspekty inżynierii żywności w tworzeniu produktów spożywczych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2003.
21. Zymon M., 2014, *Czym jest smakowitość wołowiny i co ją kształtuje?* *Wiadomości Zootechniczne*, 1.

CONSUMER ASSESSMENT OF TRADITIONAL AND FAT-FREE YOGHURTS

Abstract: The aim of the study was to compare energy value, carbohydrate and protein content of traditional and fat-free yogurts on the basis of information declared by producers and their consumer evaluation. Consumer evaluation was conducted using QDA (Quantitative Descriptive Analysis) in a group of 200 students of University of Life Sciences in Lublin. There were analyzed 6 pairs of products of the same brand and flavor, each pair consisted of traditional and fat-free yogurt. The names and types of products were coded. The consumers were given evaluation cards in which they rated the taste, smell, color, texture, and overall appearance of the yogurts tested on a 5-point scale. Analysis of yogurt labels showed that depriving yogurt of fat is associated with a decrease in its caloric value and an increase in total protein content. The organoleptic evaluation did not give a clear answer which of the products (traditional or fat-free) were rated better, however, slightly higher overall scores were given to traditional products more often.

Keywords: Yoghurt, chemical composition, consumer assessment, fat content.

PRZYDATNOŚĆ ALKOHOLU METYLOWEGO JAKO STYMULATORA BIOSYNTETY KWASU CYTRYNOWEGO PRZEZ *ASPERGILLUS NIGER* W PODŁOŻACH Z GLICEROLEM

Streszczenie: Na przebieg hodowli *Aspergillus niger* i szybkość biosyntezy kwasu cytrynowego metodą węglbną wpływa wiele czynników, m.in. rodzaj źródła węgla i jego stężenie, rodzaj i stężenie jonów metali występujących w podłożach hodowlanych oraz morfologia grzybni. Czynniki stymulujące proces biosyntezy kwasu cytrynowego były dotąd szeroko badane. Wykazano, że alkohole o niskiej masie cząsteczkowej, jak metanol, etanol oraz n-propanol, mogą stymulować proces produkcji kwasu cytrynowego. Przedmiotem badań była ocena zastosowania alkoholu metylowego jako stymulatora fermentacji cytrynowej. Celem badań było określenie wpływu alkoholu metylowego na biosyntezę kwasu cytrynowego we węglbnych hodowlach okresowych przez szczepy *Aspergillus niger* PD-66 i CW-L w podłożach z glicerolem odpadowym i glicerolem bezwodnym. Podłoże hodowlane używane w badaniu zawierało w swoim składzie (w g·dm⁻³): glicerol bezwodny (99,5%) lub glicerol odpadowy (88,3%) – 100,0; NH₄NO₃ – 2,0; KH₂PO₄ – 0,2; MgSO₄·7H₂O – 0,2 i wodę wodociągową do 1 dm³. Kwasowość czynną regulowano przez dodatek wodnego roztworu HCl o stężeniu 0,5 mol·dm⁻³ i ustalono na poziomie 3,0. Hodowle prowadzono przez 15 dni w temp. 30°C, w kolbach o pojemności 500 cm³ wypełnionych 150 cm³ podłoża, umieszczonych na wstrząsarce rotacyjnej o częstotliwości 200 obr·min⁻¹. Przed rozpoczęciem hodowli do podłoża dodawano alkohol metylowy w ilości 2% obj. Analiza wyników badań wykazała, że alkohol metylowy negatywnie wpływa na efektywność biosyntezy kwasu cytrynowego. Obniżenie efektywności procesu wynikało przede wszystkim z toksycznego oddziaływania metanolu na przyrost biomasy grzybni i jej aktywność kwasotwórczą.

Słowa kluczowe: *Aspergillus niger*, kwas cytrynowy, metanol, hodowla okresowa, biosynteza

¹ Dr inż., Katedra Agrotechnologii i Analizy Jakości, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; ORCID: 0000-0001-6416-0458.

² Dr inż., Katedra Technologii Żywności i Żywności i Żywności, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; ORCID: 0000-0002-7745-6343.

³ Prof. zw. dr hab. inż., Zakład Dietetyki i Coachingu, Wydział Nauk o Zdrowiu i Kulturze Fizycznej, Collegium Witelona w Legnicy; 0000-0002-9155-1734.

WPROWADZENIE

Rosnąca świadomość negatywnych skutków powodowanych przez chemikalia stosowane w produktach codziennego użytku skłoniła konsumentów do zwrócenia większej uwagi na produkty ekologiczne. Stworzyło to pozytywne perspektywy dla rozwoju rynku kwasu cytrynowego, którego produkcja w 2020 roku sięgnęła 2,55 miliona ton. Skład chemiczny i moc kwasu cytrynowego w oryginalnie zamkniętym opakowaniu pozostają stabilne przez co najmniej pięć lat, dzięki czemu znajduje on zastosowanie jako środek konserwujący, aromatyzujący i barwiący [Citric Acid Market: Global Industry Trends].

Kwas cytrynowy jest powszechnie stosowany w przemyśle spożywczym, chemicznym i farmaceutycznym. Około 75% jego światowego spożycia przypada na przemysł spożywczy, gdzie stosowany jest głównie jako środek zakwaszający w gazowanych napojach bezalkoholowych. Kwas cytrynowy występuje w tkankach roślinnych i zwierzęcych, a dla organizmów żywych jest niezbędny w szeregu reakcji cyklu Krebsa, w którym następuje oksydacja węglowodanów do ditlenku węgla i wody z uwolnieniem energii [Fiume i in., 2012]. Na potrzeby przemysłu, kwas cytrynowy jest otrzymywany z udziałem grzybów *Aspergillus niger* w hodowlach węgłbnych oraz w hodowlach w podłożach stałych. Szczepy *Aspergillus niger* charakteryzują się wysoką wydajnością produkcji oraz homofermentatywnością biosyntezy kwasu cytrynowego [Dhillon i in., 2013; Hu i in., 2019; Pietkiewicz, 2002].

Na efektywność procesu biosyntezy kwasu cytrynowego wpływa wiele czynników. Wśród nich wymienić można m.in. właściwości zastosowanego szczepu, rodzaj i skład podłoża hodowlanego oraz dobór optymalnych parametrów bioprodukcji. Głównymi substratami wykorzystywanymi do produkcji kwasu cytrynowego są melasa buraczana, sacharoza oraz syrop glukozowy [Sauer i in. 2013]. Rosnące na świecie zapotrzebowanie na kwas cytrynowy jest bodźcem do prowadzenia prac nad udoskonaleniem technologii produkcji, w celu poprawy wydajności biosyntezy kwasu cytrynowego oraz obniżenia kosztów produkcji. Prowadzone badania koncentrują się m.in. na zastosowaniu surowców niekonwencjonalnych jako substratów do biosyntezy kwasu cytrynowego. Wśród badanych substratów znalazły się głównie odpady z przetwórstwa owocowo-warzywnego, porafinacyjne kwasy tłuszczowe, otręby, a także glicerol [Adeoye i Lateef, 2021; Ayeni i in., 2019; Khandagale i in., 2021; Książek i Janczar-Smuga, 2018; Najafpour, 2015; Roukas i Kotzekidou, 2020; Vandenberghe i in., 2017]. W celu uzyskania wysokiej wydajności procesu biosyntezy kwasu cytrynowego do podłoży hodowlanych wprowadzane

są również stymulatory bioprocessu. Do potencjalnych stymulatorów fermentacji cytrynowej należą alkohole o niskiej masie cząsteczkowej, takie jak alkohol metylowy, etylowy i n-propylowy [Haq i in., 2003; Nadeem i in., 2010; Roukas i Kotzekidou, 2020, Dymarska i Pietkiewicz, 2016]. Alkohol metylowy, w przeciwieństwie do etanolu, nie jest asymilowany przez *Aspergillus niger* i nie ulega konwersji do acetylo-CoA, będącego prekursorem cyklu Krebsa. Dodany do podłoża hodowlanych hamuje wzrost grzybni i zarodnikowanie, zmniejsza zużycie substratu, zwiększa przepuszczalność błony komórkowej, a także wpływa na aktywność syntazy cytrynianiowej oraz akonitazy [Barrington i in., 2008; Leśniak, 1974; Pazouki i in., 2000].

Celem badań było określenie wpływu dodatku alkoholu metylowego w ilości 2% obj. na biosyntezę kwasu cytrynowego we wglębnym hodowlach okresowych przez szczepy *Aspergillus niger* PD-66 i CW-L w podłożach z glicerolem odpadowym i glicerolem bezwodnym.

MATERIAŁY I METODY

W badaniach zastosowano szczepy *Aspergillus niger* PD-66 oraz CW-L pochodzące z Kolekcji Czystych Kultur Katedry Biotechnologii i Analizy Żywności Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Podłoże hodowlane używane w badaniu zawierało w swoim składzie (w g·dm⁻³): glicerol bezwodny (99,5% cz.d.a.) lub glicerol odpadowy (88,3% – 100,0; NH₄NO₃ – 2,0; KH₂PO₄ – 0,2; MgSO₄·7H₂O – 0,2 i wodę wodociągową do 1 dm³. Kwasowość czynną regulowano przez dodatek wodnego roztworu HCl o stężeniu 0,5 mol·dm⁻³ i ustalono na poziomie 3,0. Podłoże poddano sterylizacji w temperaturze 121°C przez 30 min. Do schłodzonego podłoża dodawano 10 cm³ przygotowanego inokulum, tak aby stężenie konidiów wynosiło 10⁵/cm³. Przed rozpoczęciem hodowli do sterylnego podłoża dodawano alkohol metylowy w ilości 2% obj. Hodowle prowadzono przez 15 dni w temperaturze 30°C, w kolbach stożkowych o pojemności 500 cm³ wypełnionych 150 cm³ podłoża, umieszczonych we wstrząsarko-inkubatorze przy prędkości wstrząsania 200 obr·min⁻¹. Cechy organoleptyczne oraz skład chemiczny glicerolu bezwodnego oraz glicerolu odpadowego, które stosowane były jako źródło węgla w podłożu hodowlanym, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Cechy organoleptyczne i skład chemiczny glicerolu stosowanego jako źródło węgla do sporządzania podłoży hodowlanych.

Właściwości	Jednostka	Opis cechy, zawartość	
		Glicerol bezwodny	Glicerol odpadowy
Forma	-	ciecz gęsta	ciecz gęsta
Barwa	-	bezbarwny	brązowa
Zapach	-	swoisty	charakterystyczny
Klarowność roztworu	-	klarowny	klarowny
Zawartość gliceryny	% (m/m)	99,5 - 100	98,5
Zawartość popiołu	% (m/m)	0,0001	0,01
Zawartość metanolu	% (m/m)	-	<0,01
Zawartość wody	% (m/m)	0,5	6,67
Zawartość pozostałych związków organicznych (MONG*)	% (m/m)	0,001	1,20
pH	-	5,0	7,4

*MONG – *Matter Organic Non Glycerol*

Stężenie suchej substancji biomasy grzybni oznaczano metodą wagową. Stężenie kwasu cytrynowego oznaczano metodą wysokosprawnej chromatografii ciekowej (HPLC) na chromatografie Perkin Elmer wyposażonym w detektor UV-VIS CE, przy długości fali 210 nm. W analizach zastosowano kolumnę Knauer Eurokat H65 utrzymywaną w temperaturze 60°C w termostacie Corabid Type KB 5506. Prędkość przepływu fazy mobilnej ustalono na poziomie 0,6 cm³·min⁻¹ z zastosowaniem wody do HPLC jako fazy wymywającej.

Do oceny przebiegu hodowli obliczono następujące parametry kinetyczne: średnią szybkość objętościową wzrostu biomasy (R_x), średnią szybkość objętościową biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego (R_p), średnią szybkość właściwą biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego (Q_p), wydajność biosyntezy biomasy w stosunku do wprowadzonego substratu ($Y_{x/s}$), wydajność biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego ($Y_{p/s}$), współczynnik efektywności biosyntezy (K_{ef}). Do wykonania obliczeń i prezentacji danych zastosowano pakiet Excel Microsoft Office 365.

WYNIKI I DYSKUSJA

Podstawowe parametry kinetyczne obrazujące przebieg hodowli *Aspergillus niger* PD-66 i CW-L w podłożach zawierających glicerol odpadowy

oraz glicerol bezwodny, bez dodatku alkoholu metylowego i z dodatkiem 2% metanolu przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Podstawowe parametry kinetyczne charakteryzujące biosyntezę kwasu cytrynowego przez *Aspergillus niger* PD-66 i CW-L w podłożu zawierającym glicerol odpadowy bez dodatku alkoholu metylowego i przy 2% dodatku metanolu.

Symbol	Jednostka	Parametry	<i>A. niger</i> PD-66		<i>A. niger</i> CW-L	
			Stężenie alkoholu metylowego [(v/v)]			
			0	2	0	2
τ	h	Czas trwania hodowli	360	360	360	360
S_0	$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$	Początkowe stężenie glicerolu odpadowego w podłożu	100,00	100,00	100,00	100,00
X_k	$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$	Końcowe stężenie biomasy w podłożu	11,20	2,00	10,20	5,00
R_x	$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$	Średnia szybkość objętościowa wzrostu biomasy	0,031	0,005	0,022	0,014
P_k	$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$	Końcowe stężenie jednowodnego kwasu cytrynowego w podłożu	31,76	9,20	18,90	13,70
R_p	$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$	Średnia szybkość objętościowa biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	0,088	0,025	0,053	0,038
Q_p	$\text{g}\cdot(\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$	Śr. szybkość właściwa biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	0,008	0,013	0,005	0,008
$Y_{X/S}$	% (m/m)	Wydajność biosyntezy biomasy	11,20	2,00	10,20	5,00
$Y_{P/S}$	% (m/m)	Wydajność biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	31,76	9,20	18,90	13,70
K_{ef}		Współczynnik efektywności biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	2,80	0,23	0,99	0,52

Uzyskane w ramach badań własnych wyniki, dotyczące oceny przydatności metanolu jako stymulatora biosyntezy kwasu cytrynowego przez *A. niger* wykazały, że w podłożach syntetycznych zawierających glicerol jako źródło węgla alkohol metylowy wywierał toksyczny wpływ na syntezę biomasy grzybni. Dotyczyło to zarówno podłoży z glicerolem odpadowym, jak i podłoży z glicerolem bezwodnym. W podłożach z glicerolem odpadowym średnia szybkość objętościowa wzrostu biomasy spadła o około 80% w stosunku do szybkości uzyskiwanej w hodowlach *A. niger* PD-66 bez dodatku alkoholu metylowego oraz o około 36% w stosunku do szybkości uzyskiwanej w hodowlach *A. niger* CW-L. W podłożach z glicerolem bezwodnym wartości średniej szybkości objętościowej wzrostu biomasy spadły odpowiednio o 40%

w przypadku hodowli *A. niger* PD-66 oraz o ok. 16% w hodowlach *A. niger* CW-L. W obu przypadkach wzrost biomasy uległ znaczącemu zahamowaniu, czego konsekwencją było obniżenie efektywności bioprodukcji.

Tabela 3. Podstawowe parametry kinetyczne charakteryzujące biosyntezę kwasu cytrynowego przez *Aspergillus niger* PD-66 i CW-L w podłożu zawierającym glicerol bezwodny bez dodatku alkoholu metylowego i przy 2% dodatku metanolu.

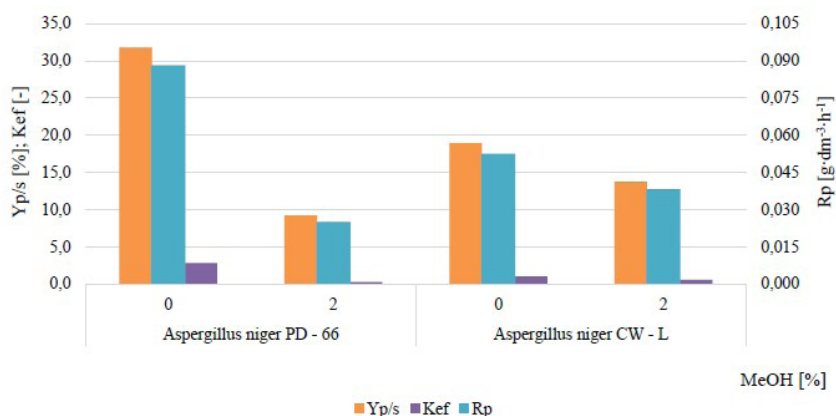
Symbol	Jednostka	Parametry	A. niger PD-66 A. niger CW-L			
			Stężenie alkoholu metylowego [(v/v)]			
			0	2	0	2
t	h	Czas trwania hodowli	360	360	360	360
S ₀	g·dm ⁻³	Początkowe stężenie glicerolu bezwodnego w podłożu	100,0	100,0	100,0	100,0
X _k	g·dm ⁻³	Końcowe stężenie biomasy w podłożu	7,6	4,6	6,6	5,6
R _x	g·dm ⁻³ ·h ⁻¹	Średnia szybkość objętościowa wzrostu biomasy	0,021	0,013	0,018	0,015
P _k	g·dm ⁻³	Końcowe stężenie jednowodnego kwasu cytrynowego w podłożu	49,1	20,0	31,5	19,5
R _p	g·dm ⁻³ ·h ⁻¹	Średnia szybkość objętościowa biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	0,136	0,056	0,088	0,054
Q _p	g·(g ⁻¹ ·h ⁻¹)	Śr. szybkość właściwa biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	0,018	0,012	0,013	0,01
Y _{x/s}	% (m/m)	Wydajność biosyntezy biomasy	7,6	4,6	6,6	5,6
Y _{p/s}	% (m/m)	Wydajność biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	49,1	20,0	31,5	19,5
K _{ef}		Współczynnik efektywności biosyntezy jednowodnego kwasu cytrynowego	6,7	1,1	2,8	1,1

Porównanie wydajności ($Y_{p/s}$), efektywności (K_{ef}) i szybkości objętościowych (R_p) biosyntezy kwasu cytrynowego uzyskanych w hodowlach zawierających glicerol odpadowy oraz glicerol bezwodny jako źródło węgla przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

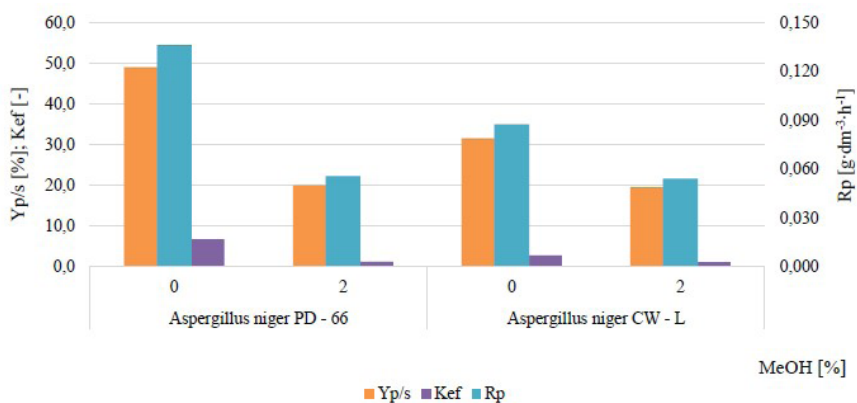
Z największą szybkością i wydajnością kwas cytrynowy w podłożach niezawierających alkoholu metylowego produkował szczep *Aspergillus niger* PD-66. O około 35–40% niższe wydajności i szybkości objętościowe biosyntezy kwasu cytrynowego uzyskano w hodowlach prowadzonych w takim samym podłożu, przy użyciu szczepu *Aspergillus niger* CW-L. Dodatek alkoholu metylowego do podłoża hodowlanego w ilości 2% działał toksycznie na

wydajność i szybkość objętościową biosyntezy kwasu cytrynowego, zarówno w podłożach zawierających glicerol bezwodny, jak i odpadowy. Spośród badanych szczepów zdecydowanie bardziej wrażliwy na działanie alkoholu okazał się szczep pleśni *Aspergillus niger* PD-66. Wydajność i szybkość biosyntezy kwasu cytrynowego w podłożu z glicerolem bezwodnym i odpadowym spadły w tym wypadku odpowiednio o 60% i 70%. Szczep *Aspergillus niger* CW-L okazał się być bardziej odporny na działanie alkoholu, jednak i w tych hodowlach wydajność i szybkość biosyntezy kwasu cytrynowego spadły, średnio o 40% w podłożu z glicerolem bezwodnym i o 20% w podłożu z glicerolem odpadowym.

Rysunek 1. Porównanie wydajności ($Y_{p/s}$), efektywności (K_{ef}) i szybkości objętościowych (R_p) biosyntezy kwasu cytrynowego uzyskanych w hodowlach zawierających glicerol odpadowy jako źródło węgla



Rysunek 2. Porównanie wydajności ($Y_{p/s}$), efektywności (K_{ef}) i szybkości objętościowych (R_p) biosyntezy kwasu cytrynowego uzyskanych w hodowlach zawierających glicerol bezwodny jako źródło węgla



Do podobnych wniosków doszli Rugsaseel i wsp. [1996], którzy w celu określenia roli metanolu w stymulowaniu procesu biosyntezy kwasu cytrynowego, przeprowadzili badania z udziałem mutantów szczepu *Aspergillus niger* charakteryzujących się zaburzeniami syntezy białek. Autorzy wykazali, że wraz ze wzrostem ilości metanolu dodanego do podłoża syntetycznych następo- wało ograniczenie produkcji kwasu cytrynowego oraz zahamowanie wzrostu grzybni. Mutanty charakteryzowały się wyższą wydajnością w hodowlach prowadzonych bez dodatku metanolu. Z kolei szczep rodzicielski więcej kwasu cytrynowego wytwarzał hodowany w podłożach z dodatkiem 2% metanolu. Stąd wniosek, że wydajność procesu biosyntezy kwasu cytrynowego zależy od właściwości stosowanych szczepów.

Dodatek alkoholu metylowego wywierał również wpływ na postać morfologiczną grzybni badanych szczepów pleśni *Aspergillus niger*. W hodowlach prowadzonych bez dodatku metanolu grzybnia *Aspergillus niger* rosła głównie w postaci kuleczek o średnicy 1 - 2 mm oraz kłaczków o długości 1 - 2 mm. W podłożach zawierających alkohol metylowy w ilości 2% obj., grzybnia *Aspergillus niger* rosła w postaci rozproszonych strzępek i drobnych kuleczek tworzących puszystą grzybnię.

Mechanizm oddziaływania metanolu na biosyntezę kwasu cytrynowego, zarówno w podłożach syntetycznych jak i naturalnych, nie został jeszcze do końca wyjaśniony. Przeprowadzone dotychczas eksperymenty wykazały, że alkohol metylowy znacznie obniża efektywność bioprocesu prowadzonego w podłożach z sacharozą, szczególnie kiedy stosowany jest w wysokich dawkach. Prawdopodobnie wynika to z faktu, że alkohol metylowy zaburza procesy metaboliczne oraz hamuje wzrost biomasy, co skutkuje obniżeniem produkcji kwasu cytrynowego. Powoduje on również zaburzenia w syntezie białek komórkowych we wczesnych etapach hodowli [Nadeem i in., 2010; Rugsaseel i in., 1996]. Alkohol metylowy wpływa na przepuszczalność błon komórkowych, czego przyczyną mogą być zmiany w składzie fosfolipidów i trójgliceroli [Podgórski, 2002]. Według Jernejec i wsp. [1990] fosfolipidy odgrywają istotną rolę w regulacji przepuszczalności błon dla kwasu cytrynowego. Alkohol metylowy może zaburzać kształtowanie się struktury grzybni poprzez efekt chelatowania jonów metali takich jak jony miedzi (II), które odgrywają istotną rolę w regulowaniu zawartości kwasów tłuszczowych, glikolipidów i fosfolipidów [Benuzzi i Segovia, 1996].

Przedstawione w pracy wyniki potwierdzają, że alkohol metylowy działa toksycznie na wzrost grzybni i wpływa na zmniejszenie akumulowanego przez nią kwasu cytrynowego. Twierdzeniu temu przeczą badania udowadniające

pozytywny wpływ metanolu na biosyntezę kwasu cytrynowego w podłożach syntetycznych. W badaniach Maddox i wsp. [1986] metanol w podłożach syntetycznych zawierających galaktozę jako źródło węgla, wywoływał efekt toksyczny poprzez ograniczenie wzrostu grzybni i zmniejszenie zużycia substratu. Równocześnie powodował jednak wzrost wydajności procesu produkcji kwasu cytrynowego. Ponadto alkohol metylowy hamował aktywność dehydrogenazy 2-oksoglutarynowej, co pociągało za sobą zwiększenie akumulacji kwasu cytrynowego. Również w badaniach Yaykaşlı i wsp. [2005] alkohol metylowy w procesie biosyntezy w podłożach z sacharozą, przy użyciu unieruchomionych konidiów *Aspergillus niger*, przyczyniał się do zwiększenia produkcji kwasu cytrynowego.

Z badań przeprowadzonych przez Roukas i Kotzekidou [1997] wynika, że dodatek od 1 do 4% alkoholu metylowego do podłoża hodowlanego nie ograniczał w znacznym stopniu wzrostu grzybni. Przy dawce 5% alkohol metylowy znacząco ograniczał wzrost biomasy. Również El-Holi i wsp. [2004] badając wpływ dodatku metanolu w podłożach zawierających sacharozę i serwatkę zauważyli, że dawki metanolu powyżej 5% powodują znaczne ograniczenie wzrostu biomasy. Większość dostępnych danych literaturowych donosi o pozytywnym wpływie niższych stężeń alkoholu metylowego na wydajność procesu produkcji kwasu cytrynowego przez *Aspergillus niger* w podłożach naturalnych, charakteryzujących się niższą czystością, np. podłoża melasowe [Ayeni i in., 2019; Ashraf i in., 2004; Haq i in., 2003; Kareem, 2010; Moyer, 1953b; Nadeem i in., 2010; Podgórski, 2002; Prabha i Rangaiyah, 2016; Roukas i Kotzekidou, 1997, Shetty, 2015]. Stymulujący wpływ alkoholu metylowego, dodanego do podłoża naturalnych, wynika z ograniczenia negatywnego wpływu na proces biosyntezy zawartych w podłożu jonów metali, takich jak: mangan, żelazo i cynk, na które szczepy *Aspergillus niger* wykazują wysoką wrażliwość. Alkohol metylowy natomiast zwiększa tolerancję *Aspergillus niger* na zawartość jonów żelaza, manganu oraz cynku występujących w podłożach [Moyer, 1953a]. Alkohol metylowy powoduje zmiany w normalnej ścieżce metabolizmu węglowodanów zwiększając zdolności glikolityczne, a w konsekwencji akumulację kwasu cytrynowego. W podłożach naturalnych stymuluje on produkcję kwasu cytrynowego wpływając na wzrost grzybni oraz zmianę składu lipidów ściany komórkowej [Shetty, 2015].

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań własnych pozwalają stwierdzić, że alkohol metylowy w podłożach zawierających glicerol jako źródło węgla, okazał się czynnikiem negatywnie wpływającym na wydajność procesu biosyntezy kwasu cytrynowego przez *Aspergillus niger* PD-66 oraz CW-L. Obniżenie ilości produkowanego kwasu cytrynowego było wynikiem toksycznego oddziaływania alkoholu metylowego na wzrost grzybni, który skutkował redukcją jej ilości. Podłoża zawierające glicerol odpadowy lub glicerol bezwodny jako źródło węgla, nie wymagają stosowania alkoholu metylowego, gdyż przyczynia się on do obniżenia efektywności bioprocessu.

BIBLIOGRAFIA

1. Adeoye A. O., Lateef A., *Biotechnological valorization of cashew apple juice for the production of citric acid by a local strain of Aspergillus niger LCFS 5*, Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 2021, 19:137, <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00232-0>.
2. Ashraf H., Rehman A., Haq I., *Effect of alcohols on the production of citric acid by Aspergillus niger using solid state fermentation*, 2004, J Food Technol., 2, 1, 1–3.
3. Ayeni A., Daramola M. O., Taiwo O., Olanrewaju O. I., Oyekunle D. T., Sekoai P. T., Elehinafe F. B., *Production of citric acid from the fermentation of pineapple waste by Aspergillus niger*, The Open Chem. Eng. J., 2019, 13, 88–96, DOI: 10.2174/1874123101913010088.
4. Barrington S., Kim J. W., *Response surface optimization of medium components for citric acid production by Aspergillus niger NRRL 567 grown in peat moss*, Bioresource Technol., 2008, 99, 2, 368–77.
5. Benuzzi D. A., Segovia R. F., *Effect of the copper concentration on citric acid productivity by an Aspergillus niger strain*, Appl. Biochem. Biotech., 1996, 3, 61, 393-397.
6. Citric Acid Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026, Report, IMARC Group, April 2021.

7. Dhillon G. S., Brar S. K., Kaur S., Verma M., *Bioproduction and extraction optimization of citric acid from Aspergillus niger by rotating drum type solid-state bioreactor*, Ind. Crop. Prod., 2013, 41, 78–84.
8. Dymarska E., Pietkiewicz J. J., *Wpływ metanolu na proces biosyntezy kwasu cytrynowego z sacharozy przez Aspergillus Niger*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2016, 584, s. 23–31.
9. El-Holi M. A., Al-Delaimy S., *Citric acid production from whey with sugars and additives by Aspergillus niger*, Afr. J. Biotechnol., 2004, 2, 10, 356-359.
10. Fiume M., Heldreth B., *Final report on the safety assessment of citric acid, inorganic citrate salts, and alkyl citrate esters as used in cosmetics*, 2012, 1-10, pobrane z: <http://www.cir-safety.org/sites/default/files/citric032012FR.pdf>.
11. Haq I. U., Ali S., Qadeer M., Iqbal J., *Stimulatory effect of alcohols (methanol and ethanol) on citric acid productivity by a 2-deoxy D-glucose resistant culture of Aspergillus niger GCB-47*, Bioresource Technol., 2003, 86, 3, 227–233.
12. Hu W., Wen-Jian L., Yang, Hai-Quan Y., Chen, Ji-hong Ch., *Current strategies and future prospects for enhancing microbial production of citric acid*, Appl. Microbiol. Biotechnol., 2019, 103, 201-209.
13. Jernejc K., Cimerman A., Vendramin M., Perdih A., *Lipids of a citric-acid-producing Aspergillus niger strain grown in copper- and in manganese-supplemented media*, Appl. Microbiol. Biot., 1990, 32, 6, 699–703.
14. Kareem S. O., Akpan I., Alebiowu O. O., *Production of citric acid by Aspergillus niger using pineapple waste*, Malays J Microbiol., 2010, 6, 2, 161–166.
15. Książek E., Janczar-Smuga M., *Efektywność biosyntezy kwasu cytrynowego w zasilanych okresowych hodowlach węgłbnych*, Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych SGGW, 2018, 595, 77–91.
16. Leśniak W., *Przydatność niektórych substancji jako stymulatorów w procesie fermentacji węgłbnej kwasu cytrynowego*, Prace Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomicznej we Wrocławiu, 1974, 52, 74, 49–61.

17. Maddox I. S., Hossain M., Brooks J. D., *The effect of methanol on citric acid production from galactose by Aspergillus niger*, Appl. Microbiol. Biot., 1986, 23, 3, 205-205.
18. Moyer A. J., *Effect of alcohols on the mycological production of citric acid in surface and submerged culture*, I. Nature of the alcohol effect, 1953a, Appl. Microbiol., 1, 1, 1-6.
19. Moyer A. J., *Effect of alcohols on the mycological production of citric acid in surface and submerged culture*, II. Fermentation of crude carbohydrates, Appl. Microbiol., 1953b, 1, 1, 7-13.
20. Nadeem A., Syed Q., Baig S., Irfan M., Nadeem M., *Enhanced production of citric acid by Aspergillus niger m-101 using lower alcohols*, Turk. J. Biochem., 2010, 35, 1, 7-13.
21. Najafpour G. D., *Production of citric acid* [w:] Biochemical Engineering and Biotechnology, Elsevier B. V., Amsterdam 2015, 363-373.
22. Pazouki M., Felse P. A., Sinha J., Panda T., *Comparative studies on citric acid production by Aspergillus niger and Candida lipolytica using molasses and glucose*, Bioprocess Eng., 2000, 22, 4, 353-361.
23. Pietkiewicz J. J., *Biosynteza kwasu cytrynowego przez Aspergillus niger w warunkach jedno- i wielostopniowych hodowli ciągłych*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Seria: Monografie i Opracowania, 2002, 927/100.
24. Podgórski W., *Kształtowanie aktywności oddechowej i kwasotwórczej Aspergillus niger podczas produkcji kwasu cytrynowego w podłożach z melasą trzcinową*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Seria: Monografie i Opracowania, 2002, 914/144.
25. Prabha M. S., Rangaiah G. S., *Comparative study of citric acid production from Punica granatum and its peel with effect of alcohol as a stimulant*, World J. Pharma Res., 2016, 5(3), 723-733.
26. Roukas T., Kotzekidou P., *Pretreatment of date syrup to increase citric acid production*, Enzyme Microb. Tech., 1997, 21, 4, 273-276.
27. Roukas T., Kotzekidou P., *Pomegranate peel waste: a new substrate for citric acid production by Aspergillus niger in solid-state fermentation under non-aseptic conditions*, Environ. Sci. Pollut. Res., 2020, 27, 13105-13113.

28. Rugsaseel S., Kirimura K., Usami S., *Citric acid accumulation by cycloheximide sensitive mutant strains of Aspergillus niger*, Appl. Microbiol. Biot., 1996, 45,1-2, 28–35.
29. Sauer M., Mattanovich D., Marx H., *Microbial production of organic acids for use in food* [w:] Microbial Production of Food Ingredients, Enzymes and Nutraceuticals, Ed. by: McNeil B., Archer D, Giavasis I., Harvey L., Woodhead Publishing, Philadelphia, USA, 2013, 288–320.
30. Shetty V. G., *Production and optimization of citric acid by Aspergillus niger using molasses and corncob*, Int. J. Pharm. Sci., 2015, 7, 5, 152–157.
31. Khandagale A. B., Gangavane S. C., Kulkarni G. Y., Mandle G. S., Upadhye V. J., *Comparative analysis of citric acid production by Aspergillus niger using different media*, Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology, 2021, 22(3&4):77-85.
32. Vandenberghe L. P. S., Rodrigues C., Carvalho J. C., Medeiros A. B. P., Soccol C. R., *Production and application of citric acid* [w:] Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, Ed. by: Pandey A., Negi S., Soccol C. R., Elsevier B. V, Amsterdam 2017, 557–575.
33. Yaykaşlı K. O., Demirel G., Yaşar A., *Influence of alcohols on citric acid production by Aspergillus niger A-9 entrapped in polyacrylamide gels*, J. Food Eng., 2005, 70, 4, 518–522.

USEFULNESS OF METHYL ALCOHOL AS A STIMULATOR OF CITRIC ACID BIOSYNTHESIS IN GLYCEROL MEDIA BY *ASPERGILLUS NIGER*

Abstract: The course of *Aspergillus niger* cultivation and the rate of citric acid biosynthesis by the submerged method are influenced by many factors, including the type and concentration of the carbon source, metal ions present in the culture media and the morphology of the mycelium. The factors stimulating the citric acid biosynthesis process have been widely studied so far. It has been shown that low molecular weight alcohols such as methanol, ethanol and n-propanol can stimulate the production of citric acid. The subject of the research was the evaluation of the use of methyl alcohol as a stimulator of citric acid biosynthesis. The aim of the study was to determine the effect of methyl alcohol on the biosynthesis of citric acid in submerged batch cultures by *Aspergillus niger* PD-66 and CW-L strains in media with waste glycerol and anhydrous glycerol. The culture medium used in the study contained in g·dm⁻³: anhydrous glycerol (99.5%) or waste glycerol (88.3%) – 100,0; NH₄NO₃ – 2,0; KH₂PO₄ – 0,2; MgSO₄ · 7H₂O – 0,2 and tap water up to 1 dm³. The active acidity was regulated by the addition of an aqueous HCl solution with a concentration of 0,5 mol·dm⁻³ and was set at 3.0. Cultures were carried out for 15 days at 30°C, in 500 cm³ flasks filled with 150 cm³ of substrate, placed on a rotary shaker with a frequency of 200 rpm. Methyl alcohol was added to the substrates in an amount of 2%. The analysis of the results showed that methyl alcohol negatively affects the efficiency of citric acid biosynthesis. The reduction in the efficiency of the process resulted mainly from the toxic effect of methanol on the growth of mycelial biomass and its acid-forming activity.

Key words: *Aspergillus niger*, citric acid, methanol, batch culture, biosynthesis.

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA JAKOŚĆ MIĘSA KURCZĄT I INDYKÓW

Streszczenie: Konsument oczekuje od produktu żywnościowego nie tylko bezpieczeństwa, ale też wysokiej jakości. Celem pracy był przegląd aktualnej literatury dotyczącej wartości odżywczej mięsa młodego drobiu grzebiącego oraz czynników warunkujących bezpieczeństwo jego produkcji. Mięso drobiowe jest źródłem łatwo przyswajalnego białka, charakteryzuje się niską zawartością cholesterolu i tłuszczu, znaczną ilością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza *n-3*, oraz korzystną proporcją kwasów tłuszczowych wielonienasyconych do nasyconych. Regulacja jakości żywieniowej mięsa drobiu polega m.in. na wzroście udziału w lipidach tkankowych kwasów tłuszczowych, głównie z rodziny *n-3*, co jest konsekwencją stosowania w ich żywieniu diet zawierających np. nasiona roślin oleistych czy tłuszczy rybnych. W wyniku selekcji genetycznej oraz strategii żywieniowych można doprowadzić do redukcji cholesterolu. Najistotniejsze zagrożenia zdrowotne w produkcji drobiarskiej związane są z zanieczyszczeniami biologicznymi, pozostałościami zanieczyszczeń chemicznych i leków oraz zanieczyszczeń fizycznych.

Słowa kluczowe: Mięso drobiowe, wartość odżywcza, zagrożenia.

WSTĘP

Przemysł drobiarski uważany jest za najbardziej integralny oraz dynamicznie rozwijający się sektor hodowlany na świecie. Jednym z głównych

¹ Mgr inż., Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

² Mgr inż., Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

³ Prof. dr hab., Zakład Bromatologii i Fizjologii Żywności, Instytut Żywności Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

czynników intensywnego rozwoju hodowli drobiu jest jego wysoka rentowność, najniższe koszty w porównaniu do innych sektorów produkcji zwierzęcej, szybki cykl produkcyjny, jak również wysoka wartość odżywcza produktów drobiowych. Według najnowszych danych, w Unii Europejskiej rocznie produkuje się 13,4 mln ton mięsa drobiowego [Mottet i in. 2017]. Popularyzacja mięsa drobiowego wpisuje się w obecne trendy żywieniowe, na które istotny wpływ ma wzrost świadomości społeczeństwa odnośnie problematyki związanej zarówno z odżywianiem, jak i zdrowiem, a doniesienia naukowe udowadniają jego prozdrowotne właściwości [Marć-Pieńkowska i in. 2019]. Mięso drobiowe cechuje się odpowiednim stosunkiem kwasów $n-6 / n-3$ oraz SFA/PUFA. Zapewnia także właściwą podaż nienasyconych kwasów tłuszczowych, które wzbogacają wartość odżywczą mięsa drobiowego w PUFA; ich spożywanie powoduje obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego w osoczu krwi, oraz ma potwierdzone lecznicze i profilaktyczne działanie w chorobach układu krążenia (m.in. chorobie wieńcowej, udarze mózgu, nadciśnieniu tętniczym, arytmii serca). Biorąc pod uwagę wyróżniającą się wartość odżywczą, cechy sensoryczne oraz walory dietetyczne, mięso drobiowe stanowi jeden z głównych surowców mięsnych w żywieniu człowieka. Po wprowadzeniu niewielkich modyfikacji w składzie chemicznym mięso drobiowe może spełniać warunki zaliczające je do żywności funkcjonalnej. Istnieją jednak zagrożenia, w wyniku których uzyskane mięso może mieć negatywny wpływ na zdrowie człowieka [Skwarek i Libera, 2021].

Celem pracy był przegląd aktualnej literatury dotyczącej wartości odżywczej mięsa młodego drobiu grzebiącego oraz czynników warunkujących bezpieczeństwo jego produkcji.

WALORY DIETETYCZNE MIĘSA DROBIOWEGO

Współczesne społeczeństwo stawia producentom coraz wyższe wymagania dotyczące żywności, a przede wszystkim zwraca uwagę na jego bezpieczeństwo. Sektor drobiarski chcąc wyjść naprzeciw oczekiwaniom konsumenta obrał za cel produkcję wysokiej jakości mięsa o wysokich walorach odżywczych, cechujące się obecnością w nim dobroczynnych składników, pozytywnie wpływających na zdrowie i samopoczucie człowieka. W przypadku oceny tych właściwości bierze się pod uwagę zawartość białka i aminokwasów, zawartość i jakość tłuszczu oraz rodzaj kwasów tłuszczowych, strawność i obecność cholesterolu [Orkusz, 2015].

WARTOŚĆ ODŻYWCZA BIAŁKA MIĘSA DROBIOWEGO

Mięso drobiowe charakteryzuje się wysoką zawartością pełnowartościowego i łatwo przyswajalnego białka [Augustyńska-Prejsnar i in. 2018]. Zawartość białka w mięsie jest zróżnicowana i uwarunkowana przede wszystkim gatunkiem i stopniem otłuszczenia zwierzęcia. Całkowita jego ilość waha się na poziomie 15-30% [Marangoni i in. 2015]. Wartość biologiczna białka, będąca najważniejszym wskaźnikiem jego wartości odżywczej, u drobiu kształtuje się na poziomie 77%. Przeciętna zawartość białek w mięsie, w zależności od otłuszczenia i gatunku zwierzęcia, jest zróżnicowana. Mięśnie piersiowe kurcząt charakteryzują się niską zawartością tłuszczu, a zawartość w nich białka wynosi 20,6%, natomiast mięso z ud posiada wyższy poziom otłuszczenia, ale podobną do mięśni piersiowych zawartość białka (20,5%). W chudym mięsie indyków zawartość białka występuje na poziomie 23%, a w tłustym 21,4% [Gawęcki, 2016]. Duma i in. [2016] w swoich badaniach wykazali podobieństwo w składzie chemicznym mięśni piersiowych kurcząt i indyków (ok. 21%). Mianem mięsa drobiowego, które charakteryzuje się największą ilością pełnowartościowego białka określa się mięso indycze.

Intensywne praktyki selekcyjne kierunku linii genetycznych drobiu rzeźnego, doprowadziły do powstania mieszańców charakteryzujących się szybkim rozwojem mięśni i piersi oraz wysoką wydajnością rzeźną [Soglia i in. 2018, Zampiga i in. 2020]. Pietrzak i in. [2013] badając wpływ genotypu na wybrane cechy jakościowe mięsa kurcząt wykazali istotną zależność pomiędzy tempem wzrostu drobiu, a poziomem białka w mięśniach. Z badań wynika że kurczęta szybko rosnące Hubbard Flex cechowały się niższą zawartością białka w mięśni piersiowym, w porównaniu do wolno rosnących kurcząt Hubbard JA 957.

Porównując wartość odżywcza mięsa pochodzącego od zwierząt rzeźnych, mięso drobiowe charakteryzuje się większą zawartością białka ogólnego i poszczególnych aminokwasów, a przede wszystkim zawiera mniej tkanki łącznej (kolagenu), które zwykle stanowi 20 - 30% wszystkich białek. Mały poziom zawartości tego białka w tkance mięśniowej drobiu przyczynia się do lepszej jego strawności (> 94%), a w konsekwencji zwiększa to wartość odżywcza mięsa [Orkusz, 2015]. Janicki in. [2013] stwierdzili, że zawartość kolagenu ogólnego w mięśniach różnych gatunków drobiu jest bardzo zróżnicowana; w przypadku kurcząt brojlerów waha się w granicach 0,60-1,15%, natomiast u indyków wynosi 0,14%.

WARTOŚĆ ENERGETYCZNA I ODŻYWCZA TŁUSZCZU MIĘSA DROBIOWEGO

Mięso drobiowe, w porównaniu z innymi gatunkami, charakteryzuje niska wartość energetyczna oraz mała zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych przy zachowaniu, jak największej ilości kwasów z rodziny *n-3*, co jest istotne dla zdrowia człowieka [Makała, 2019]. Mięso indyckie zawiera mniejszą ilość tłuszczu (0,9%), w porównaniu do mięsa kurcząt brojlerów (1,5-4,5%) [Szablicka i in. 2018, Igenbayev i in. 2019].

Istnieje istotna zależność pomiędzy wpływem płci na jakość mięsa drobiu grzebiącego [Zhao i in. 2018]. Potwierdzają to wyniki badań Galvez i in. [2018], w których wykazano korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu oraz najlepsze prozdrowotne wskaźniki żywieniowe tj. *n-6/n-3* i indeks trombogenny w mięsie indyczek. W badaniach Bernackiego i in. [2012] wykazano, że mięśnie piersiowe perliczek odmiany białej i szarej charakteryzują się wysoką zawartością NNKT (niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych) w stosunku do SFA (saturated fatty acids) powodując wzrost jego właściwości prozdrowotnych. Spośród kwasów PUFA (polyunsaturated fatty acids), stanowiących podstawowy budulec błon komórkowych, wspierających transport i warunkujących rozkład cholesterolu, w największej ilości występuje kwas linolowy (19,91%) w przypadku mięsa indyckiego [Głoddek i, Igenbayev i in. 2019]. Podobne wyniki uzyskali w swoich badaniach Milićević i in. [2014]; głównym wielonienasyconym kwasem tłuszczowym (PUFA) był również kwas linolowy (C18:2 n 6) a jego procentowy udział w sumie wszystkich kwasów tłuszczowych wahał się w przedziale od 10,26% do 24,85%.

O wartości dietetycznej mięsa drobiowego świadczy też niska zawartość cholesterolu w tłuszczu: 27–90 mg/100g [Milićević i in. 2014]. Zawartość cholesterolu w surowym mięsie drobiowym jest uwarunkowana m.in: gatunkiem [Czech i in. 2015], żywieniem [Kwiecień i in. 2014], płcią [Adamski i in. 2016] oraz rodzajem mięśni [Milićević i in. 2014].

SKŁADNIKI MINERALNE I WITAMINY W MIĘSIE DROBIOWYM

Istotnym walorem mięsa drobiu grzebiącego jest zawartość w nim związków mineralnych. Pod względem składników mineralnych mięso indyckie charakteryzuje się dużą zawartością selenu (pokrywającą 60% dziennej dawki

referencyjnej)), a także Zn, Cu, P, Mg, K i Fe, których zawartość jest większa w porównaniu z mięsem czerwonym. Mięso drobiu rzeźnego charakteryzuje się dużą zawartością lipofilnych witamin A, D, E, K [Kralik i in. 2018]. Ponadto mięso indyjskie stanowi wysokie źródło witaminy B₃ (niacyna) zapewniając 80% jej zalecanego dobowego spożycia oraz witaminy B₆ [Jahan i in. 2018].

CZynniki Wpływające na Wartość Dietetyczną Mięsa Drobiowego

Istnieje wiele sposobów modyfikowania jakości i składu chemicznego mięsa drobiowego poprzez zmianę sposobu żywienia, które ma na celu uzyskanie mięsa o korzystnie zmodyfikowanym profilu kwasów tłuszczowych, podwyższonej zawartości kwasu linolowego, kwasów tłuszczowych z rodziny *n-3*, witaminy E, Se, czy także o zwiększonym potencjale oksydo-redukcyjnym. Można to uzyskać poprzez zastosowanie dodatków paszowych w postaci m.in. fitobiotyków, olei roślinnych lub/i zwierzęcych, probiotyków czy synbiotyków (Tabela 1). Jedną z najbardziej przebadanych metod maksymalizacji korzyści zdrowotnych żywności pochodzenia zwierzęcego jest wzbogacenie paszy w wielonienasycone kwasy z rodziny *n-3*, których spożywanie zapewnia organizmowi człowieka właściwe funkcjonowanie [Kubiński i in. 2014].

Tabela 1. Czynniki żywieniowe modyfikujące właściwości dietetyczne mięsa drobiowego kurcząt brojlerów.

Czynnik żywieniowy	Uzyskany efekt			Piśmiennictwo
	Poprawa zawartości makroskładników	Poprawa profilu kwasów tłuszczowych	Poprawa wskaźników aterogennych	
Siemię lniane	↑ białka; ↓ tłuszczu	↑PUFA <i>n-3</i> ; ↓ PUFA <i>n-6/n-3</i>	↑ AI	Makała, 2019
Ekstrakt z pokrzywy zwyczajnej	↑ białka; ↓ tłuszczu	NS	NS	Skomorucha i Sosnowka-Czajka, 2017
Probiotyk <i>Bacillus licheniformis</i>	↑ białka; ↓ tłuszczu; ↑ AA egzogennych	NS	NS	Liu i in. 2012
Mączka z czarnej muchy	↑ białka	↑ MUFA; ↓ PUFA	NS	Schiavone i in. 2019
<i>Boswellia serrata</i>	↓ tłuszczu	↑ PUFA; ↓ PUFA <i>n-6/n-3</i> ; ↓ SFA/PUFA	↑ AI; ↑ TI; ↑ h/D	Kiczorowska i in. 2020

Olejek cynamonowy	NS	↑ PUFA	↑ AI ; ↑ TI	Chowdhury i in.2018
Olej z nasion truskawek i malin	NS	↑ MUFA	NS	Orczewska-Dudek i in. 2017
Mieszanki oleju sojowego i lnianego	NS	↓ MUFA; ↓ PUFA <i>n-6/n-3</i>	NS	Osek i in. 2013
Mączka z larw mącznika żółtego	↑ białka	↑ MUFA; ↓ SFA	↑ AI; ↑ TI	Dabbou i in. 2020
Selenometionina	NS	↑ MUFA	↑ AI ; ↑ TI ; ↓ h/H	Puerto i in. 2017

↑ - zwiększenie zawartości; ↓ - zmniejszenie zawartości; NS - nie stwierdzono; AI- indeks aterogeny; TI- indeks trombogenny; h/H – indeks hipo – i hipercholesterolemiczny

ZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄCE W MIĘSIE DROBIOWYM

W Polsce wymagania dotyczące bezpieczeństwa żywności ujęte są w Ustawie z 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Wzrost zainteresowania konsumentów mięsem drobiowym wpłynął na zwiększenie produkcji mięsa drobiowego, co przyczyniło się do braku stosowania się do odpowiednich standardów w łańcuchu technologicznym tj. w trakcie przetwarzania, pakowania, transportu oraz magazynowania [Bako i in. 2019].

W celu monitorowania występowania zagrożeń, mogących pojawić się w poszczególnych etapach łańcucha technologicznego, UE wdrożyła System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach (RASFF Rapid Alert System for Food and Feed). W przypadku ich wystąpienia w żywności, paszach oraz surowcach mających kontakt z żywnością umożliwia on bezpośrednią wymianę informacji pomiędzy krajami należącymi do UE [Adamczyk, 2014], co przyczynia się do eliminowania zagrożeń ze wspólnego rynku i bezpieczeństwa oraz ochrony zdrowia konsumenta [Majewski i Dziubdziała, 2018]. Zanieczyszczenia będące zagrożeniem dla zdrowia konsumenta, występujące podczas niedostatecznej kontroli produkcji i przetwórstwa, dzieli się na biologiczne, chemiczne oraz fizyczne [Nowicka, 2014].

ZAGROŻENIA BIOLOGICZNE WYSTĘPUJĄCE W MIĘSIE DROBIOWYM

Wyróżnia się jego 2 rodzaje zagrożeń biologicznych: występowanie organizmów saprofitycznych oraz chorobotwórczych. Pierwsze przyczyniają się do pogorszenia smaku, zapachu, powodując zepsucie mięsa, natomiast drobnoustroje patogenne wywołują infekcje oraz warunkują zatrucia pokarmowe [Paziak-Domańska i Bartodziejska, 2015]. W przypadku mięsa większości gatunków zwierząt, w tym drobiu, najczęstsze przypadki zagrożeń mikrobiologicznych opierają się głównie na występowaniu drobnoustrojów takich jak: *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* oraz *Campylobacter spp.* [Maćkiw i in. 2019].

Mikroorganizmy z rodzaju *Salmonella*, należą do rodziny *Enterobacteriaceae* a ich głównym źródłem jest drób [Kalaba i in. 2017]. Niewielka liczba nosicielei *Salmonelli* jest w stanie zarazić krzyżowo całą populację utrzymywanych ptaków ponieważ są to mikroorganizmy szybko rozprzestrzeniające się [Radkowski i Zdrodowska, 2016]. Dlatego stworzono program ograniczający występowanie tych mikroorganizmów u ptaków, poprzez kontrolę ferm na nosicielstwo pałeczek *Salmonella*. Ponadto hodowcy 2 tygodnie przed ubojem są zobligowani do przeprowadzenia badań bakteriologicznych kału [Żebrowska i in. 2017]. Bezpieczeństwo zdrowotne gospodarstw utrzymujących drób zależy od przestrzegania następujących zasad: prowadzenie szczepień, zachowywanie czystości, przeprowadzanie dezynfekcji, kontrolowanie środowiska oraz leczenie zainfekowanych ptaków [Rudy, 2013]. Brak świadomości konsumenta dotyczącej odpowiedniego postępowania z mięsem drobiowym przyczynia się do zwiększenia liczby przypadków występowania zatruc. Przechowywanie go w nieprawidłowych warunkach wpływa na namnażanie się patogenów, a nieodpowiednie warunki termiczne podczas obróbki skutkują spożyciem żywych form atakujących organizm ludzki [Douglas i in. 2015].

Listeria monocytogenes, która z powodu zdolności do rozwoju w mięsie surowym oraz gotowanym jest dużym problemem w sektorze żywnościowym [Yousefi i in. 2020]. Ponadto może się rozrastać w niskich temperaturach, a także jest odporna na preparaty do dezynfekcji [Meloni, 2014]. W walce z patogenem skuteczny okazuje się antybiotyk. Szczepy *Listeria monocytogenes* nie wykazują lekooporności i są wrażliwe na środki tj. penicilina, aminopenicylina, karbapen, tetracyklina oraz aminoglikozydy [Sołtysiuk i in. 2019]. Z powodu wysokiego zagrożenia *L. monocytogenes* Komisja Europejska ustaliła maksymalną ilość tych

drobnoustrojów w żywności gotowej do spożycia; nie może przekraczać 100 jtk/g [Lachtara i in. 2019].

Do zakażeń przewodu pokarmowego ludzi przyczyniać się może także *Campylobacter spp.*, którego naturalnym żywicielem jest drób. W obrębie ferm szerzenie patogenu następuje przez ściółkę, odzież roboczą, występowanie szkodników, sąsiedztwo innych zwierząt hodowlanych lub stosowanie niechlorowanej wody [Szosland-Fałtyn i in. 2018]. Do działań minimalizujących przypadki wystąpień *Campylobacter* w mięsie drobiowym zalicza się różne środki interwencyjne w łańcuchu żywnościowym, np. wdrożenie czynności mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa biologicznego w gospodarstwach [Sison i in. 2014]. Diagnostyka mająca na celu stwierdzenie obecności pałeczek *Campylobacter* w organizmie drobiu obejmuje badania mikroskopowe oraz biochemiczne [Bartodziejska i in. 2015].

Jednym z okresów zwiększonego ryzyka obniżenia wartości technologicznej są końcowe czynności ubojowe objęte w krytycznych punktach kontroli (CCP critical control point), tj. oparzenie i skubanie, patroszenie czy wychładzanie. Największym źródłem narażenia tusz drobiowych na patogeny przed wychładzaniem są pióra, skóra, przewód pokarmowy oraz linie technologiczne stosowane w procesie ich obróbki [Bhaisare i in. 2014]. Proces oparzenia tuszek drobiowych związany jest z ich kontaktem z wodą, która jest głównym wektorem się dużej liczebności mikroorganizmów, która wynosi około 5×10^4 w cm^3 wody. Badania mikrobiologiczne skóry poddanych wcześniejszemu procesowi dowiodły, że wskutek kontaktu z gorącym płynem zawartość mikrobiologiczna na jej powierzchni podwyższyła się do $1 \times 10^4/\text{cm}^3$ [Sienkiewicz i in. 2013].

Całkowite pozbawienie skóry pierza jest kolejnym niebezpieczeństwem przeniesienia mikroorganizmów patogennych wraz z mięsem drobiowym. W wyniku procesu oskubywania dochodzi często do zakażenia w sposób krzyżowy, w wyniku którego następuje rozpowszechnienie np., bakterii z gatunku *Staphylococcus aureus* [Firildak i in. 2015].

ZAGROŻENIA CHEMICZNE WYSTĘPUJĄCE W MIĘSIE DROBIOWYM

Zagrożenia chemiczne obniżają jakość surowców drobiowych oraz zwiększają prawdopodobieństwo narażenia konsumenta na pogorszenie stanu zdrowotnego. Rosnące zapotrzebowanie kontroli chorób oraz występujące czynniki zewnętrzne przyczyniają się do podwyższenia ryzyka występowania w mięsie

zanieczyszczeń, głównie w postaci związków chemicznych, pozostałości leków weterynaryjnych oraz pestycydów. W celu ograniczenia śmiertelności ptaków stosuje się standardowy zabieg profilaktyczny polegający na podawaniu preparatów kokcydiostatycznych [Filazi i in. 2017]. W przypadku wykorzystania chemioterapeutyków hodowcy zobligowani są do stosowania okresu karencji [Arabkhazaeli i in. 2014]. Konsekwencją braku racjonalnego oraz umiarkowanego ich użytkowania jest odkładanie się pozostałości w tkankach zwierzęcych, co skutkuje spadkiem bezpieczeństwa żywności oraz poszerzenia problemu jakim jest oporność bakterii na środki przeciwbakteryjne [Moreno i in. 2017]. Czynności ograniczające polegają m.in. na przestrzeganiu okresu karencji, monitorowaniu stosowania leków przeciwdrobnoustrojowych, stosowaniu kar za niekontrolowane ich stosowanie oraz rozpowszechnianiu wśród producentów preparatów fitobiotycznych [Falowo i Akimoladun 2019].

Pestycydy to kolejna grupa zagrożeń chemicznych, obniżających bezpieczeństwo żywności. Szkodliwe dla zdrowia związki chloroorganiczne, mogące występować w mięsie drobiowym, to m.in. b-heksachlorocykloheksan (HCH) i dichlorodifenylotrichloroetan (DDT). Źródłem narażenia zwierząt na pestycydy są ich pozostałości w paszy, wodzie oraz bezpośredni lub pośredni kontakt z preparatami do zwalczania szkodników [Murillo i in. 2016].

ZAGROŻENIA FIZYCZNE WYSTĘPUJĄCE W MIĘSIE DROBIOWYM

Do tej kategorii zagrożeń klasyfikowane są wszystkie materiały, jak i ciała obce, które często w sposób przypadkowy dostają się do żywności. Przedostanie się elementów do organizmu często skutkuje zranieniami błon śluzowych jamy ustnej oraz przełyku. Zagrożeniami należących do tej grupy należą głównie surowce pozostałe w trakcie procesu produkcyjnego, czynnik ludzki, zły stan zakładu produkcyjnego oraz nie przestrzeganie zasad bioasekuracji [Sitarz i Janczar-Smuga, 2012].

PODSUMOWANIE

Konsumenci, coraz częściej w trosce o zdrowe odżywianie poszukują mięsa o wysokiej wartości odżywczej. Taki warunek spełnia mięso drobiu grzebiącego, które jest istotnym źródłem energii i składników odżywczych, zapewnia wysoką zawartość białka, kwasów tłuszczowych, witamin oraz składników mineralnych. Jakość mięsa zależy od wielu czynników, m.in. bezpieczeństwa

zdrowotnego, wartości odżywczej, czy właściwości funkcjonalnych. W ramach tworzenia funkcjonalnej żywności mięsnych produktów drobiowych szczególny nacisk kładzie się na zmianę składu tuszki, zmniejszenie zawartości tłuszczu, obniżenie zawartości cholesterolu, zmianę profilu kwasów tłuszczowych, czy zmniejszenie wartości energetycznej produktu. W wyniku stosowania pasz w żywieniu zwierząt wzbogaconych w różne bioaktywne składniki, m.in. witaminy, składniki mineralne, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, związki fenolowe, fitosterole, oligosacharydy, czy w szczepy bakterii probiotycznych można uzyskać produkty zaliczające je do takiej właśnie żywności.

Jakość zdrowotna produktów drobiarskich zależy też w dużym stopniu od zanieczyszczeń surowca m.in. zanieczyszczeń chemicznych (metale ciężkie, pestycydy, detergenty, środki dezynfekujące, pozostałości antybiotyków, czy kokcydiostatyków), fizycznych (szkło, piasek, kamienie, kawałki metalu) a przede wszystkim biologicznych (np. *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, czy *Clostridium perfringens*).

BIBLIOGRAFIA

1. Adamczyk D., *Bezpieczeństwo żywnościowe w Unii Europejskiej*, Studia Europejskie, Centrum Europejskie Uniwersytetu Warszawskiego, 2014, 4, 213-226.
2. Adamski M., Kucharska-Gaca J., Kuzniacka J., Kowalska E., Czarniecki R., *Wpływ wybranych czynników na wydajność rzeźną i jakość mięsa gęsiego*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2016, 23, 33-44.
3. Arabkhazaeli F., Nabian S., Modirsanei M., Madani S. A., *The efficacy of a poultry commercial anticoccidial vaccine in experimental challenge with Eimeria field isolates*, International Journal of Vascular Medicine, 2014, 8, 249–253.
4. Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., *Cechy kształtujące jakość mięsa drobiowego. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2018, 2, 90-96.
5. Bako H. K., Dandago M. A., Nassarawa S. S., *Food traceability system: Current state and future needs of the Nigerian poultry and poultry product supply chain*, Chemical and Biomolecular Engineering, 2019, 4, 40-44.

6. Bartodziejska B., Szosland-Fałtyn A., Paziak-Domańska B., Królasik J., *Charakterystyka bakterii z rodzaju Campylobacter, występujących w surowym mięsie drobiowym. Bezpieczeństwo zdrowotne żywności. Aspekty mikrobiologiczne, chemiczne i ocena towaroznawcza*, Praca zbiorowa pod red. Joanny Stadnik i Izabelli Jackowskiej, Wydawnictwo Nauk, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, 5-13, Kraków 2015.
7. Bełkot Z., Pyz-Łukasik R., *Wpływ wieku gęsi na cechy chemiczne i organoleptyczne tłuszczu*, Medycyna Weterynaryjna, 2011, 67, 843-846.
8. Bernacki Z., Bawej M., Kokoszyński D., *Quality of meat from two guinea fowl (Numida meleagris) varieties*, European Poultry Science, 2012, 76, 203–207.
9. Bhaisare D. B., Thyagarajan D., Churchil R. R., Punniamurthy N., *Bacterial pathogens in chicken meat*, Life science research, 2014, 2, 1-7.
10. Chowdhury S., Mandal G. P., Patra A. K., *Different essential oils in diets of chickens: Growth performance, nutrient utilisation, nitrogen excretion, carcass traits and chemical composition of meat*, Animal Feed Science and Technology, 2018, 236, 86-97.
11. Czech A., Ognik K., Zasadna Z., *Profil kwasów tłuszczowych w tkankach różnych gatunków zwierząt*, Trendy w żywieniu człowieka, 2015, 25, 25-36.
12. Dabbou S., Gasco L., Lussiana C., Brugiapaglia A., Biasato I., Renna M., Schiavone A., *Yellow mealworm (Tenebrio molitor L.) larvae inclusion in diets for free-range chickens: Effects on meat quality and fatty acid profile*, Renewable Agriculture and Food Systems, 2020, 35, 571-578.
13. Del Puerto M., Cabrera M. C., Saadoun A., *A note on fatty acids profile of meat from broiler chickens supplemented with inorganic or organic selenium*, International Journal of Food Science, 2017, 3, 1-8.
14. Douglas A. E., *Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms*, Annual review of entomology, 2015, 60, 17-34.
15. Duma P., Barud B., Głodek E., Rudy M., Marchel M., Gil M., *Porównanie wybranych wyróżników jakości mięsa kurcząt brojlerów i indyków*, Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, 2016, 71, 58-67.

16. Falowo A. B., Akimoladun O. F., *Veterinary drug residues in meat and meat products: Occurrence, detection and implications*, Veterinary Medicine and Pharmaceuticals, 2019, 3, 194.
17. Filazi A., Yurdakok-Dikmen B., Kuzukiran O., Sireli U. T., *Chemical contaminants in poultry meat and products*, Poultry Science, 2017, 15, 171-189.
18. Firildak G., Asan A., Goren E., *Chicken carcasses bacterial concentration at poultry slaughtering facilities*, Asian Journal of Biological Sciences, 2015, 8, 16-29.
19. Gálvez F., Dominguez R., Pateiro M., Carballo J., Tomasevic I., Lorenzo J. M., *Effect of gender on breast and thigh turkey meat quality*, British poultry science, 2018, 59, 408-415.
20. Gawęcki J., *Białka w żywności i żywieniu*, Poznań 2016, Wydawnictwo: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
21. Glodek E., Duma-Kocan P., *Zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych w mięsie ptaków*, Gospodarka Mięсна, 2017, 5, 30-31.
22. Glodek E., Duma-Kocan P., *Zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych w mięsie ptaków*, Gospodarka Mięсна, 2017, 5, 30-31.
23. Igenbayev A., Okuskhanova E., Nurgazezova A., Ya R., Kassymov S., Nurymkhan G. Rebezov M., *Fatty acid composition of female turkey muscles in Kazakhstan*, Journal of World's Poultry Research, 2019, 9, 78-81.
24. Jahan B., Ashraf A., Rahman M. A., Molla M. H. R., Chowdhury S. H., Megwalu F. O., *Rearing of high yielding turkey poults: Problems and future prospects in Bangladesh: A review*, SF Journal of Biotechnology and Biomedical Engineering, 2018, 1, 1008.
25. Janicki B., Buzala M., *Wpływ kolagenu na jakość technologiczną mięsa*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 20, 19-28.
26. Kalaba V., Golić B., Sladojević Ž., Kalab D., *Incidence of Salmonella Infantis in poultry meat and products and the resistance of isolates to antimicrobials*, Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, 85, 012082.

27. Kiczorowska B., Samolińska W., Al-Yasiry A., Zając M., *Immunomodulant feed supplement Boswellia serrata to support broiler chickens' health and dietary and technological meat quality*, Poultry Science, 2020, 99, 1052-1061.
28. Kralik G., Kralik Z., Grčević M., Hanžek D., *Quality of chicken meat*, Animal Husbandry and Nutrition, 2018, 1, 63-94.
29. Kubiński T., Kłys W., Matczuk E., Pietraś E., *Mięso brojlerów jako żywność funkcjonalna*, Życie Weterynaryjne, 2014, 89, 398-403.
30. Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A., Krusiński R., Kwiatkowska K., *Ocena sensoryczna mięśni piersiowych kurcząt brojlerów otrzymujących chelat Fe z glicyną*, Problemy Higieny i Epidemiologii, 2014, 95, 134-137.
31. Lachtara B., Wieczorek K., Osek J., *Molekularne metody wykrywania Listeria monocytogenes w żywności*, Medycyna Weterynaryjna, 2016, 72, 12-17.
32. Li G., Li H., Leffelaar P. A., Shen J., Zhang F., *Characterisation of phosphorus in animal manures collected from three (dairy, swine, and broiler) farms in China*, 2014, PLOS One, 9, e102698.
33. Liu X., Yan H., Le Lv Q. X., Yin C., Zhang K., Wang P., Hu J., 2012, *Growth performance and meat quality of broiler chickens supplemented with Bacillus licheniformis in drinking water*, Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 25, 682-689.
34. Maćkiw E., Stasiak M., Kowalska J., Kucharek K., *Aktualne zagrożenia mikrobiologiczne Listeria monocytogenes*, Przemysłu Spożywczego, 2019, 73, 32-27.
35. Majewski M., Dziubdziela L., *Analiza powiadomień dotyczących żywności pochodzenia zwierzęcego zgłoszonych do RASFF przez Polskę*, Życie Weterynaryjne, 2018, 93, 181-183.
36. Makala H., *Wpływ żywienia kurcząt brojlerów paszą z dodatkiem nasion lnu i bez ich udziału na wybrane wyróżniki jakości mięsa i tłuszczu*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2019, 2, 55-69.
37. Marć-Pieńkowska J., Podkówka Z., Borowski S., *Wpływ dodatku ziół do diety kurcząt brojlerów na wyniki produkcyjne oraz skład chemiczny mięsa*, Journal of Central European Agriculture, 2019, 20, 1055-1062.

38. Meloni D., *Focusing on the main morphological and physiological characteristics of the food-borne pathogen Listeria monocytogenes*, Journal of Veterinary Science and Research, 2014, 1, 1-2.
39. Michalska G., Nowachowicz J., Bucek T., Wasilewski P. D., Kmieciak M., *Spożycie artykułów żywnościowych z udziałem mięsa i jego przetworów*, Przegląd Hodowlany, 2013, 81, 12-14.
40. Mieczkowska A., Kokoszyński D., Wasilewski R., Bernacki Z., *Skład tuszki i jakość mięsa bażantów zwyczajnych (Phasianus colchicus) w zależności od płci ptaków*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2015, 3, 95–106.
41. Milićević D., Vranić D., Mašić Z., Parunović N., Trbović D., Nedeljković-Trailović J., Petrović Z., *The role of total fats, saturated/unsaturated fatty acids and cholesterol content in chicken meat as cardiovascular risk factors*, Lipids in Health and Disease, 2014, 13, 1-12.
42. Moreno L., Lanusse C., *Veterinary drug residues in meat-related edible tissues*, New Aspects of Meat Quality, United Kingdom: Woodhead Publishing Limiteds, 2017, 581-603.
43. Mottet A., Tempio G., *Global poultry production: current state and future outlook and challenges*, World's Poultry Science Journal, 2017, 73, 245-256.
44. Murillo A. C., Mullens B. A., 2016, *Sulfur dust bag: a novel technique for ectoparasite control in poultry systems*, Journal of Economic Entomology, 109, 2229–2233.
45. Nowicka P., Wojdyło A., Oszmianski J., *Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej i skuteczne metody ich eliminacji*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2014, 21, 7-18.
46. Orczewska-Dudek S., Pietras M., *Wpływ mieszanek paszowych z udziałem olejów z nasion truskawek lub malin oraz wycieków z tych owoców na wyniki produkcyjne, profil biochemiczny krwi i wybrane parametry jakości mięsa kurcząt brojlerów*, Roczniki Naukowe Zootechniki, 2017, 44, 265-283.
47. Orkus A., *Czynniki kształtujące jakość mięsa drobiu grzebiącego*, Praca przeglądowa, Nauki Inżynierskie i Technologie, 2015, 1, 47-60.

48. Osek M., Milczarek A., Swinarska R., *Wpływu poziomu i okresu podawania oleju sojowego i lnianego w mieszankach na wyniki produkcyjne i poubojowe oraz cechy jakościowe mięsa kurcząt brojlerów*, Rośliny Oleiste, 2013, 34, 227-240.
49. Paziak-Domańska B., Bartodziejska B., *Zagrożenia mikrobiologiczne żywności*, Regulacje prawne UE, Przemysł Spożywczy, 2015, 69, 13-17.
50. Pietrzak D., Michalczuk M., Niemiec J., Mroczek J., Adamczak L., Lukaszewicz M., 2013, *Porównanie wybranych wyróżników jakości mięsa kurcząt szybko i wolno rosnących*, Żywność Nauka Technologia Jakość, 20, 30-37.
51. Radkowski M., Zdrodowska B., *Występowanie pałeczek Salmonella w mięsie kurcząt brojlerów*, Medycyna Weterynaryjna, 2016, 72, 516-519.
52. Rudy A., *Ocena epizootyczna występowania niektórych serotypów Salmonella w stadach kur hodowlanych i stadach towarowych kur niosek w Polsce w latach 2007-2012*, Hodowca Drobiu, 2013, 3, 26-30.
53. Schiavone A., Dabbou S., Petracci M., Zampiga M., Sirri F., Biasato I., Basco L., *Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on carcass traits, breast meat quality and safety*, Animal, 2019, 13, 2397-2405.
54. Sienkiewicz J. J., Marmajewska A., *Jakość mikrobiologiczna tusz zwierząt rzeźnych oraz mięsa mielonego*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2013, 575.
55. Sison F. B., Chaisowwong W., Alter T., Tiwananthagorn S., Pichpol D., Lampang K. N., Gözl G., *Loads and antimicrobial resistance of Campylobacter spp. on fresh chicken meat in Nueva Ecija, Philippines*, Poultry Science, 2014, 93, 1270-1273.
56. Sitarz S., Janczar-Smuga M., *Współczesne zagrożenia bezpieczeństwa żywności, możliwości ich kontroli oraz eliminacji*, Nauki Inżynierskie i Technologie, 2012, 2, 68-93.
57. Skomorucha I., Sosnowka-Czajka E., *Wpływ dodatku ekstraktów z ziół do wody pitnej na wyniki produkcyjne i wybrane parametry jakościowe mięsa kurcząt brojlerów*, Dodatek ekstraktów z ziół do wody pitnej dla kurcząt brojlerów, Wiadomości Zootechniczne, 2017, 3, 87-93.

58. Skwarek P., Libera J., *Bezpieczeństwo mikrobiologiczne mięsa drobiowego w krajach UE w latach 2019-2020*, Żywność: Nauka Technologia Jakość, 2021, 28, 78.
59. Soglia F., Baldi, G., Laghi, L., Mudalal, S., Cavani, C., Petracci, M., *Effect of white striping on turkey breast meat quality*, Animal, 2018, 12, 2198-2204.
60. Sołtysiuk M. M., Sztejn J., Wiszniewska-Łaszczych A., *Bakterie z rodzaju Listeria*, Medycyna Weterynaryjna, 2019, 75, 214-220.
61. Szablicka D., Różewicz M., Kaszperuk K., Biesiada-Drzazga B., *Specyfika biologii, warunków chowu, reprodukcji oraz walory użytkowe perlicy zwyczajnej (Numida meleagris)*, Wiadomości Zootechniczne, 2018, 1, 166-177.
62. Szosland-Fałtyń A., Bartodziejska B., *Nowe zagrożenia mikrobiologiczne mięsa drobiowego*, FoodFakty, dostępny w: <https://foodfakty.pl/nowe-zagrozenia-mikrobiologiczne-miesa-drobiowego>, 2015 [dostęp: 23.02.2020 r.].
63. Ślaska-Grzywna B., Andrejko D., Jaśkiewicz T., Kowalska E., *Analiza spożycia drobiu i jego rola w diecie człowieka*, Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego, 2013, 4, 29-33.
64. Yousefi M., Khorshidian N., Hosseini H., 2020, *Potential application of essential oils for mitigation of Listeria monocytogenes in meat and poultry products*, Frontiers in Nutrition, 7, 255.
65. Zhao X., Ren W., Siegel P. B., Li J., Wang Y., Yin H. Zhu, Q., *Meat quality characteristics of chickens as influenced by housing system, sex, and genetic line interactions*, Italian Journal of Animal Science, 2018, 17, 462-468.
66. Żebrowska J. P., Witkowska D., Sobczak M. J., Sowińska J., *Występowanie pałeczek Salmonella w fermach drobiu, stadach gołębi oraz paszach monitorowanych przez Zakład Higieny Weterynaryjnej w Olsztynie w latach 2014-2015*, Medycyna Weterynaryjna, 2017, 73, 111-117.

FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF POULTRY MEAT

Summary: The consumer expects from a food product not only safety, but also high quality. The aim of the study was to review the current literature on the nutritional value of the meat of young burrowing poultry and the factors determining the safety of its production. Poultry meat, in addition to wholesome protein, contains a small amount of cholesterol and fat. It also contains vitamins, mineral salts and unsaturated fatty acids. It is characterized by a favorable ratio between polyunsaturated and saturated fatty acids. As a result of genetic selection, the nutritional strategies can regulate the nutritional quality of the poultry meat. The most important health risks in poultry production are related to biological contamination, residues of chemical and drug contamination, and physical contamination.

Key words: Poultry meat, nutritional value, threats.

ZNACZENIE I ROLA PROBIOTYKÓW W ŻYWIENIU CZŁOWIEKA ORAZ W PROFILAKTYCE I LECZENIU WYBRANYCH SCHORZEŃ

Streszczenie: Praca zwraca uwagę na aspekt żywienia jakim są probiotyki oraz ich rolę w żywieniu człowieka, a także działanie w kontekście profilaktyki i leczenia niektórych chorób. Poszczególne szczepy probiotyczne lub ich celowane kombinacje wykazują pozytywny wpływ na mikrobiotę jelitową, a tym samym homeostazę organizmu. Mikroflora kształtuje się już od pierwszych godzin życia i pełni istotną rolę w kształtowaniu się układu immunologicznego. Probiotyki występują naturalnie w pożywieniu, jednak w przypadku wielu schorzeń konieczne jest wsparcie suplementacją konkretnych szczepów probiotycznych. Dotyczy to zarówno profilaktyki, jak i leczenia wybranych schorzeń takich jak: zespół jelita nadwrażliwego, zakażenia górnych dróg oddechowych, łagodzenie skutków ubocznych chemioterapii i radioterapii, biegunki oraz atopowego zapalenia skóry.

Słowa kluczowe: Probiotyki, zdrowie, żywienie człowieka, mikroflora.

WSTĘP

Coraz więcej danych potwierdza, że probiotyki jako pojedyncze szczepy czy też ich kombinacje wśród osób zmagających się z wieloma chorobami mogą przynosić ogromne korzyści w ich leczeniu. Szczepy bakterii probiotycznych pomagają w leczeniu i profilaktyce, głównie organów układu pokarmowego,

¹ Dr, Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie.

² Mgr, Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie.

chroniąc także organizm przed stanami zapalnymi, w tym chorób skóry, a także chorób układu oddechowego. Szczepy probiotyczne poza tym, że niwelują oraz zapobiegają dolegliwościom układu pokarmowego, mają za zadanie wspierać jelita, wątrobę, żołądek, a także okrężnicę³. Wszystkie te organy długotrwale utrzymywane są w napięciu, co prowadzi do biegunek i innych, nieprzyjemnych problemów. Probiotyki, stosowane regularnie, pozwalają zapobiec wspomnianym problemom⁴.

W pracy przedstawiono rolę i znaczenie probiotyków w żywieniu człowieka oraz ich zastosowanie w profilaktyce i leczeniu wybranych schorzeń.

MIKROFLORA JELITOWA

Mikroflora jelitowa człowieka, nazywana również mikrobiotą, zaliczana jest do jednego z najbardziej zróżnicowanych gatunkowo ekosystemów. Badania wskazują, że liczba ludzkich drobnoustrojów jelitowych wynosi ok. 10^{14} komórek, co jest 10-krotnością liczby komórek organizmu. Szacuje się, że istnieje możliwość występowania tam aż 1500 różnych gatunków bakterii⁵. Nie można uściślić, jakie drobnoustroje i w jakiej ilości powinny być obecne w jelitach człowieka, ani też jaki „profil” drobnoustrojów jest wskazany lub niewskazany dla zdrowia. Skład mikroflory jelitowej jest kwestią niezwykle indywidualną. Z racji na tę niepowtarzalność często porównywany jest do odcisku palca. Niemniej, stwierdza się, że obecność niektórych gatunków może predysponować do rozwoju danych jednostek chorobowych, np. nieswoistego zapalenia jelit, nowotworów, alergii czy otyłości⁶.

Mikroflora kształtuje się już w okresie życia płodowego, jednak intensywna kolonizacja następuje w chwili porodu. Istotne znaczenie dla kształtowania mikrobioty ma także sposób karmienia w okresie noworodkowym⁷. W połowie trzeciego roku życia dziecka profil mikrobioty przypomina już ten

³ K. Mojka, *Probiotyki, prebiotyki, symbiotyki - charakterystyka i funkcje*, Problemy Higieny Epidemiologicznej 2014, 95 (3):541-549.

⁴ T. Wołkowicz, A. Januszkiewicz, J. Szych, *Mikrobiom przewodu pokarmowego i jego dysbiozy jako istotny czynnik wpływający na kondycję zdrowotną organizmu człowieka*, „Med. Dośw. Mikrobiol.” 2014, nr 66, 223–235. E. Dudzińska, *Wpływ mikroflory jelitowej na rozwój zespołu jelita drażliwego*, „Medycyna Środowiskowa” 2016, nr 19, s. 70–76.

⁵ O. Krakowiak, R. Nowak, *Mikroflora przewodu pokarmowego człowieka – znaczenie, rozwój, modyfikacje*, Postępy Fitoterapii, 3/2015, s. 193-200.

⁶ M. J. Hopkins, R. Sharp, G. T. Macfarlane, *Variation in human intestinal microbiota with age*, Digest Liver Dis, nr 34/2002, s. 12-28.

⁷ I. Jańczewska, I. Domżańska-Popadiuk, *Znaczenie kolonizacji bakteryjnej przewodu pokarmowego noworodków donoszonych urodzonych drogą cięcia cesarskiego*, „Ann. Acad. Med. Gedan.” 2014, nr 44.

u dorosłego człowieka, co nie zmienia faktu, że przez kolejne lata można go modyfikować. Skład mikroflory jelitowej zależy głównie od rodzaju i składu spożywanego pokarmu oraz wieku osobniczego⁸. Zmiana ilości bakterii w jelitach jest procesem normalnym dla organizmu. Na florę jelitową wpływają również przebyte infekcje, stosowana antybiotykoterapia, dostępność i skład substratów do wzrostu mikroflory, interakcje z układem immunologicznym, pH treści jelit, metabolity bakteryjne, stan jelit (w tym przebyte choroby układu pokarmowego), a także miejsce zamieszkania i styl życia. Negatywnie na skład mikroflory może oddziaływać przesadna higiena w wieku niemowlęcym, stosowanie antybiotyków, które w znacznym stopniu niszą szkodliwe jak i pożyteczne bakterie oraz stres będący przyczyną licznych chorób⁹. Oddziaływanie mikroflory na zdrowie oraz fizjologię człowieka jest szerokie i wielokierunkowe. W ludzkim organizmie w sposób ciągły ma miejsce komunikowanie się między sobą komórek bakterii i komórek gospodarza (cross-talk process). To właśnie ten mechanizm warunkuje homeostazę organizmu i odpowiada za jego zdrowie¹⁰.

Drobnoustroje bytujące w jelitach pełnią wiele funkcji: immunologiczną, ochronną, troficzną, metaboliczną¹¹. Najistotniejszymi są rozwój i koordynowanie działania układu immunologicznego gospodarza. Zasadniczą różnicą między florą patogenną, a autochtoniczną jest to, iż ta druga nie aktywuje odpowiedzi immunologicznej gospodarza. Wręcz przeciwnie, jest tolerowana przez systemy obronne organizmu i stanowi istotny element rozwoju układu immunologicznego już od momentu przyjścia na świat¹².

ROLA PROBIOTYKÓW W UKŁADZIE POKARMOWYM CZŁOWIEKA

Obecnie probiotyki mogą być podawane do organizmu drogą przewodu pokarmowego w formie leku, suplementu, a także produktu spożywczego.

⁸ J. Olszewska, E. Jagusztyn-Krynicka, *Human Microbe Project – mikroflora jelit oraz jej wpływ na fizjologię i zdrowie człowieka*, Postępy Mikrobiologii 2012, 51, 4, s. 243–256.

⁹ B. Skrzydło-Radomańska, J. Wroniecki, *Czy mikrobiotę jelitową można skutecznie modyfikować?*, *Varia Medica* 2019 tom 3, nr 1, s. 18–26.

¹⁰ M. Gałęcka, A. Bartnicka, M. Szewc, J. Mazela, *Kształtowanie się mikrobioty jelitowej u niemowląt warunkiem zachowania zdrowia*, *Standardy Medyczne, Pediatria* 2016, t. 13, s. 359–367; M. Binek, *Mikrobiom człowieka – zdrowie i choroba*, *Postępy Mikrobiologii* 2012, 51, 1, s. 27–36.

¹¹ L. Ostrowska, J. Smarkusz, *Modyfikacja mikroflory jelitowej sposobem zapobiegania lub leczenia otyłości i schorzeń metabolicznych?*, *Zakład Dietetyki i Żywienia Klinicznego Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, Białystok*, 2016, s. 2.

¹²

Bez względu na źródło pochodzenia mają wspólne działanie, czyli wywieranie korzystnych skutków zdrowotnych.

Probiotyki to żywe drobnoustroje, które – podawane w odpowiednich ilościach – wywierają korzystne skutki zdrowotne¹³. Są to mikroorganizmy, głównie bakterie kwasu mlekowego, mogące zasiedlać różne środowiska, w tym organizm człowieka. Probiotyk może zawierać pojedyncze szczepy bakterii kwasu mlekowego (*Lactobacillus spp.*, *Streptococcus spp.*), szczepy drożdży (*Saccharomyces spp.*), kultury pleśni (*Aspergillus spp.*) lub też bakterie kwasu mlekowego łącznie z wyselekcjonowanymi szczepami drożdżowymi. Wpływają one pozytywnie na czas pasażu jelitowego i zapewniają właściwy rozwój mikroflory zasiedlającej organizm¹⁴.

By probiotyk spełnił prozdrowotną rolę w organizmie musi spełnić warunki¹⁵:

- ludzkie pochodzenie,
- historia bezpiecznego stosowania,
- korzystne oddziaływanie na zdrowie człowieka,
- zdolność do przeżycia, wzrostu i aktywności metabolicznej w przewodzie pokarmowym,
- odporność na działanie kwasu solnego i żółci,
- konkurencyjność w stosunku do mikroflory zasiedlającej ekosystem jelitowy,
- aktywność antagonistyczna w stosunku do patogenów (np. *Salmonella spp.*, *Clostridium difficile*, *Helicobacter pylori*).

Ponadto pożądaną jest, by probiotyk posiadał zdolność przytwierdzenia się do powierzchni i kolonizacji jelita grubego, wytwarzał substancje antibakteryjne oraz posiadał stabilność genetyczną. Również ważny jest aktywny wzrost i podział oraz wysoka wydajność kwasu mlekowego podczas fermentacji cukrów prostych, dwucukrów i cukrów złożonych. Jego pozytywne działanie powinno być potwierdzone naukowo oraz musi zachowywać wszystkie swoje właściwości w procesach przetwarzania i przechowywania. Większość z tych cech pozwala bakteriom probiotycznym na przeżycie w przewodzie

¹³ Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics In Ford. FAO/WHO, London-Ontario 2002.

¹⁴ E. Prost, Probiotyki, Med Wet 1999, 02:75-79.

¹⁵ Z. Libudzisz, *Mikrobiologiczne i technologiczne aspekty probiotyków*, Materiały z warsztatów na temat probiotyków zorganizowanych w ramach projektu Accompanying Measure do projektu Flair-Flow Europe IV, Kraków 2002.

pokarmowym i przedostanie się do jelita grubego¹⁶, gdzie pełnią liczne funkcje¹⁷. Bakterie probiotyczne w różny sposób chronią organizm gospodarza przed zaburzeniami jelitowymi¹⁸. Wśród tych mechanizmów można wymienić: konkurencję o receptory adhezyjne, obniżanie wartości pH i produkcję substancji antybakteryjnych, detoksykację, konkurencję o składniki pokarmowe niezbędne do wzrostu, ułatwianie trawienia laktozy¹⁹. Probiotyki w szczególnych przypadkach mogą również wykazywać cechy niepożądane. Stwierdzono je u osób z zaburzeniami pracy układu odpornościowego. Bakterie probiotyczne mogą mieć bliskie powiązania z mikroflorą oportunistyczną, której mogą przekazywać negatywne cechy na drodze genetycznej. Prowadzi to do zaburzeń jelitowych u osób z chorobami immunologicznymi.

Głównym elementem układu odpornościowego jelit jest GALT (ang. gut associated lymphoid tissue), czyli tkanka limfatyczna jelit²⁰. Znajduje się tam około 70–80% komórek wytwarzających immunoglobuliny w organizmie. Jest tam tyle samo limfocytów co w śledzionie, a co piąta komórka błony śluzowej jelit jest limfocytom. GALT jest główną częścią układu odpornościowego błon śluzowych, czyli MALT (ang. mucosa associated lymphoid tissue). W GALT wyróżnia się takie struktury: kępkę Peyera, grudki chłonne, limfocyty oraz błony śluzowe. Jedną z najważniejszych struktur GALT są błony śluzowe pokryte śluzem. Odpowiadają one za kontrolę substancji transportowanych przez komórki. Jeśli błona śluzowa jest nieuszkodzona, przenikają przez nią składniki naturalnej flory bakteryjnej. Układ odpornościowy przewodu pokarmowego odgrywa istotną rolę w odporności miejscowej oraz ogólnej organizmu²¹. Ciągły kontakt prozdrowotnej mikrobioty jelitowej z układem GALT warunkuje sprawne działanie odporności²².

¹⁶ M. Strus, P. Heczko, P. Kochan, *Projektowanie probiotyków do zastosowań medycznych*, Post Mikrobiol 2008, 03: 11-66.

¹⁷ K. Mojka, *Probiotics, prebiotics and synbiotics – characteristics and functions*, Probl Hig Epidemiol 2014, 95(3):541-549

¹⁸ M. Czerwionka-Szaflarska, B. Romańczuk, *Kiedy powinno stosować się probiotyki?*, Przew Lek 2009, 1:142-147.

¹⁹ D. Gajewska, *Probiotyki*, Prz Gastr 2003, 08:14-15.

²⁰ I. E. Ishizuka, M. G. Constantinides, H. Gudjonson, A. Bendelac, *The innate lymphoid cell precursor*, Annu. Rev. Immunol., 34,299–316, 2016.

²¹ B. Tokarz-Deptuła, W. Deptuła, *Probiotics and mammalian gastrointestinal immune system*, Post. Mikrobiol., 2017, 56, 2, 157–162; Y. Lavin, A. Mortha, A. Rahman, M. Merad, Regulation of macrophage development and function in peripheral tissues. Nat. Rev. Immunol. 15, 2015, s. 731–744.

²² A. Kuśmierska, M. Fol, *Właściwości immunomodulacyjne i terapeutyczne drobnoustrojów probiotycznych*, Probl. Hig. Epidemiol. 95, 2014, s. 529–540.

POŻYWIENIE JAKO NATURALNE ŹRÓDŁO PROBIOTYKÓW

Liczne badania naukowe dostarczają coraz więcej dowodów świadczących o istotnym wpływie jakości i składu pożywienia na mikrobiom człowieka²³.

Rozwój korzystnej mikroflory jelitowej stymuluje:

- a) dieta dostarczająca odpowiednie ilości błonnika pokarmowego, który ulega fermentacji z udziałem bakterii jelitowych, w skutek czego powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe wykazujące działanie immunomodulujące.
- b) dieta uboga w produkty z dużym udziałem cukrów prostych oraz nasyconych kwasów tłuszczowych, a także produktów wysokoprzetworzonych, białka pochodzącego z czerwonego mięsa oraz nadmiernych ilości alkoholu,
- c) dieta wzbogacona odpowiednią dobraną suplementacją witaminy D₃²⁴.

Do najpopularniejszych źródeł probiotyków w codziennej diecie należą produkty fermentacji mlekowej, wśród których wyróżnić można kefir, jogurt, maślanekę. Ta grupa produktów ze względu na zawartość laktozy, czy innych związków o działaniu alergizującym może być niewskazana dla wybranych konsumentów. Alternatywą mogą być produkty pochodzenia roślinnego fermentowane bakteriami probiotycznymi. Do najczęściej wykorzystywanych należą produkty sojowe, zbożowe, ale też warzywa, takie jak ogórki, kapusta, buraki. Oprócz wzbogacenia surowców roślinnych w probiotyki oraz wyprodukowane przez nie substancje bioaktywne, wykazano także, że żywność fermentowana wpływa na zmniejszenie ilości substancji antyodżywczych takich jak kwas fitynowy występujący m.in. w zbożach, roślinach strączkowych, oleistych czy w orzechach²⁵. Fityniany odgrywają istotną rolę w zespole złego wchłaniania pierwiastków śladowych i białek, a zastosowane bakterie są źródłem fitazy (enzymu rozkładającego fityniany)²⁶. Do innych produktów

²³ E. Dymarska, A. Grochowalska, H. Krauss, Z. Chęcińska-Maciejewska, *Naturalne modyfikatory odpowiedzi immunologicznej*, „Probl Hig Epidemiol” 2016, 97(4), s. 297–307; P. Kochan, *Probiotyki w żywności. Właściwości zdrowotne i żywieniowe oraz wytyczne do ich oceny*, wyd. 1, Polskie Towarzystwo Probiotyczne i Prebiotyczne, Kraków 2007.

²⁴ K. Jankowska, N. Suszczewicz, *Naturalne metody wspomaganie odporności w walce z koronawirusem*, „Wiedza Medyczna” 2020, numer specjalny.

²⁵ M. Trzaskowska, *Probiotyki w produktach pochodzenia roślinnego*, *Żywność: nauka - technologia - jakość*, 20, 2013, nr 4 (89), 5-20.

²⁶ WGO Handbook on gut Microbes: Microbial Communities; Functions of the Gut Microbiota; Composition and Structure of the Human Gut Microbiota; Impact of Diet on Gut Microbes; Antibiotics and Gut Microbes; Probiotics: the Concept; Prebiotics; World Digestive Health Day WDHD May 29, 2014.

zawierających probiotyki należą m.in. mięsne produkty probiotyczne (wędliny nie poddane ogrzewaniu), mleko w proszku dla niemowląt z liofilizowanymi bakteriami probiotycznymi. Ponadto na rynku dostępne są napoje fermentacyjne typu rejuvelac – napój z kiełkujących nasion pszenicy, żyta, jęczmienia, prosa, gryki, quinoa lub innych ziaren oraz kwas chlebowy.

Niezbędne do działania probiotyków są fermentujące w przewodzie pokarmowym prebiotyki. Prebiotyki stanowią składniki pożywienia, które podlegają procesowi trawienia w przewodzie pokarmowym oraz selektywnie indukują aktywność i wzrost korzystnej dla organizmu mikroflory jelitowej. Fruktany (substancje prebiotyczne), to skrobia oporna oraz nieskrobiowe polisacharydy i oligosacharydy. Najpopularniejsze są fruktooligosacharydy (FOS), do których należy inulina i oligofruktoza. We fruktooligosacharydy bogate są szparagi, czosnek, cykorii, cebula, miód, banany, pomidory, pszenica, jęczmień, żyto, karczochy, buraki²⁷. Efekt zdrowotny prebiotyków uzyskiwany jest przy dawce 4 g/dobę²⁸.

ZNACZENIE PROBIOTYKÓW W PROFILAKTYCE I LECZENIU WYBRANYCH SCHORZEŃ

Rolę probiotyków, które znalazły zastosowanie w zarówno leczeniu pacjentów jak i w zapobieganiu chorob, pełnią przede wszystkim bakterie kwasu mlekowego (ang. Lactic acid bacteria, LAB). W produkcji probiotyków najczęściej wykorzystuje się bakterie z rodzaju *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* i *Streptococcus*. Szczepy probiotyczne wykazują wielokierunkowe działanie na organizm człowieka zarówno miejscowe jak i ogólnoustrojowe, biorąc m.in. udział w syntezie witamin (np. B₁, B₁₂, K), trawieniu niektórych pokarmów (np. laktoza), stymulując perystaltykę jelit, zmniejszając poziom wchłaniania egzogenego cholesterolu czy też mając właściwości immunostymulujące i immunomodulujące²⁹.

Najwięcej badań w zakresie skuteczności działania probiotyków dotyczy biegunek zarówno o podłożu bakteryjnym, jak i wirusowym. Ponadto pozytywne działania kliniczne dotyczą łagodzenia stanów zapalnych jelit oraz ryzyka wystąpienia zespołu jelita nadwrażliwego. Ponadto probiotyki mogą

²⁷ K. Ślizewska, A. Nowak, R. Barczyńska, Z. Libudzisz, *Prebiotyki – definicja, właściwości i zastosowanie w przemyśle*, Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 1 (86), 5 – 20.

²⁸ K. Mojka, *Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki – charakterystyka i funkcje*, „Problemy Higieny Epidemiologicznej” 2014, 3(95), s. 541–549.

²⁹ H. Szajewska, *Probiotyki – aktualny stan wiedzy i zalecenia dla praktyki klinicznej*, Med. Prakt., 2017; 7-8:19–37.

być pomocniczo wykorzystywane w leczeniu zaparć. Profilaktycznie przy biegunce poantybiotykowej zaleca się stosować *L. rhamnosus* GG (u dzieci) albo *S. boulardii* (doroshi i dzieci), natomiast w przypadku wystąpienia biegunki wywołanej rotawirusem wysoką skutecznością cechuje się *L. euteri* (dzieci) lub kombinacja *B. lactis* z *S. hermophilus*. W zapobieganiu nawrotom biegunek u dzieci najlepszy efekt można uzyskać poprzez zastosowanie *L. rhamnosus* GG oraz *S. boulardii*, natomiast nie ma potwierdzonych danych, które wskazywałyby jednoznacznie na podobny efekt u dorosłych^{30, 31}. W zespole jelita drażliwego zastosowanie *Bifidobacterium infantis* 35624 czy *Lactobacillus plantarum* 299v przyczyniło się do zmniejszenia bólu brzucha oraz wzdęć³². Wspomagająco w leczeniu przewlekłych zapaleń jelita (wrzodziejące zapalenie jelita grubego) stosuje się głównie *L. rhamnosus*, *E. coli* Nissle 1917, VSL3 czy Lp299v. W łagodzeniu skutków ubocznych chemioterapii i radioterapii w leczeniu raka jelita grubego (takich jak biegunki, odwodnienie, niedożywienie) pomocny okazuje się być *L. rhamnosus* GG. W profilaktyce i leczeniu zmian atopowych (atopowe zapalenie skóry, alergiczny nieżyt nosa, astma oskrzelowa) można zastosować *L. rhamnosus* GG, *E. coli* O83, *L. reuterii* DSM 122460. Najefektywniejsze działanie przeciwalergiczne dotyczy atopowego zapalenia skóry (AZS) u kobiet w ciąży oraz niemowląt do 12 miesiąca życia, gdzie w celu zmniejszenia nasilenia i rozległości AZS stosuje się *L. rhamnosus* GG³³. W łagodzeniu objawów alergii na pyłki traw obserwuje się skuteczne działanie szczepu *L. casei* Shiota³⁴.

Metaanaliza przeprowadzona przez Hao i wsp. na podstawie 12 RCT (*randomized controlled trial*) obejmujących 3720 pacjentów pozwoliła stwierdzić, że przyjmowanie probiotyku w dawce dziennej 10^9 – 10^{10} jednostek tworzących kolonie CFU przez co najmniej 7 dni pozwala obniżyć o blisko połowę zachorowalność na URTI (ang. *upper respiratory tract infection*, zakażenia górnych dróg oddechowych), a także zredukować liczbę epizodów URTI w ciągu roku, czas trwania objawów choroby, czas absencji w szkole/pracy

³⁰ E. Szalek, Z. Kaczmarek, E. Grzeskowiak, *Wykorzystanie probiotyków we współczesnej farmakoterapii pediatrycznej*, Farm Pol, 2010, 66(3), 168-172.

³¹ I. Krzymińska, P. Nowotnik, *Wpływ probiotyków na infekcje wirusowe*, Warszawa 2020.

³² K. Andrych, *Zespół jelita drażliwego w świetle najnowszych wytycznych*, Varia Medica 2019 tom 3, nr 2, s. 89–95.

³³ M. Gałęcka, A. Basińska, A. Bartnicka, *Znaczenie mikrobioty jelitowej w przebiegu atopowego zapalenia skóry (AZS) — nowoczesne metody profilaktyki i leczenia*, Forum Medycyny Rodzinnej 2019;13(5):195-206.

³⁴ B. Cukrowska, *Probiotyki w profilaktyce i leczeniu chorób alergicznych - przegląd piśmiennictwa*, Standardy Medyczne, Pediatria 2013, t. 11, s. 191-201.

oraz obniżyć częstość konieczności zastosowania antybiotyku³⁵. Istotne jest, że probiotykoterapii szczepami: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei* 8700:2, *Lactobacillus rhamnosus* (GG lub HN001), *Lactobacillus casei* Shirota, *Lactobacillus bulgaricus* OLL 073R-1, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus gasseri*, *Streptococcus thermophilus* OLS 3059, *Bifidobacterium lactis* BB-12, *Bifidobacterium bifidum* MF20/5, *Bifidobacterium animalis* oraz *Bifidobacterium longum* SP07/3 nie towarzyszyły istotne skutki uboczne³⁶.

ZAKOŃCZENIE

Idea probiotykoterapii znajduje coraz szersze zastosowanie w medycynie. Aktualne doniesienia naukowe potwierdzają skuteczność oddziaływania probiotyków względem infekcji wirusowych i bakteryjnych. Ponadto literatura wskazuje, iż probiotyki wydają się korzystne w chorobach układu pokarmowego oraz oddechowego wywołanych przez pewne wirusy, czy bakterie. Probiotyki zarówno pochodzenia naturalnego z pożywienia, jak i z celowanej probiotykoterapii, stanowią solidne wsparcie zarówno w profilaktyce wielu chorób, jak i w wsparciu leczenia. Probiotyki potrzebują uzupełnienia przez prebiotyki, stąd ważna jest odpowiednio zbilansowana dieta, którą można uzupełniać suplementacją o odpowiednio dobrane szczepy bakterii probiotycznych. Warto mieć na uwadze, że właściwości probiotyków są szczepozależne, stąd celowana probiotykoterapia wymaga znajomości działania konkretnego szczepu probiotycznego, w tym rodzaju lub gatunku. Każdy ze szczepów wymaga oddzielnych badań w celu określenia jego właściwości probiotycznych i skuteczności w ściśle określonej sytuacji klinicznej. Potencjał probiotyków w zakresie wsparcia w leczeniu chorób dietozależnych nadal wymaga dokładniejszych analiz, jednak dotychczasowe badania już dają pozytywne wyniki w tym zakresie, jednak wymaga to dalszych obserwacji.

BIBLIOGRAFIA

1. Andrych K., *Zespół jelita drażliwego w świetle najnowszych wytycznych*, Varia Medica 2019 tom 3, nr 2, s. 89–95.
2. Binek M., *Mikrobiom człowieka – zdrowie i choroba*, Postępy Mikrobiologii 2012, 51, 1, s. 27-36.

³⁵ *Problemy nauk medycznych i nauk o zdrowiu* pod red. Klaudii Pujer, Wrocław 2019, t.9, s. 44-51.

³⁶ H. Szajewska, *Probiotyki-aktualny stan wiedzy i zalecenia dla praktyki klinicznej*, Med Prakt. 2017, s. 7-8.

3. Cukrowska B., *Probiotyki w profilaktyce i leczeniu chorób alergicznych - przegląd piśmiennictwa*, Standardy Medyczne, Pediatria 2013, t. 11. S. 191-201.
4. Czerwionka-Szaflarska M., Romańczuk B., *Kiedy powinno stosować się probiotyki?*, Przew Lek 2009, 1:142-147.
5. Dąbrowska M., Szydłarska D., *Adiponektyna a insulinooporność i miażdżyca*, Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych i Endokrynologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Viamedica, Warszawa 2011, s. 186.
6. Dudzińska E., *Wpływ mikroflory jelitowej na rozwój zespołu jelita drażliwego*, „Medycyna Środowiskowa” 2016, nr 19, s. 70–76.
7. Dymarska E., Grochowalska A., Krauss H., Chęcińska-Maciejewska Z., *Naturalne modyfikatory odpowiedzi immunologicznej*, „Probl Hig Epidemiol” 2016, 97(4), s. 297–307.
8. Fooks L. J., Fuller R., Gibson G. R., *Prebiotics, probiotics and human gut microbiology*, Int Dairy J, nr 9/1999, s. 53–61.
9. Gałęcka M., Bartnicka A., Szewc M., Mazela J., *Kształtowanie się mikrobioty jelitowej u niemowląt warunkiem zachowania zdrowia*, Standardy Medyczne, Pediatria 2016, t. 13, s. 359-367.
10. Gałęcka M., Basińska A., Bartnicka A., *Znaczenie mikrobioty jelitowej w przebiegu atopowego zapalenia skóry (AZS) — nowoczesne metody profilaktyki i leczenia*, Forum Medycyny Rodzinnej 2019, 13(5):195-206.
11. Gałęcka M., Szachta P., *Kyberkompakt – znaczenie nowoczesnej diagnostyki mikrobiologicznej przewodu pokarmowego*, Zakażenia, nr 6/2013, s. 84.
12. Gajewska D., *Probiotyki*, Prz Gastr 2003, 08:14-15.
13. Hopkins M. J., Sharp R., Macfarlane G. T., *Variation in human intestinal microbiota with age*, Digest Liver Dis, nr 34/2002, s. 12-28.
14. Ishizuka I. E., Constantinides M. G., Gudjonson H., Bendelac A., *The innate lymphoid cell precursor*, Annu. Rev. Immunol., 2016, 34,299–316.

15. Jankowska K., Suszczewicz N., *Naturalne metody wspomaganie odporności w walce z koronawirusem*, „Wiedza Medyczna” 2020, s. 46-65.
16. Jańczewska I., Domżańska-Popadiuk I., *Znaczenie kolonizacji bakteryjnej przewodu pokarmowego noworodków donoszonych urodzonych drogą cięcia cesarskiego*, „Ann. Acad. Med. Gedan.” 2014, nr 44.
17. Kochan P., *Probiotyki w żywności. Właściwości zdrowotne i żywieniowe oraz wytyczne do ich oceny*, wyd. 1, Polskie Towarzystwo Probiotyczne i Prebiotyczne, Kraków 2007.
18. Krzymińska I., Nowotnik P., *Wpływ probiotyków na infekcje wirusowe*, Warszawa 2020.
19. Kuśmierska A., Fol M., *Właściwości immunomodulacyjne i terapeutyczne drobnoustrojów probiotycznych*, Probl. Hig. Epidemiol. 95, 529–540, 2014.
20. Lavin Y., Mortha A., Rahman A., Merad M., *Regulation of macrophage development and function in peripheral tissues*, Nat. Rev. Immunol. 15, 731–744, 2015.
21. Libudzisz Z., *Mikrobiologiczne i technologiczne aspekty probiotyków*, Materiały z warsztatów na temat probiotyków zorganizowanych w ramach projektu Accompanying Measure do projektu Flair-Flow Europe IV, Kraków 2002.
22. Mojka K., *Probiotyki, prebiotyki, synbiotyki - charakterystyka i funkcje*, Problemy Higieny Epidemiologicznej 2014, 95 (3):541-549.
23. Mroczyńska M., Gałęcka M., Szachta P., *β -glucuronidase and β -glucosidase activity in Stool Specimens of Children with Inflammatory Bowel Disease*, PJM, nr 62/2013, s. 319–325.
24. Olszewska J., Jagusztyn-Krynicka E., *Human Microbe Project – mikroflora jelit oraz jej wpływ na fizjologię i zdrowie człowieka*, Postępy Mikrobiologii 2012, 51, 4, 243–256.
25. Ostrowska L., Smarkusz J., *Modyfikacja mikroflory jelitowej sposobem zapobiegania lub leczenia otyłości i schorzeń metabolicznych?*, Zakład Dietyki i Żywienia Klinicznego Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, Forum Zaburzeń Metabolicznych 2016, tom 7, nr 2, 53–61.
26. *Problemy nauk medycznych i nauk o zdrowiu* pod red. Klaudii Pujer, Wrocław 2019, t.9, s. 44-51.

27. Prost E., *Probiotyki*, Med Wet, 1999, 02:75-79.
28. Skrzydło-Radomańska B., Wronecki J., *Czy mikrobiotę jelitową można skutecznie modyfikować?*, Varia Medica 2019 tom 3, nr 1, s. 18–26.
29. Strus M., Heczko P., Kochan P., *Projektowanie probiotyków do zastosowań medycznych*, Post Mikrobiol 2008, 03:11-66.
30. Szajewska H., *Probiotyki*, Med. Prakt. Pediatr, 2008, 1(55): 125–133.
31. Szajewska H., *Probiotyki – aktualny stan wiedzy i zalecenia dla praktyki klinicznej*, Med. Prakt., 2017, 7-8:19–37.
32. Szałek E., Kaczmarek Z., Grześkowiak E., *Wykorzystanie probiotyków we współczesnej farmakoterapii pediatrycznej*, Farm Pol, 2010, 66(3):168-172.
33. Ślizewska K., Nowak A., Barczyńska R., Libudzisz L., *Prebiotyki – definicja, właściwości i zastosowanie w przemyśle*, Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 1(86), 5 – 20
34. Tokarz-Deptuła B., Deptuła W., *Probiotics and mammalian gastrointestinal immune system*, Post. Mikrobiol., 2017, 56, 2, 157–162.
35. WGO Handbook on gut Microbes: Microbial Communities; Functions of the Gut Microbiota; Composition and Structure of the Human Gut Microbiota; Impact of Diet on Gut Microbes; Antibiotics and Gut Microbes; Probiotics: the Concept; Prebiotics; World Digestive Health Day WDHD May 29, 2014.
36. Wołkowicz T., Januszkiewicz A., Szych J., *Mikrobiom przewodu pokarmowego i jego dysbiozy jako istotny czynnik wpływający na kondycję zdrowotną organizmu człowieka*, „Med. Dośw. 9 Mikrobiol.” 2014, nr 66, 223–235.
37. Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics In Ford, FAO/WHO, London-Ontario 2002.

THE IMPORTANCE AND ROLE OF PROBIOTICS IN HUMAN NUTRITION AND IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF SELECTED DISEASES

Summary: This work describes the extremely important aspects of nutrition, which are probiotics and their role in human nutrition and their operation in the context of the prevention and treatment of certain diseases. The introduction deals with the issue related to probiotic strains and their effect on internal organs. Then, attention was focused on the intestinal microflora, its formation at various stages of human life from the beginning of its existence. Microflora plays an important role in shaping the immune system. Then, the role of probiotics in the human digestive system was described. Next, the focus was on food as a natural source of probiotics. The last element of the work is the characteristics of individual probiotic strains in the prevention and treatment of selected diseases such as: irritable bowel syndrome, upper respiratory tract infections, alleviation of the side effects of chemotherapy and radiotherapy, diarrhea and atopic dermatitis.

Keywords: Probiotics, health, human nutrition, microflora.

WŁAŚCIWOŚCI HIGROSKOPIJNE WYBRANYCH RODZAJÓW MLEKA MODYFIKOWANEGO W PROSZKU JAKO DETERMINANTA ICH STABILNOŚCI PRZECHOWALNICZEJ

Streszczenie: Zawartość i aktywność wody są istotnymi parametrami decydującymi o bezpieczeństwie i stabilności żywności głęboko odwodnionej, szczególnie tej w postaci proszku. Parametry te w połączeniu ze składem chemicznym żywności w proszku mogą stanowić istotną informację o jej właściwościach higroskopijnych warunkujących podatność na przechowywanie. Dlatego celem pracy było scharakteryzowanie i porównanie właściwości higroskopijnych wybranych rodzajów mleka modyfikowanego dla niemowląt w kontekście ich trwałości przechowalniczej. W pracy założono, że: 1) Skład chemiczny modyfikowanego mleka w proszku różnicuje jego właściwości higroskopijne a tym samym jego stabilność przechowalniczą; 2) Zastosowanie matematycznych modeli izoterm sorpcji pozwala na porównanie stabilności produktów w proszku, przechowywanych w określonych warunkach.

Słowa kluczowe: Izoterma sorpcji, model BET, model GAB, mleka modyfikowane w proszku, stabilność przechowalnicza.

WSTĘP

Mleko matki jest pierwszym pożywieniem dla noworodka. Dzięki mnogości różnych składników odżywczych do około szóstego miesiąca życia zaspokaja ono niemalże wszystkie potrzeby dziecka związane z prawidłowym odżywianiem (Zdrojewicz i in., 2017). Niestety mimo wielu niepodważalnych

¹ Dr hab. inż., Katedra Zarządzania Jakością, Uniwersytet Morski w Gdyni.

² Mgr inż., Katedra Zarządzania Jakością, Uniwersytet Morski w Gdyni.

zalet kobiecego mleka istnieją sytuacje, kiedy karmienie piersią jest przeciwwskazane. Ze strony dziecka są to choroby metaboliczne, takie jak klasyczna galaktozemia oraz wrodzony niedobór laktozy, czy alergie pokarmowe. Objawy alergii pokarmowych uwarunkowane są reakcjami immunologicznymi, które są stanem nadwrażliwości organizmu na obecność określonych białek znajdujących się w pożywieniu. Objawy mają różny stopień natężenia, mogą nawet doprowadzić do śmierci przez wstrząs anafilaktyczny (Królczyk i in., 2018; Peckenpaugh, 2011). W przypadku istnienia przeciwwskazań do karmienia piersią, dziecku podaje się mieszanki mleczne o składzie dostosowanym do jego wieku. W związku z powyższym stwierdzenie alergii na białka mleka matki powoduje, że dziecko musi być karmione mieszankami mlekozastępczymi specjalnymi, takimi jak hydrolizaty białka mleka krowiego o znacznym stopniu hydrolizy, mieszankami elementarnymi, w których źródłem białka są wolne aminokwasy, bądź po szóstym miesiącu życia, izolatami sojowymi. Gdy dziecko cierpi z powodu wrodzonych zaburzeń metabolicznych należy stosować pokarm sztuczny pozbawiony laktozy, galaktozy lub innych nietolerowanych przez dziecko substancji (Zdrojewicz i in., 2017). Jak wynika z danych literaturowych alergie pokarmowe wśród noworodków są coraz bardziej powszechne i cierpi na nie 5,4-9,3% niemowląt, w zależności od miejsca urodzenia (Królczyk i in., 2018). Ponadto mieszanki mleka modyfikowanego stosuje się w żywieniu wcześniaków urodzonych przed 34 tygodniem ciąży. Wcześniaki wykazują bowiem duże i bardzo specyficzne zapotrzebowanie żywieniowe, a mleko matki często okazuje się niewystarczające dla zapewnienia prawidłowego tempa wzrastania przedwcześnie urodzonego noworodka. Żywnienie tej grupy dzieci, których odsetek wynosi od 5 do 18%, wciąż stanowi nierozwiązany problem kliniczny (Szczapa, 2018).

W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie najmłodszych konsumentów producenci żywności dla niemowląt i małych dzieci wciąż pracują nad zwiększeniem atrakcyjności swojego asortymentu, budując przy tym trwałe zaufanie do marki. Rynek żywności dla niemowląt i małych dzieci jest pod wieloma względami bardzo specyficzny, gdyż w odróżnieniu od innych segmentów w tym przypadku należy wyraźnie odróżnić konsumenta, którym jest dziecko od nabywcy, którym najczęściej jest jego matka. A zatem czynniki warunkujące popyt na tego rodzaju produkty są złożone i wychodzą daleko poza czynniki demograficzne i ekonomiczne (Kuberska i Suchta, 2016).

Mieszanki mleka modyfikowanego występują głównie w postaci proszków, które po wymieszaniu z wodą o odpowiedniej temperaturze stają się gotowe do spożycia. Jest to grupa żywności o wysokim stopniu przetworzenia

i długim okresie przydatności do spożycia (Ruszkowska i Palich, 2016). W przypadku zarządzania jakością produktów w postaci proszku istotna jest znajomość ich właściwości higroskopijnych. Parametr ten decyduje o trwałości przechowalniczej, bezpieczeństwie oraz cechach użytkowych proszków. Zdolność do adsorpcji i desorpcji pary wodnej są cechami specyficznymi danego materiału, które zależą od składu chemicznego i struktury fizycznej produktu. Skład produktu determinuje stan termodynamiczny współwystępującej w nim wody. Mleka modyfikowane to produkty zawierające białko i węglowodany, które wiążąc wodę wpływają na jej aktywność oraz mobilność (Ocieczek, 2021). Jednocześnie warto podkreślić, że trwałość żywności ma niezwykle istotne znaczenie w kontekście jej marnowania. W dzisiejszych czasach, zjawisko marnowania żywności jest problemem globalnym a zarządzanie produktem w całym jego cyklu życia jest kluczowe w procesie kształtowania zrównoważonej konsumpcji (Niedek i Krajewski, 2021).

Celem pracy jest zidentyfikowanie i porównanie właściwości higroskopijnych wybranych typów mleka modyfikowanego dla niemowląt w kontekście ich trwałości przechowalniczej. Aby osiągnąć cel pracy przeprowadzono badania służące weryfikacji hipotez badawczych zakładających, że:

1. Skład chemiczny mleka modyfikowanego w proszku decyduje o jego właściwościach higroskopijnych a tym samym o jego trwałości.
2. Zastosowanie matematycznych modeli izoterm sorpcji pozwala na porównanie stabilności produktów w proszku, przechowywanych w określonych warunkach.

MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Materiałem badawczym były, zakupione w hipermarketach, trzy próbki mleka modyfikowanego odpowiadające na specjalne potrzeby żywieniowe dla niemowląt: Bebilon Prosyneo HA 1 (PS) - dla niemowląt z alergią pokarmową na białka mleka krowiego, Bebilon bez laktozy (BL) - dla niemowląt z nietolerancją laktozy lub biegunką, Bebilon Nental Home ProExpert (NH) - dla wcześniaków z niską wagą urodzeniową. Badane próbki mleka modyfikowanego były zróżnicowane pod względem składu chemicznego (tabela. 1).

Tabela. 1. Skład chemiczny badanych mleek modyfikowanych zadeklarowany przez producentów na opakowaniu jednostkowym.

Składniki odżywcze	Prosyneo HA 1		Bez laktozy		Nental Home ProExpert	
	100 g proszku	100 ml gotowego produktu	100 g proszku	100 ml gotowego produktu	100 g proszku	100 ml gotowego produktu
Wartość energetyczna	481 kcal	66 kcal	514 kcal	66 kcal	492 kcal	75 kcal
Tłuszcz	24,4 g	3,3 g	27 g	3,4 g	26 g	4 g
Węglowodany, w tym:	52,3 g	7,2 g	57 g	7,6 g	49 g	7,5 g
- cukry	51,3 g	7,1 g	8,4 g	1,2 g	41 g	6,2 g
Błonnik	4,1 g	0,6 g	0 g	0 g	3,7 g	0,6 g
Białko	11 g	1,5 g	10 g	1,3 g	14 g	2,1 g
Sól	0,45 g	0,06 g	0,34 g	0,04 g	0,42 g	0,07 g

Źródło: Zestawienie przygotowane na podstawie deklaracji producenta na opakowaniu jednostkowym.

Stosując metody analityczne wyznaczono zawartość oraz aktywność wody. Zawartość wody badano gravimetrycznie w temperaturze 373-378K (100-105°C) i pod normalnym ciśnieniem, susząc próbki do stałej masy. Aktywność wody badano w aparacie AquaLab (Seria 3 model TE firmy Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA) o dokładności $\pm 0,003$ w temperaturze 293,15 K (20°C).

Izotermie sorpcji wyznaczono statyczno-eksykatorową metodą odniesienia. Wilgotność względną w ekzykatorach regulowano za pomocą nasyconych roztworów odpowiednich substancji ($\text{NaOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (0,0698); $\text{LiCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (0,1114); $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_7\cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$ (0,231); $\text{MgCl}_2\cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (0,3303); $\text{K}_2\text{CO}_3\cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (0,440); $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (0,548); KJ (0,6986); NaCl (0,7542); KCl (0,8513); KNO_3 (0,932); $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (0,9793)). Zakres aktywności wody wykorzystany w badaniach był szeroki i wynosił od 0,07 do 0,98. Temperatura badania wynosiła 293,15 K (20°C), a czas ustalania równowagi układu wynosił 30 dni od umieszczenia próbek w ekzykatorach. Na podstawie początkowej masy poszczególnych próbek mleka modyfikowanego oraz zmian zawartości wody obliczono równowagowe zawartości wody. Pomiar aktywności wody w próbkach, po 30 dniach od momentu umieszczenia ich w ekzykatorach, wykonano za pomocą aparatu AquaLab. Dane te stały się podstawą do wyznaczenia izoterm sorpcji w ujęciu graficznym i arytmetycznym (Ociecek i in., 2020).

Zróznicowanie przebiegu izoterm sorpcji w całym zakresie aktywności wody analizowano statystycznie stosując test *t*-Studenta różnic między średnimi dla par wiązanych. Przyjęto, że statystycznie istotne są różnice na poziomie istotności nie przekraczającym wartości $p=0,05$ (Ociecek i Ruskowska, 2018).

Właściwości higroskopijne badanych proszków scharakteryzowano na podstawie parametrów dwóch matematycznych modeli sorpcji. Identyfikację tych parametrów przeprowadzono na podstawie danych empirycznych, które poddano transformacji numerycznej pozwalającej na powiązanie ich z parametrami modelu BET i GAB.

Równanie BET:

$$v = \frac{v_m C_B a_w}{(1-a_w)[1+(C_B-1)a_w]} \quad (1)$$

gdzie:

a_w – aktywność wody (–),

v – równowagowa zawartość wody (g H₂O/100g s.m.),

v_m – zawartość wody w monowarstwie (g H₂O/100g s.m.),

C_B – stała energetyczna, związana wykładniczo z różnicą pomiędzy ciepłem adsorpcji pierwszej i kolejnych warstw, przyjęta za niezmienną i równą ciepłu kondensacji (Paderewski, 1999; Atkins, 2003; Figura i Teixeira, 2007).

Równanie GAB:

$$v = \frac{v_m C_G K a_w}{(1-K a_w)(1-K a_w + C_G K a_w)} \quad (2)$$

gdzie:

v – równowagowa zawartość wody (g H₂O/100g s.m.),

v_m – zawartość wody w monowarstwie (g H₂O/100g s.m.),

C_G – stała energetyczna Guggenheima, wyrażająca różnicę między ciepłem adsorpcji w warstwie pierwszej $\Delta h_{a,1}$, a ciepłem kondensacji Δh_k jako zależność: przy założeniu, że czynnik entropowy występujący przed funkcją wykładniczą jest równy jedności,

K – stała korygująca właściwości cząsteczek tworzących wielowarstwę w porównaniu do fazy ciekłej,

a_w – aktywność wody (–) (Figura i Teixeira, 2007).

Parametry obu równań wyznaczono, stosując regresję nieliniową i algorytm Monte Carlo, co pozwoliło na uniknięcie zatrzymania procesu estymacji przez lokalne minimum. Funkcją celu była minimalizacja sumy kwadratów

odchyień (SKO). Wartości błędów standardowych wyznaczonych parametrów obu równań szacowano przy wykorzystaniu makropolecenia SolverAid bazującego na macierzy Hessego. Przydatność obu modeli do opisu danych doświadczalnych oceniono na podstawie średniego błędu kwadratowego (RMS) wyrażonego w % (Ociecek i Schur, 2015).

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum (v_e - v_o)^2}{\frac{v_e}{N}}} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:

v_e – doświadczalna równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

v_o – prognozowana równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

N – liczba danych (Pałacha i Sas, 2016).

Na podstawie wyznaczonej przy użyciu obu modeli wartości v_m oszacowano powierzchnię właściwą sorpcji a_{sp} , jako zależność zachodzącą pomiędzy objętością pary wodnej zaadsorbowanej w temperaturze niższej, od temperatury wrzenia oraz tzw. powierzchnią siadania wody, w oparciu o równanie:

$$a_{sp} = \omega \frac{v_m}{M} N \quad (4)$$

gdzie:

a_{sp} – powierzchnia właściwa sorpcji (m²/g),

ω – powierzchnia siadania wody (1,05 · 10⁻¹⁹ m²/cząsteczkę),

M – masa cząsteczkowa wody (18 g/mol),

N – liczba Avogadra (6,023 · 10²³ cząsteczek/mol) (Ociecek i Schur, 2015).

Natomiast rozmiary i objętość kapilar badanego materiału wyznaczono dla obszaru kondensacji kapilarnej stosując równanie Kelvina i zakładając cylindryczny kształt kapilar w oparciu jedynie o dane po transformacji GAB:

$$\ln a_w = \frac{2\sigma v}{r_k RT} \quad (5)$$

gdzie:

$\ln a_w$ – logarytm naturalny z aktywności wody (-),

σ – napięcie powierzchniowe cieczy w temperaturze T (N/m),

v – objętość molowa adsorbatu (m³/mol),

r_k – promień kapilary (nm),

R – uniwersalna stała gazowa (kJ/mol·K),

T – temperatura procesu (K) (Ociecek i Schur, 2015).

Ograniczenie to uzasadnione jest tendencją równania BET do zawyżania przewidywanej ilości pary zaadsorbowanej przez sorbent przy wysokim jej ciśnieniu, co uwarunkowane jest jego liniową postacią.

WYNIKI I DISKUSJA

Wśród najczęściej wymienianych parametrów mających wpływ na właściwości przechowalnicze suchych i sypkich produktów wyróżnia się zawartość i aktywność wody. Bowiem decydują one o kierunku i dynamice zmian zachodzących podczas przechowywania. Produkt spożywczy osiąga najwyższą stabilność przy aktywności wody odpowiadającej zawartości wody w warstwie monomolekularnej (Ociecek i in., 2020; Ociecek i Ruszkowska, 2018; Rahman, 2009).

Tabela 2. Średnia początkowa zawartość i aktywność wody badanych mlek modyfikowanych.

Produkt	Badane parametry	
	zawartość wody \pm SD [g H ₂ O/100 g s.m.]	aktywność wody \pm SD [-]
ProSyneo HA 1	5,6873 \pm 0,3044	0,1047 \pm 0,0219
Bez laktozy	5,145 \pm 0,3316	0,0897 \pm 0,0001
Nental Home ProExpert	5,7673 \pm 0,4717	0,1336 \pm 0,0004

Początkowa zawartość wody w badanych próbkach mlek modyfikowanych była stosunkowo niska, ponieważ mieściła się w zakresie od 5,145 do 5,77 g H₂O/100 g s.m. (tab. 2). W literaturze wskazuje się, że mleko w proszku jest produktem zawierającym od 3 do 5 g H₂O/100 g s.m. (Ociecek, 2021). Tak niska jej zawartość pozwala na znaczące obniżenie aktywności. W badanych próbkach mleka stwierdzono bardzo niski poziom aktywności wody (0,0897-0,1336), który gwarantował ich stabilność mikrobiologiczną. Bowiem jak podaje Pałacha (2008) rozwój jakichkolwiek drobnoustrojów jest możliwy dopiero przy aktywności wody przekraczającej poziom 0,6. Niska aktywność wody wskazuje na silne związanie wody z matrycą badanych proszków i jest jednym z dwóch czynników, obok temperatury otoczenia, które decydują o jego stabilności (Ociecek, 2021).

O zdolności matrycy do wiązania wody decyduje przede wszystkim udział substancji o właściwościach hydrofilowych takich jak białka i węglowodany. Według badań Pałachy (2019) wysoka zawartość substancji hydrofobowych, takich jak tłuszcze, podwyższa aktywność wody materiału. Substancje hydrofobowe nie wiążą cząsteczek wody a jedynie je porządkują. Woda przy ich powierzchni zachowuje się więc jak woda wolna.

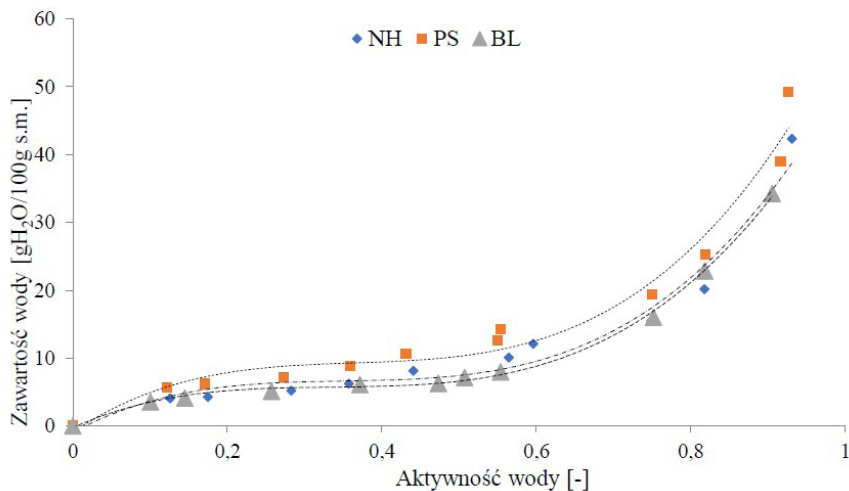
Na podstawie analizy informacji zawartych na opakowaniach jednostkowych badanych mlek modyfikowanych stwierdzono, że mieszanką mleka modyfikowanego bogatą w tłuszcz, było mleko dla wcześniaków z niską masą urodzeniową, czego konsekwencją była również wyższa wartość kaloryczna tego mleka. Natomiast w dwóch pozostałych mieszankach zawartość tłuszczu była niższa i kształtowała się na podobnym poziomie (tab.1). Najwyższą zawartość białka odnotowano w mieszance mleka modyfikowanego NH, czyli przeznaczonej dla wcześniaków z niską masą urodzeniową (2,1 g/100 ml gotowego produktu). Nieco niższą (1,5 g/100 ml gotowego produktu) w mleku modyfikowanym PS, pozbawionym białka mleka krowiego, zaś najniższą w (1,3 g/100 ml gotowego produktu) mleku modyfikowanym bez laktozy BL. Zawartość węglowodanów we wszystkich badanych mieszankach mlekozastępczych była na podobnym poziomie i wahała się w wąskim zakresie między 7,2-7,6 g/100 ml gotowego produktu. Jednak w przypadku mieszanki dla niemowląt z alergią pokarmową na białka mleka krowiego (PS) oraz dla wcześniaków z niską masą urodzeniową (NH) odnotowano wysoki (6,2-7,1 g/100 ml gotowego produktu) udział cukrów. W przypadku modyfikowanego mleka bez laktozy (BL) udział cukrów był znacząco niższy (1,2 g/100 ml gotowego produktu).

Na podstawie danych dotyczących zawartości wody oraz składu chemicznego badanych proszków stwierdzono, że stan wody w nich obecnej był pochodną przede wszystkim jej ilości (wartość indeksu korelacji $R=0,8332$ świadczy o znacznej sile związku między badanymi zmiennymi), choć nie mógł być wyjaśniony jedynie tym czynnikiem. Zaznaczyć bowiem należy, że stan wody w badanych proszkach był niewątpliwie uwarunkowany również ich składem chemicznym, przede wszystkim zaś relacją składników hydrofilowych do hydrofobowych. Otóż mleko NH cechujące się wysoką zawartością wody i tłuszczu wykazywało jednak ograniczony poziom aktywności wody. Fakt ten tłumaczyć należy wysokim udziałem silnie hydrofilowej frakcji białkowej. Wyniki badań Hebrarda i in. (2003) wykazały, że białka mąki pszennej charakteryzują się około pięciokrotnie większą pojemnością hydratacyjną niż skrobia mąki pszennej.

Kształt izotermy sorpcji (rys. 1) wskazuje na mechanizm wiązania wody oraz informuje o zmianach, które mogą zachodzić w czasie przechowywania produktów w określonych warunkach. Tę charakterystyczną dla każdego produktu zależność można przedstawić w formie graficznej lub w postaci parametrów matematycznych modeli służących ich opisowi. Do opisu izoterm sorpcji pary wodnej wybranych mieszanek mleka modyfikowanych zastosowano teoretyczne modele BET i GAB.

Izotermy sorpcji wody cechowała ciągłość przebiegu w całym zakresie a_w , co świadczy o tym, że sorpcja pary wodnej nie wywoływała zmiany stopnia uporządkowania struktury matrycy. Ponadto wszystkie izotermy miały kształt sigmoidalny, charakterystyczny dla produktów o dominującym udziale białka i złożonych węglowodanów. Taki kształt izotermy sorpcji wskazuje, że proces adsorpcji wody przebiegał w trzech etapach. W pierwszym z nich molekuly wody zajęły wszystkie wolne grupy hydrofilowe. Pierwszy punkt przegięcia na krzywych sorpcji odpowiadał takiej zawartości wody, która pozwalała na obsadzenie wszystkich grup hydrofilowych, a tym samym wypełnienie warstwy jednocząsteczkowej. Woda monomolekularna jest najsilniej związana z materiałem, tym samym nie stanowi środowiska niezbędnego do przebiegu zmian o charakterze hydrolitycznym (Rahman, 2009). Jednocześnie woda tworząca monowarstwę stanowi swego rodzaju fizyczną ochronę produktu przed niekorzystnymi zmianami związanymi z oddziaływaniem tlenu. Przekroczenie ilości wody odpowiadającej monowarstwie wskazuje na rozwijanie się zjawiska pochłaniania wielowarstwowego. Adsorpcja wielowarstwowa wskazywana jest jako drugi etap sorpcji, podczas którego zmieniają się właściwości mechaniczne mleka modyfikowanego i wyraźnie rośnie dynamika reakcji chemicznych i biochemicznych. Te zaś należy traktować jako krytyczne przede wszystkim dla jakości proszków mlecznych, które prowadzą do gwałtownego obniżenia wartości takich produktów. Trzeci etap w procesie sorpcji opisywany jako zjawisko kondensacji kapilarnej obejmuje systematyczne wypełnianie wodą mikro-, mezo- a następnie makrokapilar występujących na powierzchni matrycy. To zaś radykalnie zwiększa dynamikę wszystkich procesów biochemicznych oraz umożliwia namnażanie się szerokiego spektrum drobnoustrojów czemu towarzyszyć również może wytwarzanie przez te drobnoustroje toksyn (Rahman, 2009; Figura i Teixeira, 2007).

Rysunek 1. Izotermy sorpcji badanych proszków mleka modyfikowanego (NH-Nental Home; PS-ProSy; BL-Bez Laktozy) wyznaczone w temperaturze 20°C



Źródło: Opracowanie własne.

Statystyczna ocena przebiegu izoterm sorpcji w całym zakresie a_w , zrealizowana z zastosowaniem testu t -Studenta różnic między średnimi dla par wiązanych wykazała, że pomiędzy izotermami sorpcji wszystkich badanych proszków mlecznych istnieje statystycznie istotna różnica ($t_{kryt.} = 2,228$; $t_{obl.NH/PS} = 6,234$; $t_{obl.NH/BL} = 3,940$; $t_{obl.PS/BL} = 7,265$).

Zjawiska prowadzące do zmian jakości produktów higroskopijnych w wyniku powierzchniowego ich oddziaływania z wodą cechuje pewna przewidywalność. Dlatego dążąc do zapewnienia optymalnych warunków ich przechowywania należy szacować zakresy takich krytycznych parametrów jak temperatura i wilgotność otoczenia, które pozwolą na zapewnienie stabilności (Ociecek i in., 2021).

Kolejnym etapem postępowania analitycznego było poddanie danych empirycznych opisujących izotermy sorpcji transformacji numerycznej. W pracy zastosowano dwa modele teoretyczne BET i GAB, których parametrem przypisuje się określone znaczenie fizyczne (Andrade i in., 2011).

Jednym z walorów równania BET jest to, że umożliwia szacowanie ilości wody, która będzie silnie związana przez grupy polarne suchej matrycy, tworząc monowarstwę (v_m). Aktywność wody odpowiadająca monowarstwie wskazuje na stopień związania cząsteczek wody z matrycą. Drugim istotnym parametrem w modelu BET jest stała energetyczna (C_B), opisująca różnicę

energii koniecznej do wywołania desorpcji wody z monowarstwy i odparowania ciekłego adsorbentu (Ociecek i in., 2021). Ponadto dokonano oszacowania jednego z parametrów, służących charakterystyce mikrostruktury powierzchni cząstek badanych proszków, jakim była powierzchnia właściwa sorpcji (a_{sp}). Zestawienie wszystkich wyników przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry modelu BET badanych próbek mleka modyfikowanego w proszku.

Parametr	PS		BL		NH	
	Wartość	SD	Wartość	SD	Wartość	SD
v_m (g H ₂ O/100 g s.m.)	3,6679	±0,7263	3,4145	±0,9962	1,9236	±0,3961
a_w (-)	0,0785		0,0966		0,0594	
C_B (-)	1,3377	±0,1799	1,0205	±0,2143	1,6847	±0,2241
a_{sp} (m ² /g)	128,9		120,0		67,6	
SKO (-)	0,7824	±0,5107	0,6539	±0,4669	0,4555	±0,3897
RMS (-)	3,7924		7,0486		3,9201	

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując wartość SKO stwierdzono, że model BET dobrze i ze zbliżoną dokładnością (w zakresie od 0,07 do 0,44) opisywał proces sorpcji pary wodnej we wszystkich badanych próbkach mleka modyfikowanego. Ponadto opierając się na wynikach innych badaczy (Ociecek i Ruszkowska, 2018; Pałacha i Sas, 2016) przyjęto, że wielkość średniego błędu kwadratowego (RMS) na poziomie niższym niż 10% jest dobrą zgodnością dopasowania modelu do danych sorpcyjnych w wybranym zakresie aktywności wody. W związku z tym stwierdzono, że modelowanie z wykorzystaniem równania BET przyniosło oczekiwane rezultaty dla wszystkich badanych próbek mleka modyfikowanego. Parametry równania BET uznać można za miarodajne i porównywalne.

Niskie wartości parametru C_B wskazują na fizyczny charakter badanego zjawiska. Jednocześnie podkreślić należy, że fizyczne zmiany uwarunkowane higroskopijnymi właściwościami proszku mogą prowadzić do istotnych zmian jego jakości a nawet bezpieczeństwa.

Badane mleka modyfikowane dla utrzymania stabilności przechowalniczej wymagają szczelnych opakowań jednostkowych, pozwalających na utrzymanie niskiej zawartości wody, odpowiadającej wartości parametru v_m (1,92-3,67 g H₂O/100 g s.m.). Proszki te pozostawałyby w równowadze dynamicznej jedynie z atmosferą o bardzo niskiej wilgotności względnej (5,94-9-66%). Wraz ze wzrostem zawartości wody w żywności w proszku wzrasta

dynamika reakcji chemicznych i biochemicznych oraz następuje pęcznienie i zmiękczenie substancji, a także rozpuszczanie niektórych składników (Ociecek, 2021; Rahman, 2009).

Model GAB charakteryzuje się szerszym zakresem poprawnego opisywania izoterm niż model BET a jednocześnie umożliwia przeniesienie otrzymanych wyników do innych temperatur. Równanie GAB pozwala oszacować takie parametry (tab. 4) jak: v_m , odpowiadający monowarstwie; C_G , opisujący stałą energetyczną oraz K , będący stałą proporcjonalności, która określa różnicę standardowego potencjału chemicznego pomiędzy cząsteczkami wody tworzącymi wielowarstwę a tymi, które znajdują się w czystym stanie ciekłym (Andrade, 2011).

Tabela 4. Parametry modelu GAB badanych próbek mleka modyfikowanego w proszku.

Parametr	PS		BL		NH	
	Wartość	SD	Wartość	SD	Wartość	SD
v_m (g H ₂ O/100 g s.m.)	5,9315	±0,5661	7,0758	±2,6014	4,5773	±0,2232
a_w (-)	0,1453		0,0444		0,2096	
C_G (-)	58,5607	±146,24	2,6388	±2,2625	25,8933	±19,4427
K (-)	0,9400	±0,0145	0,8767	±0,0669	0,9565	±0,0064
$o.o.k.$ (nm ³ /100 g s.m.)	146,5		80,2		123,2	
a_{sp} (m ² /g)	208,4		248,6		160,8	
r_k (nm)	1,63		1,35		1,26	
SKO (-)	31,9657	±1,9989	28,8665	±2,0307	5,8334	±0,8539
RMS (-)	6,9941		27,2554		6,5824	

Źródło: Opracowanie własne.

Jak podaje Lewicki (1997), wartość parametru K mieszcząca się w zakresie $0,24 \pm 1$ świadczy o przydatności modelu GAB do analizy procesu sorpcji, co zostało spełnione w przypadku badanych rodzajów mleka modyfikowanego. Dodatkowo stosunkowo niskie wartości RMS również wskazują, że proces sorpcji pary wodnej badanych produktów został opisany za pomocą modelu GAB w sposób pozwalający na prowadzenie analizy porównawczej.

Istotnym parametrem modelu GAB jest wielkość monowarstwy. Uzyskane wyniki wskazują, że znacząco większą monowarstwę charakteryzował się produkt BL – mieszanka mleka modyfikowanego bez laktozy niż produkt

NH – mieszanka mleka modyfikowanego przeznaczona dla wcześniaków z niską masą urodzeniową (tab. 4).

Jak podaje Caurie (2006) wartość $K > 0,5$ wskazuje, że badane zjawisko polegało na tworzeniu wielowarstwowej struktury cząsteczek wody wokół powierzchni suchej matrycy. Przy odpowiednio wysokim stopniu wysycenia następowała również kondensacja kapilarna, podczas której w pierwszej kolejności wypełnieniu ulegały pory o najmniejszym promieniu.

Dodatkowo w toku badań przeprowadzono analizę danych po transformacji, która pozwoliła na oszacowanie parametrów charakteryzujących mikrostrukturę powierzchni cząstek badanych proszków, takich jak powierzchnia właściwa sorpcji (a_{sp}), ogólna objętość kapilar (*o.o.k.*) oraz promień kapilary (r_k), wypełniających się w pierwszej kolejności w wyniku kondensacji. Wielkość powierzchni właściwej sorpcji bardzo różnicowała badane mleka modyfikowane w proszku. Ponadto parametrem różnicującym badane mleka modyfikowane pod względem ich jakości i podatności na przechowywanie była ogólna objętość kapilar. Tym samym stwierdzić można, że mleka modyfikowane różniły się pod względem struktury fizycznej powierzchni. Jednocześnie w badanych produktach mlekozastępczych stwierdzono niewielką zmienność wielkości promienia mikrokapilar, gdyż mieściła się ona w zakresie od 1,26 do 1,63 nm. Stąd stwierdzono, że cząstki badanych mlek modyfikowanych charakteryzowały się bardzo zróżnicowaną strukturą wewnętrzną, szczególnie zaś długością kapilar.

Badane mleka modyfikowane istotnie różniły się pod względem właściwości higroskopijnych, co stwierdzono zarówno na podstawie opisu graficznego jak i porównania wyników uzyskanych przy użyciu transformacji matematycznych danych empirycznych. Uzyskane wyniki wskazują, że zarówno skład chemiczny jak i struktura fizyczna cząstek decydują o właściwościach higroskopijnych mlek modyfikowanych w proszku a ich stabilność przechowalnicza jest wypadkową tych parametrów.

WNIOSKI

Skład chemiczny badanych mlek modyfikowanych w proszku był różnicowany i warunkował ich właściwości higroskopijne. W konsekwencji potencjalnie wpływał na ich stabilność przechowalniczą. Wysoka zawartość takich substancji hydrofilowych jak białka czy węglowodany prowadzi do podwyższenia zdolności koordynowania cząsteczek wody w warstwie powierzchniowej.

Cząsteczki badanych produktów były zróżnicowane pod względem struktury fizycznej co potwierdza zróżnicowanie wielkości ogólnej objętości kapilar oraz powierzchni właściwej sorpcji.

Zastosowanie matematycznych modeli izoterm sorpcji pary wodnej pozwoliło na porównanie predyspozycji produktów w postaci proszku do przechowywania w określonych warunkach, co wskazuje na ich przydatność praktyczną a nie jedynie teoretyczne zastosowanie.

Przydatność równań do opisu procesu sorpcji była nieco zróżnicowana, przy czym lepsze dopasowanie do danych pierwotnych wykazało równanie BET. Natomiast ze względu na szerszy zakres danych pierwotnych wykorzystanych przez równanie GAB należy je wskazać jako bardziej użyteczne.

BIBLIOGRAFIA

1. Andrade R. D., Lemus R. M., Pérez C. C., *Models of sorption isotherms for food: uses and limitations*, Vitae, J. Faculty of Pharmaceutical Chemistry, 2011, 18(3), s. 325-334.
2. Atkins P. W., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 2003.
3. Caurie M., *The derivation of the GAB adsorption equation from the BDDT adsorption theory*, International Journal of Food and Technology, 41, 2006, s. 173-179.
4. Figura L. O., Teixeira A. A., *Food Physics, Physical Properties, Measurement and Applications*, Springer-Verlag, 2007, Berlin Heidelberg.
5. Hebrard A., Oulahna D., Galet L., Cuq B., Abecassis J., Fages J., *Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size and temperature*, Powder Technology, 2003, 130, s. 211-218.
6. Kuberska D., Suchta K., *Marka jako determinanta zakupu na rynku certyfikowanej żywności dla niemowląt i małych dzieci*, Marketing i Zarządzanie, 2016, 3, 44, s. 351-360.
7. Królczyk J. B., Gronek P., Matuszek D., Jakubowski T., *Alergia pokarmowa dzieci powiatu kluczborskiego*, Nauka, Przyroda, Technologie, 2018, 12(2), s. 173-183, DOI: <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00240>.

8. Lewicki P. P., *The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms*, International Journal of Food Science & Technology, 1997, 32(6), s. 553-557.
9. Nidek M., Krajewski K., *The Problem of Food Wasting in Poland and Shaping the Pattern of Sustainable Consumption*, Studia Ecologica et Bioethicae, 2021, 19 (2), s. 17-28.
10. Ociecek A., *Podstawy przechowalnictwa żywności dla dietetyków*, Wydawnictwo UMG, Gdynia 2021.
11. Ociecek A., Mesinger D., Kamińska D., 2021, *Porównanie właściwości sorpcyjnych wybranych typów kaszek dla dzieci w kontekście szacowania ich stabilności przechowalniczej*, Żywność a oczekiwania współczesnego konsumenta, Kraków.
12. Ociecek A., Ruszkowska M., *Porównanie właściwości sorpcyjnych ziarna wybranych odmian komosy ryżowej*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2018, 25, 3 (116), s. 71-88.
13. Ociecek A., Puksza T., Chilumbo V., *Comparison of sorption properties of black pepper of different fineness levels using selected models*, International Agrophysics, 2020, 34 (2), s. 161-171.
14. Ociecek A., Schur J., *Ocena wpływu wybranych dodatków na właściwości sorpcyjne miękiszu pieczywa pszennego*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2015, 1 (98), s. 143-154.
15. Pałacha Z., *Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności*, Przemysł Spożywczy, 2008, 4, s. 22-26.
16. Pałacha Z., *Analysis of water activity in selected fruit products*, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2019, 1, s. 18-22.
17. Pałacha Z., Sas A., *Sorption properties of selected species of rice*, Acta Agrophysica, 2016, 23 (4), s. 681-694.
18. Peckenpaugh N. J., *Podstawy żywienia i dietoterapia*, Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2011.
19. Rahman M. S., *Food stability beyond water activity and glass transition: macro-micro region concept in the state diagram*, International Journal of Food Properties, 2009, 12, s. 726-740.

20. Ruszkowska M., Palich P., *Characteristics of sorption properties of selected powdered food products*, *Pol. J. Natur. Sc.*, 2016, 31 (2), s. 263-273.
21. Szczapa J., *Żywienie wcześniaków po wypisaniu ze szpitala*, *Postępy neonatologii*, 2018, 24 (1), s. 53-58.
22. Zdrojewicz Z., Herman M., Sałamacha M., Starostecka E., *Ludzkie mleko – fakty i mity*, *Pediatr. Med. Rodz.*, 2017, 13(1), s. 11-20, DOI: 10.15557/PiMR.2017.0001.

HYGROSCOPIC PROPERTIES OF SELECTED TYPES OF POWDER MODIFIED MILK AS A DETERMINANT OF THEIR STORAGE STABILITY

Summary: The water content and activity are extremely important indicators of the safety and stability of powdered food. These parameters, in combination with the chemical composition of powdered food, can provide important information about its hygroscopic properties, which determine the susceptibility to storage. Therefore, the aim of the work is to determine and compare the sorption properties of selected types of infant formula milk in the context of their storage stability. The study assumes that: 1) The chemical composition of powdered modified milk determines its sorption properties and thus its durability; 2) The use of mathematical models of sorption isotherms makes it possible to compare the stability of powdered products stored under specific conditions.

Keywords: Sorption isotherm, BET model, GAB model, modified milk, storage stability.



ISBN 978-83-67074-58-2