



# ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

---

# FOOD

Science Technology Quality

Nr 4 (121)

Kraków 2019

Rok 26

**Redaktor naczelny:** prof. dr hab. Lesław Juszczyk; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl; tel. 12 662-47-78  
**Zastępca redaktora naczelnego:** dr hab. inż. Mariusz Witczak, prof. UR  
**Sekretarz redakcji (kontakt z autorami):** mgr inż. Jadwiga Ślawska; e-mail: redakcja@pttz.org; tel. 12 662-48-30; 609-800-458

**Redaktorzy tematyczni:** prof. dr hab. Grażyna Jaworska (żywność pochodzenia roślinnego), prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska (mikrobiologia, bezpieczeństwo i higiena żywności), prof. dr hab. Krzysztof Krygier (technologia tłuszczów, żywność funkcjonalna), prof. dr hab. Irena Ozimek (zachowania konsumentów na rynku żywności), prof. dr hab. Edward Pospiech (nauka o mięsie), dr hab. Anna S. Tarczyńska (mleczarstwo, zarządzanie jakością)

**Redaktor językowy (język polski):** dr Anna Piechnik

**Native speaker:** Stanley Holt (Bolton, UK)

**Redaktor statystyczny:** dr hab. Mariusz Witczak

**Stali współpracownicy:** dr Grażyna Morkis (Kraków)

**Rada Naukowa:** prof. dr hab. Tadeusz Sikora (przewodniczący), prof. dr hab. Barbara Baraniak, prof. dr Henryk Daun (USA), prof. dr hab. Teresa Fortuna, prof. dr hab. Mariola Friedrich, prof. dr Jozef Golian (Słowacja), prof. dr hab. Anna Gramza-Michałowska, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr Jerzy Jankun (USA), prof. dr hab. Henryk Jeleń, prof. dr Miroslava Kačániiová (Słowacja), prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr Józef Korolczuk (Francja), prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, prof. dr hab. Katarzyna Majewska, prof. dr hab. Jan Oszmiański, prof. dr hab. Mariusz Piskula, prof. dr Jan Pokorný (Czechy), prof. dr Roman Przybylski (Kanada), prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, dr Andrzej Sośnicki (USA), prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, dr John Wojciak (Kanada).

**WYDAWCA:** POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNÓŚCI WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994-1999 wydawcą czasopisma był Oddział Małopolski PTTŻ

© *Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2019*  
*Printed in Poland*

**e-ISSN 2451-0777      ISSN 2451-0769**

Czasopismo w postaci elektronicznej jest wersją główną (pierwotną)

**ADRES REDAKCJI:** 30-149 KRAKÓW, ul. Balicka 122

Projekt okładki: Jolanta Czarnecka

Zdjęcie na okładce: mikelaptev-Fotolia.com

---

**SKŁAD I DRUK:**



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków

Tel. 608 024 572

e-mail: wn@akapit.krakow.pl; www.akapit.krakow.pl

# ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – kwartalnik

Nr 4 (121)

Kraków 2019

Rok 26

## SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
MIKOŁAJ NIEDEK, SYLWIA ŁABA, ANNA KAMIŃSKA-DWÓRZNIKA, KAROL KRAJEWSKI, KRYSZTOF SZCZEPAŃSKI: Definiowanie strat i marnotrawstwa żywności.....	5
PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK: Dojrzewanie mięsa wołowego na sucho – aspekty technologiczne .....	17
HALINA MAKAŁA: Zastosowanie metody wysokich ciśnień w przetwórstwie mięsa i produktów mięsnych .....	38
EWELINA WĘSIERSKA: Ocena ilościowego i jakościowego składu mikroflory surowych wędlin dojrzewających za pomocą nowoczesnych metod diagnostycznych .....	54
MAGDALENA ŚWIĄTEK, WŁODZIMIERZ BEDNARSKI, KAROLINA SZYMAŃSKA, MARIUSZ ŚLIWIŃSKI: Żywieniowe i technologiczne aspekty występowania galaktozy w mleku i produktach mlecznych .....	66
AGATA ZNAMIROWSKA, MAGDALENA BUNIOWSKA, KATARZYNA SZAJNAR: Zastosowanie koncentratu i izolatu białek serwatkowych do produkcji mleka fermentowanego przez <i>Bifidobacterium</i> <i>animalis</i> ssp. <i>Lactis</i> Bb-12.....	77
ANNA ŁEPECKA, DOROTA ZIELIŃSKA, MONIKA BREJNAK, ALEKSANDRA OŁDAK, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Właściwości technologiczne szczepu <i>Lactobacillus rhamnosus</i> K3 wyzolowanego z kiszzonej kapusty i jego potencjalne wykorzystanie jako kultury startowej do żywności fermentowanej .....	89
ANNA WIRKIJOWSKA, PIOTR ZARZYCKI, KAZIMIERZ NOWOROLNIK, DANUTA LESZCZYŃSKA: Wpływ nawożenia azotowego na wartość technologiczną ziarna jęczmienia jarego .....	102
PATRYCJA SOWA, MARIA TARAPATSKYY, CZESŁAW PUCHALSKI, MAŁGORZATA DŻUGAN: Ocena jakości cynamonu dostępnego na polskim rynku na podstawie określenia stosunku zawartości aldehydu cynamonowego i kumaryny.....	113
WACŁAW ADAMCZYK: Rola ekoinnowacji w rozwoju produktów zrównoważonych.....	126
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym .....	136
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki .....	140
IZABELA SINKIEWICZ: Jubileusz 90-lecia urodzin prof. dr hab. Zdzisława Edmunda Sikorskiego.....	143
Prof. dr hab. Tadeusz Sikora Honorowym Profesorem Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie .....	147
<b>Technolog Żywności.....</b>	<b>152</b>
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 118 - 121 .....	156
Wykaz nazwisk Autorów w 2019 roku .....	160
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2019 roku .....	162

*Zamieszczone artykuły są recenzowane*

*Czasopismo jest referowane przez: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon,  
Index Copernicus, CrossRef*

# FOOD. Science. Technology. Quality

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

No 4 (121)

Kraków 2019

Vol. 26

## CONTENTS

From the Editor.....	3
MIKOŁAJ NIEDEK, SYLWIA ŁABA, ANNA KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA, KAROL KRAJEWSKI, KRYSTIAN SZCZEPAŃSKI: Definitions of food losses and waste.....	5
PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK: Dry ageing of beef – technological aspects.....	17
HALINA MAKAŁA: High-pressure method applied in processing of meat and meat products.....	38
EWELINA WĘSIERSKA: Evaluation of quantitative and qualitative composition of microflora of raw ripened meats with modern diagnostic methods.....	54
MAGDALENA ŚWIĄTEK, WŁODZIMIERZ BEDNARSKI, KAROLINA SZYMAŃSKA, MARIUSZ ŚLIWIŃSKI: Nutritional and technological aspects of occurrence of galactose in milk and milk products.....	66
AGATA ZNAMIROWSKA, MAGDALENA BUNIEWSKA, KATARZYNA SZAJNAR: Application of whey protein concentrate and isolate in the production of milk fermented by <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>Lactis</i> Bb-12.....	77
ANNA ŁEPECKA, DOROTA ZIELIŃSKA, MONIKA BREJNAK, ALEKSANDRA OŁDAK, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Technological properties of <i>Lactobacillus rhamnosus</i> K3 isolated from fermented cabbage and its potential use as starter culture for fermented food products.....	89
ANNA WIRKIJOWSKA, PIOTR ZARZYCKI, KAZIMIERZ NOWOROLNIK, DANUTA LESZCZYŃSKA: Effect of nitrogen fertilisation on technological value of spring barley grain.....	102
PATRYCJA SOWA, MARIA TARAPATSKYY, CZESŁAW PUCHALSKI, MAŁGORZATA DŻUGAN: Quality evaluation of cinnamon marketed in Poland on the basis of determining ratio of cinnamaldehyde- to-coumarin content.....	113
WACŁAW ADAMCZYK: The role of eco-innovations in developing sustainable products.....	126
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation.....	136
LESŁAW JUSZCZAK: Book reviews.....	140
IZABELA SINKIEWICZ: The 90th anniversary of the birth of Professor Z. E. Sikorski.....	143
TADEUSZ SIKORA - Professor, Ph.D. has been awarded a Honorary Professor degree by the Lublin University of Life Science.....	147
<b>The Food Technologist.....</b>	<b>152</b>
Annual contents.....	156
Index of Authors.....	160
Index of Reviewers.....	162

---

*Only reviewed papers are published*

*Covered by: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef*

## OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu nr 4 (121) czasopisma *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce, zawierające wyniki badań z krajowych ośrodków zajmujących się nauką o żywności.

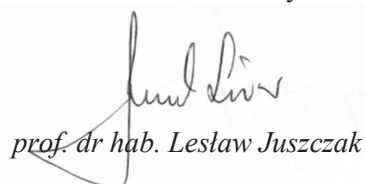
Szanowni Państwo, mija 25 lat od powstania naszego czasopisma. Dzięki staraniom założyciela i ówczesnego Redaktora Naczelnego, Profesora Tadeusza Sikory, pierwszy numer czasopisma „*Żywność. Technologia. Jakość*” ukazał się w 1994 roku i zawierał sześć artykułów. Przez minione 25 lat ukazało się 121 numerów czasopisma, w których opublikowaliśmy 2158 artykułów z zakresu nauk o żywności i żywieniu.

Jubileusz 25-lecia jest okazją do podziękowania wszystkim, których praca pozwoliła na nieprzerwane funkcjonowanie Wydawnictwa i stałe podnoszenie poziomu naukowego publikacji. Podziękowania te należy skierować do Przewodniczącego Rady Naukowej, Prof. Tadeusza Sikory, członków Rady, Redaktorów Działowych, Sekretarzy Redakcji oraz Recenzentów, dbających o standardy publikowanych prac. Podziękowania za współpracę należą się również Autorom, bez których udziału funkcjonowanie czasopisma nie byłoby możliwe.

W ramach uproszczenia cyklu wydawniczego Redakcja uruchomiła na stronie internetowej czasopisma elektroniczny system (Editorial System) zgłaszania prac do opublikowania. W systemie tym funkcjonuje również panel recenzyjny wspomagający ocenę przysyłanych prac i samą pracę recenzentów. Działanie to było możliwe dzięki wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego środkami przeznaczonymi na działalność upowszechniającą naukę. Mamy nadzieję, że wdrożenie nowej procedury zgłaszania artykułów będzie stanowić ułatwienie w działalności publikacyjnej.

Kraków, grudzień 2019 r.

Redaktor Naczelny



*prof. dr hab. Lesław Juszcak*

## KOMUNIKAT

W latach 2019 – 2020 Wydawnictwo Naukowe PTTŻ realizuje zadanie z zakresu upowszechniania publikacji naukowych, które ukazały się na łamach czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość:

„Digitalizacja publikacji naukowych wydanych w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w latach 2019-2020 w celu zapewnienia otwartego dostępu do nich przez sieć Internet”.



**Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego**

*Zadanie finansowane jest w ramach umowy nr 900/P-DUN/2019 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.*

MIKOŁAJ NIEDEK, SYLWIA ŁABA, ANNA KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA,  
KAROL KRAJEWSKI, KRYSZTOF SZCZEPAŃSKI

## DEFINIOWANIE STRAT I MARNOTRAWSTWA ŻYWOŚCI

### Streszczenie

W artykule dokonano przeglądu i porównania wybranych definicji związanych z problematyką strat i marnotrawstwa żywności, sformułowanych przez reprezentatywne instytucje i organizacje na poziomie globalnym i europejskim. Normatywną zasadą nakazującą przeciwdziałanie stratom i marnotrawstwu żywności jest zasada trwałego i zrównoważonego rozwoju, której cel 12.3 wyznaczony przez ONZ nakazuje zmniejszenie ich o połowę do roku 2030. W artykule skupiono się na definicjach takich terminów, jak: żywność, straty oraz marnotrawstwo żywności, ale również: ubytki naturalne, produkty uboczne i odpady żywnościowe, wypracowanych w ramach projektów FLW Standard i FUSIONS. Z przeanalizowanych i przytoczonych stanowisk wynika, że terminy te mogą być różnie rozumiane i definiowane, w zależności od potrzeb, celów i obszaru stosowania danej definicji. Widoczne są rozbieżności w ustalaniu punktu początkowego pomiaru strat i marnotrawstwa. W ujęciu globalnym powinny być one uwzględniane również na etapie przed zbiorami żywności, natomiast w ujęciu europejskim mogą być liczone dopiero na etapie po zbiorach, od kiedy rozpoczyna się łańcuch rolno-żywnościowy. Odmienne ujęcie dotyczy również produktów ubocznych, które według FAO należy traktować jako stratę i marnotrawstwo żywności, ale według definicji przyjętej w dyrektywie UE nie są one ani stratą, ani odpadem żywnościowym. Od definicji kluczowych terminów i kategorii związanych z problematyką strat i marnotrawstwa żywności zależy przedmiot i zakres ich pomiaru. Kwestie te powinny być uwzględniane w metodach badawczych pomiaru i monitorowania strat i marnotrawstwa, w tym odpadów żywności. Wytyczne w tym zakresie na poziomie UE zostały przyjęte w decyzji delegowanej KE w odniesieniu do wspólnej metody i minimalnych wymagań jakościowych jednolitego pomiaru poziomów odpadów żywności w maju 2019 r.

**Słowa kluczowe:** straty i marnotrawstwo żywności, odpady żywności, ubytki naturalne, produkty uboczne

### Wprowadzenie

Według danych Światowej Organizacji Żywności i Rolnictwa FAO, globalnie marnuje się ok. 1/3 wytwarzanej żywności, co ma wiele negatywnych skutków spo-

---

*Dr M. Niedeck, dr inż. S. Łaba, dr inż. K. Krajewski, dr inż. K. Szczepański, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Krucza 5/11D, 00-548 Warszawa, dr hab. inż. A. Kamińska-Dwórznicka, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa.  
Kontakt: [mikolaj.niedek@ios.gov.pl](mailto:mikolaj.niedek@ios.gov.pl)*

łącznych, ekonomicznych i środowiskowych [14]. Przeciwdziałania związane z marnotrawieniem żywności i redukcją jego poziomu wpisują się w koncepcję trwałego i zrównoważonego rozwoju (ang. *sustainable development*). Globalny kierunek działań w tym obszarze wyznacza cel 12.3 Celów Zrównoważonego Rozwoju ONZ, który brzmi: „Do 2030 roku zmniejszyć o połowę globalną ilość marnowanej żywności *per capita* w sprzedaży detalicznej i konsumpcji oraz zmniejszyć straty żywnościowe w procesie produkcji i dystrybucji, w tym straty powstałe podczas zbiorów”. Pierwszym krokiem do podjęcia skutecznych działań zaradczych jest właściwe oszacowanie skali strat i marnotrawstwa żywności na poziomie poszczególnych ogniw i uczestników łańcucha rolno-żywnościowego oraz na poziomie krajowym [1, 16]. Wymaga to wdrożenia systemu monitoringu i zestawu wskaźników, a to z kolei odpowiedniej metodyki badawczej [3].

Ustalenie definicji i terminologii jest pierwszym krokiem w opracowaniu adekwatnej metodyki badań wybranych procesów społeczno-gospodarczych [27]. Według Raportu IERiGŻ istnieje wiele definicji i terminów związanych ze stratami i marnotrawstwem żywności, które wykorzystywane są przez różnych uczestników łańcucha rolno-żywnościowego, „jednak na dzień dzisiejszy nie ma jednoznacznego rozróżnienia między stratami żywności, występującymi po stronie podaży a marnotrawstwem żywności występującym po stronie popytu. Często jeden termin ma wiele znaczeń bądź różny zakres, w wyniku czego nie można dokonać porównań danych opartych na różnych definicjach” [18]. Według wyników projektu FUSIONS obecna sytuacja, w której stosuje się wiele różnych definicji, prowadzi do szacowania marnotrawstwa, które obejmuje różne rodzaje zasobów, co sprawia, że trudno je ze sobą porównywać i monitorować trendy [12].

Istotnym elementem poprawnej metodologii jest więc jasny i przejrzysty system definicji, pojęć i podstawowych kategorii opisowych, analitycznych i operacyjnych. W artykule dokonano ich przeglądu na podstawie kluczowych dokumentów referencyjnych w tym zakresie tematycznym na poziomie globalnym (FAO) i Unii Europejskiej. W celu uporządkowania podjętej problematyki ważna jest odpowiednia hierarchizacja głównych kategorii pojęciowych z nią związanych. Według konwencji przyjętej przez FAO [14] podstawowymi kategoriami są pojęcia żywności (ang. *food*) oraz straty (ang. *loss*), których połączenie daje naczelną kategorię straty żywności (*food loss*), na podstawie której są definiowane pozostałe kategorie: odpadu żywnościowego (spożywczego) oraz marnotrawstwa. Do pobocznych kategorii opisowych należą: ubytki naturalne żywności (ang. *natural decrease od food*) i produkty uboczne (ang. *by-products*).



### **Globalny, unijny i krajowy poziom definiowania**

W głównym dokumencie przyjętym na poziomie globalnej instytucji ds. żywności i rolnictwa FAO, wydanym w ramach Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction (GIFLWR) [25], poświęconym definicjom związanym z problematyką strat i odpadów żywnościowych, podkreśla się znaczenie posługiwania się wspólną definicją strat i odpadów żywnościowych. Ma to na celu osiągnięcie spójnego podejścia do kwestii pozyskiwania danych, ich porównywalności (kompatybilności), właściwego monitorowania, a następnie zaprojektowania odpowiednich regulacji prawno-administracyjnych w zakresie redukcji strat i przeciwdziałania marnowaniu żywności. W swoim założeniu inicjatywa GIFLWR ma pełnić rolę koordynującą w wymianie informacji oraz zapewnianiu spójności podejmowanych inicjatyw – strategicznych, metodologicznych i badawczych. Podkreśla się w niej, że problematyka strat i marnotrawstwa żywności (ang. *food loss and waste* – FLW) ma wpływ na kwestie: bezpieczeństwa żywnościowego, gospodarkę lokalną i krajową, zasoby naturalne, strumień odpadów i środowisko, a więc na trzy istotne aspekty zrównoważonego rozwoju: społeczny, gospodarczy i ekologiczny. Odnośnie do definicji kluczowych kategorii związanych z FLW w dokumencie podkreśla się, że są one kwestią konwencji, a formułowane przez FAO definicje mają pełnić funkcję referencyjną dla każdego zainteresowanego podmiotu (interesariusza) zaangażowanego w ograniczanie strat i marnotrawstwa żywności oraz odpadów żywności.

Międzynarodowy standard szacowania i raportowania strat oraz odpadów żywnościowych – FLW Standard (*Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard*) zawiera wymogi oraz wytyczne dla rządów, przedsiębiorstw i innych podmiotów zainteresowanych identyfikacją źródeł generowania strat i odpadów żywnościowych, ich kwantyfikacją, monitorowaniem i skutecznym zarządzaniem w celu ich zmniejszenia i redukcji wpływu na środowisko. Celem tego systemu jest umożliwienie pomiaru i monitorowania w łańcuchu żywnościowym poszczególnych substancji oraz śledzenie ich przeznaczenia – miejsc docelowych. We wstępie do dokumentu określającego ten standard podkreśla się, że to, co jest uważane za straty żywności i marnotrawstwo jest bardzo różnie rozumiane i bez spójnego zestawu definicji oraz systemu ich obliczania, monitorowania i raportowania trudno będzie porównywać dane zarówno w obrębie jednego podmiotu gospodarczego, jak i na przestrzeni czasu oraz wyciągać z tego praktyczne wnioski [10].

Na poziomie UE szerokim projektem badawczym poświęconym opracowaniu metodyki pomiaru i docelowo przeciwdziałaniu stratom i marnotrawstwu żywności w krajach UE był projekt FUSIONS, zrealizowany w ramach Programu Ramowego 7 Komisji Europejskiej w latach 2012 - 2016. W Raporcie opublikowanym w jego wyniku, poświęconym ramom definicyjnym odpadów żywności, dokonano obszernego przeglądu literatury i definicji terminów związanych z problematyką strat i marnotraw-

stwa dla każdego etapu łańcucha żywnościowego [12]. Wynika z niego, że kluczowe terminy mogą być odmiennie definiowane na poszczególnych etapach łańcucha żywnościowego i przez jego różnych uczestników i interesariuszy (producentów, przetwórców, dystrybutorów, handel hurtowy i detaliczny, punkty gastronomiczne, gospodarstwa domowe) oraz zależnie od branży [22]. Stanowi to istotny czynnik niespójności oraz ryzyka metodologicznego w badaniu strat, marnotrawstwa i odpadów żywnościowych, które powinno być odpowiednio oszacowane i zarządzane. Wyniki projektu FUSIONS potwierdziły też problem z dostępnością i jakością danych [11]. Z tego powodu nie opublikowano danych dla poszczególnych państw członkowskich, lecz jedynie szacunkową ocenę dla całej UE-28, dla każdego etapu łańcucha dostaw żywności. W maju 2019 r. przyjęta została decyzja delegowana Komisji Europejskiej 2019/1597 uzupełniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w odniesieniu do wspólnej metody i minimalnych wymagań jakościowych dla jednolitego pomiaru poziomów odpadów żywności [8].

### **Żywność, ubytki naturalne i produkty uboczne**

Na poziomie globalnym żywność (ang. *food*) zdefiniowana została w Codex Alimentarius [4] jako każda substancja przetworzona, częściowo przetworzona lub surowa, której przeznaczeniem jest jej spożycie przez człowieka. Do substancji tych włącza się również napoje, gumę do żucia i każdą substancję użytą w procesie przetwarzania i przygotowywania żywności, a nie zalicza się do nich kosmetyków, tytoniu czy substancji stosowanych tylko jako leki. Z kolei rośliny uprawne i zwierzęta hodowlane (ang. *food plants and animals*) definiowane są jako: rośliny, zwierzęta i pochodzące od nich produkty przeznaczone do konsumpcji. Taką definicję żywności przyjęto w GIFLWR i FLW Standard.

Według GIFLWR [25] nieżywnościowe części roślin i zwierząt (ang. *non-food parts of food plants and animals*) – to części roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych, których przeznaczeniem nie jest skonsumowanie przez ludzi. Jako takie nie powinny więc być włączane do strat żywności. Części nieżywnościowe (ang. *non-food*) to części niejadalne (ang. *inedible*) lub jadalne (ang. *edible*), które w określonym (geograficznie, kulturowo) łańcuchu żywnościowym nie są przeznaczone do spożycia. Przykładem części niejadalnych są: kości, skóry, łupiny, pestki. Do części niejadalnych nie zalicza się opakowań. To, co uznaje się za jadalne, zależy od rodzaju konsumentów (np. kurze łapy są jadalne w pewnych kręgach kulturowych, a w pewnych nie), zmienia się w czasie i zależy od wielu czynników kulturowych, socjoekonomicznych, dostępności, cen, technologii, handlu międzynarodowego i obszaru geograficznego. Definicja ta zastrzega, że żywnością nie są całe rośliny i zwierzęta uprawiane i hodowane na cele konsumpcyjne, lecz jedynie określone ich części jadalne. Pozostałe części (niejadalne)

powinny być odejmowane od żywności, gdyż zgodnie z przyjętą definicją ich przeznaczeniem nie jest konsumowanie przez ludzi.

Według Rozporządzenia (WE) 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z 28 stycznia 2002 artykuł 2 [23] „żywność” (lub „środek spożywczy”) oznacza jakiegokolwiek substancje lub produkty, przetworzone, częściowo przetworzone lub nieprzetworzone, przeznaczone do spożycia przez ludzi lub których spożycia przez ludzi można się spodziewać. Przez żywność rozumie się przy tym łącznie jej części jadalne, jak i niejadalne, a tym samym wlicza się je wszystkie do masy strat i odpadów żywności. Taką konwencję rozumienia żywności przyjęto w projekcie FUSIONS [13]. Według dyrektywy „środek spożywczy” obejmuje również: napoje, gumę do żucia i wszelkie substancje, łącznie z wodą, świadomie dodane do żywności podczas jej wytwarzania, przygotowania lub obróbki. Definicja ta obejmuje wodę odpowiadającą normom określonym zgodnie z art. 6 dyrektywy 98/83/WE. „Środek spożywczy” nie obejmuje natomiast [9]:

- a) pasz,
- b) zwierząt żywych, chyba że mają być one wprowadzone na rynek do spożycia przez ludzi,
- c) roślin przed dokonaniem zbiorów,
- d) produktów leczniczych w rozumieniu dyrektyw Rady 65/65/EWG i 92/73/EWG,
- e) kosmetyków w rozumieniu dyrektywy Rady 76/768/EWG,
- f) tytoniu i wyrobów tytoniowych w rozumieniu dyrektywy Rady 89/622/EWG,
- g) narkotyków lub substancji psychotropowych w rozumieniu jedynej konwencji o środkach odurzających z 1961 r. oraz konwencji o substancjach psychotropowych z 1971 r.,
- h) pozostałości kontaminantów.

Porównując definicje przyjęte na poziomie globalnym (FAO) i na szczeblu UE zauważa się rozbieżność w zaliczaniu części jadalnych i niejadalnych do kategorii żywności. Połączenie pomiaru zarówno jadalnych, jak i niejadalnych części żywności w wytycznych FUSIONS ma na celu zapewnienie praktycznego wykorzystania tych ram przez wszystkie zainteresowane strony w łańcuchu dostaw żywności, ponieważ nie zawsze jest możliwe zbieranie odrębnych danych. Ponadto monitorowanie łączne frakcji jadalnych i niejadalnych uwzględnia ogólną efektywność gospodarowania zasobami w systemie żywnościowym, a tym samym poziom jego zrównoważenia (ang. *sustainability*) [12]. FUSIONS zaleca jednak, aby w miarę możliwości jadalne i niejadalne frakcje szacować odrębnie w celu określenia dokładnych strategii zarządzania różnymi strumieniami zasobów.

Ubytki naturalne (ang. *natural decrease od food*) żywności to zmniejszenie się początkowej masy żywności wynikające z jej właściwości fizycznych oraz biochemicznych. Przykładem ubytków naturalnych jest wysychanie – zmniejszanie się ilości

wody zawartej w produkcie. Według GIFLWR [25] ubytki masy powstające na skutek procesów przetwarzania żywności, takich jak: suszenie, obróbka termiczna, dojrzewanie, fermentacja nie powinny być zaliczane do strat żywności. Ubytki naturalne mogą też powstawać w czasie przechowywania żywności oraz procesów logistycznych (załadunku, transportu, przeładunku, kompletacji dostaw, magazynowania). Według FLW Standard [10] zaliczanie ubytków do strat, lub ich niezaliczanie, przynależy do decyzji podmiotu dokonującego pomiaru.

Kolejną kategorię ważną w analizowanej problematyce są produkty uboczne (ang. *by-products*). Według definicji GIFLWR [25] produkty uboczne to produkty wtórne, które z zasady nadają się do konsumpcji przez ludzi, ale w określonym łańcuchu dostaw nie mogą być zagospodarowane, np. z powodów ograniczeń technicznych lub braku dostępu do rynku, z tego powodu są odrzucane i zagospodarowywane na cele nieżywnościowe (ang. *non-food use*). Ramowa dyrektywa w sprawie odpadów definiuje produkty uboczne w art. 5 jako substancje lub przedmioty powstające w wyniku procesu produkcyjnego, którego podstawowym celem nie jest ich wytwarzanie. Mogą być one uznane za produkty uboczne, a nie za odpady ujęte w art. 3 pkt 1 wyłącznie, jeżeli spełnione są następujące warunki: a) dalsze wykorzystywanie danej substancji lub danego przedmiotu jest pewne; b) dana substancja lub przedmiot mogą być wykorzystywane bezpośrednio bez jakiegokolwiek dalszego przetwarzania, innego niż normalna praktyka przemysłowa; c) dana substancja lub przedmiot powstają jako integralna część procesu produkcyjnego; d) dalsze wykorzystywanie jest zgodne z prawem, tzn. dana substancja lub przedmiot spełniają wszelkie istotne wymagania dotyczące określonego zastosowania w ramach produktu, ochrony środowiska i zdrowia ludzkiego i nie doprowadzą do ogólnych niekorzystnych oddziaływań na środowisko lub zdrowie ludzkie. Definicja ta jest wiążąca na poziomie europejskim (UE). Produkty uboczne nie są według tego ujęcia żywnością, ponieważ nie były pierwotnie przeznaczone do spożycia. Są to produkty, które w procesie technologicznym są odrzucane i nie są przeznaczone do bezpośredniego spożycia, ale są wykorzystywane do innych celów. Jeśli nie zostaną wykorzystane, to stają się odpadem, ale nie są odpadem żywnościowym, ponieważ nie były żywnością.

### **Straty i marnotrawstwo żywności**

Według definicji przyjętej przez GIFLWR [25] strata żywności (ang. *food loss*) to zmniejszenie masy lub pogorszenie jakości żywności. Straty żywności można więc podzielić na ilościowe i jakościowe. Stratę ilościową (ang. *quantitative food loss*) definiuje się jako fizyczny ubytek masy żywności, zaś stratę jakościową (ang. *qualitative food loss*) jako ubytek cech jakościowych żywności, a więc obniżenie jej jakości. Zmiany jakościowe oznaczają obniżenie wartości odżywczej, ekonomicznej, zmniejszenie bezpieczeństwa żywności lub uznania (aprecjacji) przez konsumentów (ang.

*consumer appreciation*). Utrata wartości i składników odżywczych może dotyczyć: aminokwasów i białek, tłuszczów i kwasów tłuszczowych, sacharydów, witamin, związków mineralnych, w tym pierwiastków śladowych, jak również innych aktywnych biologicznie i prozdrowotnych substancji, np. flawonoidów, fitoestrogenów czy garbników. Wartość ekonomiczna dotyczy ceny, jaką w łańcuchu dostaw dostawca otrzymuje od nabywcy. Obniżenie jakości żywności ma więc negatywny wpływ na przychody dostawcy. Bezpieczeństwo żywności odnosi się z kolei do ryzyka skażenia mikrobiologicznego, chemicznego lub fizycznego żywności, mających wpływ na zdrowie konsumenta. Aprecjacja konsumentka dotyczy natomiast sposobu postrzegania (percepcji) żywności przez konsumenta poprzez cechy sensoryczne (wygląd, teksturę, zapach, smak) [25].

W ujęciu GIFLWR do strat żywności zalicza się [25]:

- produkty uboczne,
- żywność, która nadaje się do wejścia do łańcucha dostaw, ale intencjonalnie przeznaczana jest na cele nieżywnościowe już przed zbiorami (np. wykorzystanie ziarna zbóż uprawianych pierwotnie na cele spożywcze do produkcji biopaliw),
- żywność gotową do zbiorów, ale nieintencjonalnie zmarnowaną na etapie poprzedzającym zbiory,
- żywność, która nadaje się do wprowadzenia do łańcucha, ale jest przekierowywana do użytku nieżywnościowego lub odrzucana na etapie sortowania (owoce, odrzuty ryb, itp.),
- żywność przeznaczoną na paszę lub karmę dla zwierząt lub na kompost.

Według GIFLWR do strat nie zalicza natomiast [25]:

- żywności spożywanej w nadmiarze w stosunku do potrzeb żywieniowych,
- żywności, która straciła na wartości rynkowej z powodu nadmiernej podaży lub innych sił rynkowych, a nie z powodu obniżenia się jej jakości (strat jakościowych).

Żywność kierowana do łańcuchów nieżywnościowych (w tym np. na karmę dla zwierząt) jest stratą żywności lub marnotrawstwem [6]. Pojęcie straty obejmuje pojęcie odpadów żywnościowych, jest więc wobec niego nadrzędne. Niemniej w formule „straty i odpady żywności” (ang. *Food Loss and Waste, FLW*) są i powinny być one używane łącznie, w celu podkreślenia znaczenia generowania odpadów w procesie powstawania strat [19]. Według ramowej dyrektywy w sprawie odpadów 2008/98/WE [9] odpady żywnościowe oznaczają wszelką żywność, która stała się odpadami. Oznacza to, że odpady żywnościowe nie obejmują ani substancji wyłączonych z definicji żywności (np. rośliny przed zbiorem), ani substancji wyłączonych z definicji odpadów, jak materiał rolniczy wykorzystywany w gospodarstwie rolnym czy produkty uboczne wykorzystywane dalej w procesach przemysłowych. Według decyzji delegowanej [8] „odpady żywności nie obejmują strat powstałych na etapach łańcucha dostaw żywno-

ści, zanim określone produkty stały się żywnością w rozumieniu art. 2 Rozporządzenia (WE) nr 178/2002, np. jeszcze nie zebrane jadalne rośliny [7, 24]. Ponadto nie obejmują one produktów ubocznych powstających w wyniku produkcji żywności, które spełniają kryteria określone w art. 5 ust. 1 dyrektywy 2008/98/WE [9], ponieważ takie produkty uboczne nie są odpadami”.

Marnotrawstwo według FUSIONS [15] obejmuje produkty spożywcze, które nadają się jeszcze do spożycia, ale nie spełniają określonych kryteriów nadawania się do sprzedaży. W zakres takich produktów wchodzi: towary sezonowe, nadwyżki magazynowe, żywność, która jest niewłaściwie oznakowana lub która została uszkodzona podczas transportu. Ogólnie dotyczy to celowego odrzucania i wyrzucania żywności zdatnej jeszcze do spożycia. Marnotrawstwo ma miejsce głównie w ostatnich częściach łańcucha żywnościowego, w przedsiębiorstwach spożywczych, hurtowniach, punktach sprzedaży detalicznej i w gospodarstwach domowych [17]. Parlament Europejski za marnotrawstwo uznał „produkty żywnościowe odrzucone poza łańcuch rolno-żywnościowy ze względów gospodarczych, estetycznych lub z powodu zbliżania się daty przydatności do spożycia, które jednak nadal nadają się do spożycia i mogą być przeznaczone do konsumpcji przez ludzi, a które z braku możliwego alternatywnego sposobu wykorzystania przeznacza się do likwidacji i utylizacji, co powoduje negatywne efekty zewnętrzne pod względem wpływu na środowisko, kosztów gospodarczych i braku dochodów dla przedsiębiorstw” [21].

W raporcie IERiGŻ [18] stratę definiuje się jako „zmniejszenie masy jadalnej żywności wynikające z niegospodarności, błędów i nieprawidłowości w przebiegu procesów, np. w produkcji rolnej, podczas zbiorów, w przetwórstwie, transporcie czy magazynowaniu. Marnotrawstwo żywności definiuje się zaś jako zmniejszenie masy jadalnej żywności wynikające z nieprawidłowej dystrybucji żywności, transportu, przechowywania i przygotowywania jej na potrzeby konsumpcji w gospodarstwach domowych i w zakładach gastronomicznych”. W podobny sposób stratę zdefiniowała Grupa Robocza ds. Racjonalnego Wykorzystania Żywności przy Federacji Polskich Banków Żywności – jako zmniejszenie masy jadalnej żywności wynikające z niegospodarności, błędów i nieprawidłowości [18]. Według IERiGŻ straty żywności występują głównie na początkowych etapach łańcucha rolno-żywnościowego i powodują, że jadalna żywność w ostateczności jest niedostępna do spożycia przez ludzi. Marnotrawstwo żywności jest zaś w głównej mierze odzwierciedleniem zachowań konsumentów, podejmujących często świadome decyzje o wyrzucaniu produktów żywnościowych. Definicje strat i marnotrawstwa mogą się więc pokrywać, jednak w przypadku marnotrawstwa podkreśla się rolę czynnika ludzkiego i wpływu sposobu zarządzania na możliwość zapobiegania im i ich redukcji [20].

## Podsumowanie

O ile definicje żywności przyjmowane na poziomie globalnym i europejskim (UE) są zasadniczo spójne, o tyle rozbieżności zaznaczają się w kwalifikacji części jadalnych i niejadalnych żywności, co przekłada się na możliwość ich identyfikacji jako strat i marnotrawstwa żywności, a tym samym na ich uwzględnianie bądź nieuwzględnianie w procesie pomiaru i monitorowania. Ta sama sytuacja dotyczy kategorii produktów ubocznych. Według ujęcia globalnego (GIFLWR) produkty uboczne powinny być zaliczane do strat żywności, a według dyrektywy w sprawie odpadów nie mogą być zaliczane do odpadów żywności, gdyż nie spełniają one wymagań bycia odpadem. Rozbieżność między ujęciem globalnym a europejskim zaznacza się również w kwalifikowaniu strat żywności na etapie produkcji pierwotnej. Według GIFLWR do strat należy zaliczać żywność, która nadaje się do wejścia do łańcucha dostaw, ale intencjonalnie przeznaczana jest na cele nieżywnościowe jeszcze przed zbiorami albo marnowana jest na etapie poprzedzającym zbiory. Tymczasem w ujęciu europejskim liczenie strat i marnotrawstwa (odpadów żywności) może odbywać się dopiero od momentu zbioru. W definicjach globalnych (GIFLWR i FLW Standard) i unijnych (FUSIONS) występuje tendencja do łącznego rozpatrywania strat i odpadów żywnościowych (FLW) i traktowania marnotrawstwa jako powstawania niepotrzebnych odpadów żywności.

Z uwagi na to, że przeznaczenie danego surowca, kategoryzowanego jako żywność lub nie, w tym jako części jadalne lub niejadalne, może się zmieniać na poszczególnych etapach łańcucha dostaw, monitorowanie strat i marnotrawstwa powinno obejmować możliwie cały strumień żywności i produktów, od producenta do konsumenta, w tym odnotowywanie zmiany tego statusu. Wymaga to stałej identyfikacji żywności jako określonego produktu (substancji), którego kwalifikacja jako żywności – w tym ewentualnego wyróżniania w niej części jadalnej lub niejadalnej, kwalifikowania jej jako żywności odzyskanej (uchronionej przed stratą) albo też straty żywnościowej czy odpadu żywnościowego (marnotrawstwa żywności) – może zmieniać się na poszczególnych etapach łańcucha.

Wzorem definicji przyjmowanych na poziomie UE i globalnym należy powiązać marnotrawstwo z powstawaniem odpadów i monitorować je poprzez pomiar ich ilości – substancji wyłączanych z łańcucha rolno-spożywczego [5]. Wspólnym dla wszystkich ujęć jest założenie, że pod pojęciem strat i marnotrawstwa żywności należy łącznie rozumieć surowce i produkty żywnościowe wytworzone w celach konsumpcyjnych, które nie zostały spożyte przez ludzi, czyli nie zostały wykorzystane zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem żywności, na każdym etapie łańcucha żywnościowego, od produkcji pierwotnej, przez przetwórstwo i dystrybucję, do końcowej konsumpcji w gospodarstwach domowych [2]. Taką też definicję strat i marnotrawstwa przyjęto w projekcie badawczym PROM „Opracowanie systemu monitorowania marnowanej

żywności i efektywnego programu racjonalizacji strat i ograniczania marnotrawstwa żywności (PROM)” finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu GOSPOSTRATEG realizowanym w latach 2018 - 2020 przez konsorcjum w składzie: Federacja Banków Żywności, Instytut Ochrony Środowiska, Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności.

Z perspektywy trwałego i zrównoważonego rozwoju można i należy polemizować ze stanowiskiem, że do strat i marnotrawstwa żywności nie powinno się wliczać żywności traconej zarówno w wyniku nadmiernej produkcji żywności (nadprodukcji), jak i nadmiernej konsumpcji (konsumpcjonizm), które przyczynią się do marnotrawstwa zasobów, w tym zasobów żywnościowych. Na nadmierną konsumpcję jako źródło generowania marnotrawstwa zwraca uwagę IERiGŻ w raporcie [18], Stępień i Dobrowolski [26] oraz Wrzosek i wsp. [28].

*Artykuł powstał w ramach projektu: „Opracowanie systemu monitorowania marnowanej żywności i efektywnego programu racjonalizacji strat i ograniczania marnotrawstwa żywności – PROM”, realizowanego w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych GOSPOSTRATEG, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Gospostateg 1/385753/1/2018.*

## Literatura

- [1] Beretta C., Stoessel F., Baier U., Hellweg S.: Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste Management*, 2013, 3 (33), 764-773.
- [2] Bilńska B., Kołożyn-Krajewska D. (Red.): Model ograniczenia strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa (MOST). Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2016.
- [3] Caldeira C., Corrado S., Sala S.: Food waste accounting. Methodologies, challenges and opportunities. Publications Office of the European Union, Luxembourg 2017.
- [4] Codex Alimentarius Commission: Procedural Manual. 21<sup>st</sup> ed. WHO/ FAO, Rome 2013.
- [5] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów w sprawie monitorowania gospodarki o obiegu zamkniętym. COM/2018/029 final, z 16.01. 2018.
- [6] Corrado S., Ardente F., Sala S., Saouter E.: Modelling of food loss within life cycle assessment: From current practice towards a systematisation. *J. Cleaner Production*, 2017, 140, 847-859.
- [7] Decyzja Komisji 2005/270/WE z dnia 22 marca 2005 r. ustanawiająca formaty w odniesieniu do systemu baz danych zgodnie z dyrektywą 94/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych (notyfikowana jako dokument nr C(2005) 854). Dz. U. L 86, ss. 6-12, z 05.04.2005.
- [8] Decyzja delegowana Komisji (UE) 2019/1597 z dnia 3 maja 2019 r. uzupełniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w odniesieniu do wspólnej metody i minimalnych wymagań jakościowych dla jednolitego pomiaru poziomów odpadów żywności. Dz. U. L 248, ss. 77-85, z 27.09.2019.
- [9] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy. Dz. U. L 312, ss. 3-30, z 22.11.2008.




- [10] Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard. Version 1.1. World Resources Institute, Washington 2016.
- [11] Tostivint C., Östergren K., Quedsted T., Soethoudt H., Stenmarck A., Svanes E., O'Connor C.: Food Waste Quantification Manual to Monitor Food Waste Amounts and Progression. BIO by Deloitte, Neuilly-sur-Seine 2016.
- [12] Östergren K., Gustavsson J., Bos-Brouwers H., Timmermans T., Hansen O.-J., Møller H., Anderson G., O'Connor C., Soethoudt H., Quedsted T., Eastal S., Politano A., Bellettato C., Canali M., Falasconi L., Gaiani S., Vittuari M., Schneider F., Moates G., Waldron K., Redlingshöfer B.: FUSIONS Definitional Framework for Food Waste. SIK - The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg 2014, Anex C, pp. 78-100.
- [13] Møller H., Hansen O.-J., Gustavsson J., Östergren K., Stenmarck A., Dekhtyar P.: Report on Review of (Food) Waste Reporting Methodology and Practice. Ostfold Research, Kråkerøy 2014.
- [14] Gustavsson J., Cederberg Ch., Sonesson U., van Otterdijk R., Meybeck A.: Global Food Losses and Food Waste. Extent, Causes and Prevention. FAO, Rome, Italy, 2011.
- [15] Gustavsson J., Cederberg Ch., Sonesson U., van Otterdijk R., Meybeck A.: Global Food Losses and Food Waste – Extent, causes and prevention, FAO, Rome. 2011.
- [16] Quedsted T., Johnson H.: Household Food and Drink Waste in the United Kingdom in 2010. Waste & Resources Action Programme (WRAP), Banbury 2013.
- [17] Krajewski K., Świątkowska M., Łaba S., Szczepański K.: Losses and waste in meat supply chain, and the needs of product management and market communication. Proc. of the SUM2018 / 4th Symposium on Urban Mining and Circular Economy. Bergamo, Italy, 21-23 May 2018.
- [18] Kwasek M. (Red.): Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym. 37. Analiza strat i marnotrawstwa żywności na świecie i w Polsce. IERiGŻ – PIB, Warszawa 2016.
- [19] Östblom G., Söderman M.L., Sjöström M.: Analysing Future Solid Waste Generation - Soft Linking a Model of Waste Management with a CGE-model for Sweden. The National Institute of Economic Research (NIER), Stockholm 2010.
- [20] PN-EN ISO 22000:2018-08. Systemy zarządzania bezpieczeństwem żywności. Wymagania dla każdej organizacji należącej do łańcucha żywnościowego.
- [21] Unikanie marnotrawienia żywności. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 19 stycznia 2012 r. Jak uniknąć marnotrawienia żywności: strategie na rzecz poprawy wydajności łańcucha żywnościowego w UE (2011/2175(INI)). Dz. U. C 227E, ss. 25-32, z 06.08.2013.
- [22] European Commission: Preparatory Study on Food Waste Across EU 27. [on line]. European Communities, 2011. Dostęp w Internecie [6.08.2019]: [https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/bio\\_foodwaste\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/bio_foodwaste_report.pdf)
- [23] Rozporządzenie (WE) Nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności. Dz. U. L 31, ss. 1-24, z 01.02.2002.
- [24] Rozporządzenie (WE) nr 2150/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 listopada 2002 r. w sprawie statystyk odpadów. Dz.U. L 332, ss. 1-36, z 9.12.2002.
- [25] Food and Agriculture Organization of the United Nations: Definitional Framework of Food Loss. FAO, Rome 2014.
- [26] Stępień S., Dobrowolski D.: Straty i marnotrawstwo w łańcuchu dostaw żywności – propedeutyka problemu. Progress in Economic Sciences, 2017, 4, 305-316.
- [27] Bräutigam K.R., Jörissen J., Priefer C.: The extent of food waste generation across EU-27: Different calculation methods and the reliability of their results. Waste Manag. Res., 2014, 32 (8), 683-694.
- [28] Wrzosek M., Bilaska B., Kołożyn-Krajewska D., Krajewski K.: Zastosowanie analizy ryzyka do opracowania innowacyjnego systemu ograniczania strat i marnowania żywności w handlu detalicznym (system MOST). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2017, 2 (111), 140-155.

## DEFINITIONS OF FOOD LOSSES AND WASTE

### S u m m a r y

The paper presents a review of and a comparison between some selected definitions concerning the issue of food loss and food waste as formulated by representative institutions and organizations at the global and European level. The regulative principle of sustainable and sustainable development enjoins to counteract food losses and food waste and its target numbered as 12.3 is to reduce them by half by 2030. In the paper, the focus is on the definitions of terms such as food, food losses and food waste including also: natural decrease in food, by-products, and food waste, i.e. on the definitions developed under the FLW Standard and FUSIONS projects. Based on the analysed and cited approaches, it can be concluded that those terms may be differently understood and defined depending on the needs, objectives and area of the planned applicability of a given definition. There are noticeable discrepancies in determining the starting point for measuring losses and wastage. On a global basis, they also should be taken into account at the pre-harvest stage while, on the European basis, they can only be counted at the post-harvest stage, when the agri-food chain starts. Additionally, a different approach applies to by-products – according to FAO, they should be treated as food loss and food waste and according to the definition as adopted in the EU directive, they are neither a food loss nor a food waste. So the subject and extent of their measurement depend on the definition of key terms and categories related to the problem of food losses and food waste. Those issues should be taken into account in research methodologies for measuring and monitoring losses and wastage including food waste. In May 2019, at the EU level, respective guidelines were adopted in the delegated decision of the European Commission; those guidelines referred to a common methodology of and minimum quality requirements for the uniform measurement of food waste levels.

**Key words:** food losses and food waste, food waste, natural decrease of food, by-products 

PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK

## DOJRZEWANIE MIĘSA WOŁOWEGO NA SUCHO – ASPEKTY TECHNOLOGICZNE

### Streszczenie

Dojrzewanie wołowiny może być prowadzone na dwa sposoby, tzn. na sucho i na mokro. Historycznie starszą metodą prowadzącą do poprawy cech sensorycznych (kruchości, soczystości, smakowości) jest dojrzewanie wołowiny na sucho. Od kiedy jednak w latach 70. XX wieku wprowadzono pakowanie próżniowe, dojrzewanie na mokro zaczęło dominować jako podstawowy sposób dystrybucji, przechowywania i dojrzewania mięsa wołowego. Dojrzewanie na sucho wypełnia natomiast niszę dla tych konsumentów, którzy chcą zapłacić za coś, co może być uznane za luksus, a nie konieczność. Należy również podkreślić, że jedynie proces dojrzewania na sucho pozwala wytworzyć wołowinę o unikatowym profilu smakowo-zapachowym, dzięki czemu uzyskuje się produkt handlowy o wartości dodanej. Zabieg ten jest jednak przedsięwzięciem kosztownym ze względu na konieczność zapewnienia odpowiedniego surowca, tj. mięsa najwyższej jakości z odpowiednią marmurkowatością oraz kontrolowanych warunków mikroklimatu dojrzawalni, niezbędnych do prawidłowego przebiegu tego procesu. Ponadto straty poniesione na etapie dojrzewania metodą suchą i związane z mniejszą wydajnością produktu (większymi ubytkami) wymagają rekompensaty, co przekłada się na ok. 20 % wyższą jego cenę w porównaniu z produktem dojrzewającym w warunkach próżniowych. Mimo tego, że dojrzewanie wołowiny na sucho praktykowane jest od dziesięcioleci, to optymalne warunki procesu nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Najczęściej podawane w literaturze parametry to temperatura w przedziale  $0 \div 4$  °C, wilgotność względna –  $75 \div 85$  %, natomiast prędkość przepływu powietrza –  $0,2 \div 2,5$  m/s. Okres dojrzewania wołowiny na sucho jest zbliżony do dojrzewania na mokro (zwykle  $14 \div 35$  dni), chociaż niekiedy może on ulec wydłużeniu do 2 a nawet 8 miesięcy. Należy podkreślić, że ostatnio obserwuje się znaczący wzrost zainteresowania i popytu na wołowinę dojrzewającą na sucho, co związane jest z większą zamożnością konsumentów, wzrastającą świadomością, jak również poszukiwaniem nowych doznań sensorycznych. Wołowina taka uważana jest za produkt premium, który choć droższy, jest oryginalny i odznacza się wysoką jakością.

**Słowa kluczowe:** wołowina, dojrzewanie na sucho, parametry procesu, jakość produktu, ubytki, innowacyjne rozwiązania

*Motto: Sterowanie procesem dojrzewania wołowiny na sucho jest bardziej sztuką niż nauką (J. W. Savell)*

---

*Dr hab. inż. P. Domaradzki prof. UP, prof. dr hab. inż. M. Florek, Instytut Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, prof. dr hab. Z. Litwińczuk, Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Wydz. Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin. Kontakt: mariusz.florek@up.lublin.pl*

## Wprowadzenie

Dojrzewanie to złożony proces przebiegający podczas konwersji mięśni w mięso, obejmujący liczne przemiany biochemiczne i zmiany fizykochemiczne. Zasadniczo istnieją dwie techniki dojrzewania wołowiny, w efekcie których mięso nabiera właściwego smaku i staje się kruche: na sucho i na mokro [6]. Najprostszym rozwiązaniem w przypadku wołowiny przeznaczonej do dojrzewania na mokro jest umieszczenie jej w opakowaniu próżniowym, a następnie przechowywanie w kontrolowanej temperaturze przez określony czas. Dość często proces ten jest bardziej skomplikowany i wykorzystuje się kilka metod pakowania tego samego elementu w określonym cyklu. Dojrzewanie na sucho to proces przechowywania bez opakowania zabezpieczającego całych półtuszy wołowych, elementów zasadniczych lub kulinarnych (w tym z kością) w chłodni przez kilka tygodni lub nawet miesięcy w kontrolowanym środowisku (temperatura, wilgotność względna i przepływ powietrza) [1].

Obecnie uważa się, że mięso powinno dojrzewać, pozostaje jedynie kwestia jak długo i jaką metodą. Przez stulecia dojrzewanie na sucho było powszechną metodą zarówno utrwalania, jak i kruszenia mięsa wołowego, stąd też jeszcze do połowy XX wieku wołowina dojrzewająca w taki sposób była standardem. Zmiana nastąpiła wraz z pojawieniem się i rozwojem opakowalnictwa próżniowego. Klasyczna metoda prowadzenia procesu na sucho straciła wówczas na znaczeniu na korzyść dojrzewania na mokro [30]. Pakowanie próżniowe stało się alternatywnym sposobem dystrybucji wołowiny, najpierw w Stanach Zjednoczonych, a następnie na całym świecie. Zaczęło ono dominować jako podstawowy sposób transportu, przechowywania i dojrzewania mięsa wołowego i w latach 80. XX wieku objęło 90 % sprzedawanej wołowiny. Niemniej jednak stale funkcjonowała pewna liczba producentów, którzy wykorzystywali proces dojrzewania mięsa wołowego na sucho. W ostatnich latach znacząco wzrosło zainteresowanie tego typu mięsem, dzięki coraz większej liczbie dostawców i detalistów wykorzystujących tradycyjną technikę dojrzewania surowca. Trend ten obserwowany jest zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych i Australii [4], Korei [7] oraz w Europie np. w Niemczech [3], Włoszech [37], Czechach [15], Szwecji [35], Danii [11], jak również w Polsce [13].

Tradycyjny sposób przechowywania mięsa ma na celu przede wszystkim wykształcenie niezwykle delikatnego i specyficznego smaku. Proces ten przebiega naturalnie, tzn. białko i tłuszcz mięśniowy ulegają progresywnej degradacji w wyniku aktywności enzymatycznej i innych procesów biofizykochemicznych [7]. Niestety, proces dojrzewania na sucho jest bardziej kosztowny w porównaniu z innymi konwencjonalnymi metodami przetwarzania m.in. ze względu na duże ubytki masy (ususzkę) i straty związane z usuwaniem (wykrawaniem) nadmiernie odwodnionej (wysuszonej) warstwy mięsa na powierzchni produktu (okrawki), ryzyko zanieczyszczenia i ogólnie wyższe wymagania dotyczące warunków dojrzewania, m.in. powierzchni pomiesz-

czeń, ścisłego kontrolowania parametrów mikroklimatu itp. [10]. Jest to zatem proces bardzo czasochłonny, wymagający specjalistycznej wiedzy, doświadczenia i dbałości, a przede wszystkim surowca odpowiedniego pod względem zawartości tłuszczu [7]. Uzyskiwany produkt jest niszowy i skierowany do konsumentów, którzy preferują takie mięso i są skłonni zapłacić wysoką cenę za specyficzny smak wołowiny dojrzewającej na sucho.

W niniejszym opracowaniu, ze względu na rosnące zainteresowanie dojrzewaniem wołowiny na sucho, szczególną uwagę zwrócono na kluczowe dla tej techniki parametry, tj. jakość surowca, czas, temperaturę, wilgotność względną oraz przepływ powietrza. Omówiono również zagadnienia związane z ekonomiczną stroną procesu dojrzewania suchego i perspektywą wykorzystania innowacyjnych rozwiązań zwiększających wydajność oraz podwyższających jakość wołowiny poddanej tej metodzie przetwarzania.

### **Najważniejsze parametry dojrzewania mięsa metodą na sucho – informacje ogólne, marmurkowatość, wiek bydła oraz typowe elementy zasadnicze poddawane dojrzewaniu**

Aktualnie dojrzewanie mięsa na sucho najczęściej stosują mali i średni przetwórcy poszukający sposobów na odróżnienie swoich produktów od żywności produkowanej na skalę przemysłową [34]. Wołowina uzyskana w ten sposób dostępna jest w luksusowych restauracjach i hotelach oraz restauracjach specjalizujących się w serwowaniu mięsa tzw. *steakhouses*, często prowadzących ten typ dojrzewania na własne potrzeby. Dostępna jest również w ekskluzywnych delikatesach oraz specjalistycznych sklepach internetowych [34].

Pomimo tego, że dojrzewanie wołowiny na sucho praktykowane jest od dziesięcioleci, to optymalne warunki procesu mające na celu zapewnienie niezmiennie wysokiej i powtarzalnej jakości produktu nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Niektórzy uważają, że proces ten jest raczej sztuką niż nauką [30]. Nie zmienia to jednak faktu, że praktycy prowadzący ten typ dojrzewania mięsa są szczególnie zainteresowani opracowaniem wytycznych gwarantujących uzyskanie wysokojakościowego oraz bezpiecznego produktu [8].

Generalnie przyjmuje się, że ze względu na wysokie koszty oraz czasochłonność procesu, dojrzewaniu metodą na sucho powinno być poddawane tylko mięso najwyższej jakości, bez żadnych odchyłeń jakościowych. Elementy powinny pochodzić z tusz bydła w wieku 9 ÷ 30 miesięcy (najczęściej powyżej 16 miesięcy; według USDA tzw. klasa A dojrzałości fizjologicznej), właściwie wychłodzonych (bez skurczu chłodniczego lub ciepłego), o pH końcowym ( $\text{pH}_{48\text{h}}$ ) w zakresie 5,4 ÷ 5,7 [7]. Istotnym warunkiem jest również wystarczająco duża zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) w postaci tzw. marmurkowatości mięsa, która gwarantuje, że końcowy produkt będzie

dostarczał pozytywnych doznań kulinarnych, głównie smakowości, kruchości i soczystości [21].

W USA najczęściej dojrzewaniu poddawane są elementy zakwalifikowane do najwyższych klas jakościowych, tj. USDA Prime oraz USDA Choice (z umiarkowaną lub obfitą marmurkowatością). Zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) w takich elementach zwykle waha się od 6 do 11 %, niekiedy jest nawet wyższa [21]. Wykazano [14], że wraz z poubojowym dojrzewaniem smakowość mięsa w klasie USDA Choice i wyższej (IMF > 5 %) poprawiała się w większym stopniu niż surowca zakwalifikowanego do niższych standardów jakościowych (IMF < 4 %). Wskazuje to zatem, że obserwowane zmiany warunkowane były poziomem IMF. Istotnie wyższe noty za soczystość, smakowość oraz ogólną akceptację uzyskały steki w klasie USDA Choice w porównaniu ze stekami w niższej klasie jakościowej, tj. USDA Select [26]. Fenomen związku obfitej marmurkowatości steków z ich wysoką oceną sensoryczną Dashdorj i wsp. [7] tłumaczy rozpuszczaniem się i migracją składników tłuszczowych w trakcie grillowania mięsa. Zapewnia to właściwą soczystość, delikatność oraz charakterystyczny maślany posmak produktu. Ponadto tkanka tłuszczowa obecna pomiędzy wiązkami i włóknami mięśniowymi oddziałuje na rozluźnienie struktur łącznotkankowych, co korzystnie wpływa na kruchość mięsa. Zostaje bowiem częściowo zaburzona charakterystyczna struktura plastra miodu w *endomysium*, natomiast w *perimysium* formowane są cieńsze włókna kolagenowe [24].

Do dojrzewania na sucho najbardziej nadaje się mięso pozyskane z bydła żywionego paszą treściwą, bowiem tylko w takim surowcu można uzyskać odpowiednio dużą marmurkowatość [7]. W ostatnim okresie ukazały się również prace, w których tej technice dojrzewania poddawano wołowinę o stosunkowo małej marmurkowatości (udział IMF  $\leq$  5 %) [4], jak również pozyskaną z bydła żywionego zielonką pastwiskową [4] lub utrzymywanego w chowie ekologicznym [15]. Berger i wsp. [4] wykazali, że dojrzewanie na sucho korzystnie wpłynęło na większość cech sensorycznych (smak, kruchość, soczystość, akceptowalność) *m. longissimus lumborum* (IMF = 4,54 %; USDA Select) w porównaniu z dojrzewaniem na mokro. Z kolei Lepper-Blilie i wsp. [21] ocenili wyróżniki sensoryczne steków z rostbefu (strip i short loins; IMF = 3,5 ÷ 5,0 %; USDA Select) w zależności od metody dojrzewania i wykazali istotnie wyższe noty za dojrzewanie na sucho (1,87 vs. 1,44) jedynie w przypadku oceny ogólnej smakowości. Noty za wyróżniki smakowości, takie jak: posmak wołowy, pieczonego mięsa czy karmelowy przyznawane w tych badaniach przez oceniających (w 8-punktowej skali) były relatywnie niskie, tzn. mieściły się w zakresie 1,00 ÷ 2,74 pkt, co zdaniem autorów poddaje w wątpliwość sens przeprowadzania dojrzewania na sucho elementów o niewielkiej marmurkowatości.

Większość producentów w zależności od wymaganego profilu smakowo-zapachowego prowadzi dojrzewanie tusz wołowych lub elementów handlowych przez

co najmniej 21 dni. Po uboju i wstępnej obróbce tusze zazwyczaj dzieli się na półtusze, które zawieszają się w chłodni w temp. 2 °C. Następnie po 21 dniach każda półtusza jest dzielona na elementy handlowe, np. udziec, rostbef czy antrykot, które zawieszają się lub umieszczają w szafach na kolejne 7 do 28 dni. Po upływie tego czasu elementy cięte są na steki (np. filet, sirloin, T-bone), pakowane i kierowane do sprzedaży. Z mniej cennych elementów tuszy przygotowuje się mięso pieczeniowe, gulaszowe lub mielone. Najdelikatniejszą i najdroższą częścią tuszy wołowej jest polędwica (tenderloin) określana jako filet mignon, filet roast lub filet steak. Wysoko cenionym elementem, zwłaszcza przez punkty gastronomiczne (np. steakhouse), jest T-bone stek, składający się z polędwicy i rostbefu przedzielonych fragmentem kości w kształcie litery „T” (połączenie filetu mignon z New York Strip) [7]. Dojrzwaniu na sucho najczęściej poddawane są elementy z kością. Wówczas części zasadnicze podwieszają się na specjalnych hakach (pożądany jest jak najmniejszy kontakt mięsa z powierzchnią komór) lub układają na stelażach (rusztach) ze stali nierdzewnej, kręgami kręgosłupa skierowanymi w stronę stelaży. Jeżeli prowadzone jest dojrzwianie elementów odkostnionych, wówczas mogą być one układane warstwą tłuszczu podskórnego skierowaną do dołu [9] lub do góry [21]. W przypadku steków z odkostnionych elementów dojrzewających na sucho DeGeer i wsp. [8] wykazali (w skali 15-punktowej) wyższy udział smaku wołowego (10,9 vs. 10,5 pkt), karmelowego i pieczonego (10,9 vs. 10,4 pkt) w porównaniu ze stekami z kością. Autorzy tych badań zauważają, że pozostawienie w elementach kości negatywnie wpływa na rozwój cech smakowych w trakcie dojrzewania, najprawdopodobniej poprzez ograniczenie utraty wody, a tym samym mniejszą koncentrację składników smakowo-zapachowych w mięsie. Podobnie Lepper-Blilie i wsp. [21] wykazali wyższą notę (w skali 8-punktowej) za ogólną smakowość steków dojrzewających bez kości (1,81 vs. 1,50 pkt). Dojrzwianie na sucho części zasadniczych bez kości, w porównaniu z elementami z kością, korzystnie wpływa również na kruchość steków, aczkolwiek wykazane [8] różnice były nieistotne.

W trakcie dojrzewania mięsa na sucho należy dokładnie kontrolować warunki środowiska, przy czym istnieją różne procedury sterowania tym procesem. Producenci często dysponują swoją własną niepowtarzalną recepturą, traktując cały cykl produkcyjny z dużym zaangażowaniem i pasją. Oprócz czasu podstawowymi parametrami środowiskowymi, które należy uwzględnić przy opracowywaniu wytycznych, są: temperatura przechowywania, wilgotność względna i obieg powietrza. Decydują one bowiem o rozwoju właściwości smakowo-zapachowych, trwałości, wielkości ubytków, jakości mikrobiologicznej i innych aspektach związanych z jakością i ekonomią procesu dojrzewania. W tab. 1. zestawiono parametry dojrzewania suchego wołowiny, przedstawione w wybranych publikacjach naukowych z tego zakresu.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych parametrów dojrzewania wołowiny metodą na sucho oraz najważniejsze obserwacje uzyskiwane w badaniach  
 Table 1. Summary of basic dry-ageing parameters of beef and major findings reported in scientific studies

Element Cut	Typ i forma dojrzewania suchego (DS) Type and form of dry-ageing (DS)	Zawartość tłuszczu / klasa jakościowa (USDA lub EUROP) <sup>a</sup> Fat content / quality class (USDA or EUROP)	Parametry dojrzewania na sucho (DS) Parameters of dry-ageing					Pozytywny wpływ dojrzewania suchego Positive impact of dry-ageing	Najważniejsze obserwacje w zakresie oceny sensorycznej Major findings related to sensory evaluation	Źródło Reference
			Czas dojrzewania Ageing time [dni / days]	Tempera- tura Tempera- ture [°C]	Wilgotność względna Relative humidity [%]	Prędkość przepływu powietrza Air-flow velocity [m/s]	Promieniowanie UV UV light			
Rostbef Strip loin Antrykot Ribeye	DS elementy cuts	Prime, Choice, Select	21	0 - 1	80 - 85	0,5 - 2,5	-	Nie No	DM wyższe noty za kruchość i smakowi- tość ogółem; W zależności od klasy jako- ściowej noty za kruchość, soczystość i smakowitość w następującej kolejności: Prime > Choice > Select; Steki z antrykotu korzystniej ocenione niż steki z rostbefu	[26]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	Choice i wyższe Choice and higher	3 PM + 11	3,1 - 3,6	78 ± 3	Obieg powietrza co 30 min / Air circulation every 30 min	Prom. UV - dezynfekcja powietrza UV light air filtration	Tak Yes	Większy posmak wołowy zrumieniony i pieczony w porównaniu z DM. Porówny- walna kruchość	[38]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	-	7 DM + 7, 14 lub 21	2	75	-	-	Tak Yes	W miarę wydłużania okresu dojrzewania wzrost intensywności wyróżników sma- kowitości, oraz polepszenie soczystości i kruchości	[6]
Rostbef Short loin Antrykot Ribeye	DS elementy cuts	-	7, 14, 21 lub 28	0 - 2	60 - 80	1	-	Nie No	DM wyższe noty za kruchość, soczystość, intensywność smaku wołowego, pożąda- ność oraz akceptowalność (DM > DS). Najkorzystniejsze, ze względu na wyróż- niki organoleptyczne, jest prowadzenie dojrzewania przez 28 dni	[17]



Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	11,56 / Prime 10,44 / Choice	37 + 7 DM	1	-	-	Nie No	[32]
Rostbef Strip loin Antrykot Ribeye Krzyżowa Eye of rump	DS elementy cuts	Choice Select	9 PM + 14, 21, 28 lub 35	-0,6 ± 1,8	78 ± 9,3	-	Nie No	[20]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	Choice Select	2 PM + 14, 21, 28 lub 35	1 ± 2	83 ± 11	-	Nie No	[34]
Antrykot Ribeye Krzyżowa Eye of rump	DS elementy cuts	Choice	2 PM + 35	DM: 2,3 - 3,7 DS: 2,9 - 5,1	98,1	Uzycie wentyla- torów do cyrku- lacji powietrza Using fans to air circulation	Nie No	[33]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	3,5 - 5,0	14, 21, 28, 35, 42 lub 49	1	70	Cyrkulacja powietrza Air circulation 5,66 m <sup>3</sup> /h	Tak Yes	[21]

Rostbef Short loin	DS elementy cuts	-	2 PM + 21	1 lub 3	49, 55, 73 lub 76	0,2 lub 0,5	-	Tak Yes	Wyższa smakowitość i ogólna akceptowalność w porównaniu z DM. Najkorzystniejsza jakość organoleptyczna przy zastosowaniu temp. 3 °C, wilg. wzgl. 49 % i pręd. przep. powietrza 0,2 m/s	[19]
Rostbef Short loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	5,81 / Choice 3,81 / Select	8 PM + 21	2,2	-	Minimalny obieg powietrza Minimal air movement	-	Nie No	Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od metody dojrzewania (DS = DSW = DM) oraz klasy jakościowej steków	[9]
Rostbef + Antrykot Bone-in loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	4,75 / Select 4,60 / Select	7 DM + 28	2	78	Minimalny obieg powietrza Mnimal air movement ( $< 0,2$ )	-	Tak Yes	Wyższa smakowitość, kruchość i soczystość w porównaniu z DM	[4]
Rostbef (LTL) Strip loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	3,0 / 0 <sup>-</sup> - R; 3 <sup>-</sup> - 4 <sup>-</sup>	2 PM + 8 lub 19	5,1	75	-	-	Tak Yes	Większa noty za smak umami, tłuszczowy i mięsa smażonego w maśle w porównaniu z DM; DSW najkorzystniejsza kruchość i soczystość (DSW > DS > DM); Korzystny wpływ wydłużonego okresu dojrzewania	[22]
Krzyżowa oko (GM) Eye of rump	DSW elementy cuts	P <sup>-</sup> , 5 <sup>+</sup>	6 DS <sup>b</sup> + 1 DM + 14	2,9	91	-	Nie stosowano prom. UV No UV lights were used	Tak Yes	Większa kruchość i soczystość (DSW > DM). Bardziej preferowane przez konsumentów w porównaniu z DM	[23]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	6,9 ± 1,5	11 PM + 14 lub 21	2,2 - 3,0	87 ± 2,6	Standardowa, limitowana parametrami komory chłodniczej Limited to regular coolers	Nie stosowano prom. UV No UV lights were used	Tak Yes	DS i DSW: wysoka ocena za kruchość, smak dojrzewającego na sucho mięsa, smak wołowy, zróżnicowany i pieczony. Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od metody (DS = DSW) i czasu (14 vs. 21 dni) dojrzewania	[1]

Rostbef Strip loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	9,0 - 13,9 <sup>c</sup>	21 lub 28	2,2	50	-	Prom. UV - dezynfekcja powietrza UV light air filtration	Tak Yes	DS i DSW: wysoka ocena za kruchość, smak wołowy, zmięmioty i pieczony. Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od metody (DS = DSW) i czasu (21 vs. 28 dni) doj- rzewania	[8]
Rostbef (LTL) Loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	O - R, 3	2 PM + 13	1,6	-	-	-	Tak Yes	DS i DSW wyższa kruchość i akceptowal- ność (DS = DSW > DM), w przypadku DSW również soczystość w porównaniu z DM (DSW > DS > DM)	[35]
Antrykot Ribeye	DS ćwierćtusze quarter	1,5 - 3	21					Tak Yes	Wyższe noty za kruchość i soczystość w porównaniu z DM. Brak istotnych różnic w zakresie smakowości	[28]
Rostbef <sup>d</sup> Loin	DS ćwierćtusze quarter	1,66 - 2,62	12 - 36	0 - 2	85 ± 2	0,5 ± 0,2	-	Tak Yes	Wzrost kruchości ocenianej na podstawie siły cięcia. Najkorzystniejsze prowadzenie DS powyżej 21 dni	[15]
Rostbef (LT) <sup>d</sup> Short loin	DS tusze carcasses	40,3	4, 11, 20, 30, 40, 50 lub 60	1 - 4	80 - 90	-	-	Tak Yes	W zakresie kruchości, soczystości, smaku oraz intensywności smaku umami, opty- malny okres DS dla wołowiny o bardzo dużej marmurkowości wynosi 40 dni	[16]
-	DS tusze carcasses	-	3, 25, 40, 50 lub 60	1 - 4	80 - 90	-	-	-		[29]

Objaśnienia / Explanatory notes:

DS – dojrzewanie suche / dry-ageing; DSW – dojrzewanie mokre (pakowanie próżniowe) / wet-ageing (vacuum packing); PM – przechowywanie *post mortem* / *post mortem* storage; LTL – *m. longissimus thoracis et lumborum*; LT – *m. longissimus thoracis*; GM – *m. gluteus medius*; EUROP – system klasyfikacji tusz stosowany w Unii Europejskiej obejmujący ocenę uformowania (klasa P – umięśnienie bardzo słabe, E<sup>+</sup> – umięśnienie doskonałe) oraz ocenę otuszczenia (1<sup>+</sup> – brak lub bardzo małe, 5<sup>+</sup> – bardzo duże) / carcass classification system used in the European Union including evaluation of conformation (class, P – very weak muscles, E<sup>+</sup> – perfect muscles) and assessment of fatness (fat cover class, 1<sup>+</sup> – none or very low, 5<sup>+</sup> – very high); USDA – system klasyfikacji Departamentu Rolnictwa Stanów Zjednoczonych (United States Department of Agriculture) uwzględniający m.in. wiek zwierzęcia oraz marmurkowość *m. longissimus dorsi* – kolejność klas od najbardziej pożądanej do najmniej wartościowej: Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter, Canner / classification system of United States Department of Agriculture that includes age of animal and marbling of *m. longissimus dorsi* – order of classes from most desirable to least valuable: Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter, Canner; <sup>a</sup> – zawartość tłuszczu oznaczona w surowcu (przed procesem dojrzewania) / fat content determined in raw meat (prior to ageing); <sup>b</sup> – dojrzewanie suche w tuszach / carcasses dry-ageing; <sup>c</sup> – zawartość tłuszczu oznaczona w produkcie (po okresie dojrzewania) / fat content determined in product (after ageing); <sup>d</sup> – element wykorzystywany w badaniach / cuts used in studies.

### Okres dojrzewania

W warunkach amerykańskich okres dojrzewania wołowiny dostępnej w handlu detalicznym i gastronomii wahał się od 1 do 358 dni, przy czym 44,2 % steków z rost-befu przechowywano krócej niż 14 dni od uboju [12]. W przypadku dojrzewania mięsa na sucho w praktyce najczęściej stosuje się okres 14 ÷ 35 dni [36]. W opinii Savella [30] jest to wystarczający czas do uzyskania pożądaných rezultatów procesu dojrzewania. Lepper-Blilie i wsp. [21] wykazali, że optymalny czas dojrzewania wołowiny wahał się od 21 do 28 dni, jakkolwiek dojrzewanie na sucho do 28. dnia znacząco nie zwiększa charakterystycznego profilu smakowo-zapachowego wołowiny w porównaniu z krótszym, tj. 21-dniowym okresem [8]. Ponadto Laster i wsp. [20] nie stwierdzili istotnych różnic w ocenie wyróżników sensorycznych steków między 14. a 35. dniem dojrzewania, a Ahnström i wsp. [1] pomiędzy 14. a 21. dniem. Smith i wsp. [34] podają, że stekom dojrzewającym przez 21 dni przyznano (w skali 10-punktowej) najwyższą notę za smak wołowy (7,2 pkt) w porównaniu ze stekami ze wszystkich pozostałych okresów dojrzewania (14 dni – 6,7 pkt vs. 28 dni – 6,8 pkt vs. 35 dni – 6,8 pkt). Każdy okres powyżej 21 dni dojrzewania wpływał zatem porównywalnie na ocenę smaku wołowego, podobnie jak 14-dniowy. Campbell i wsp. [6] wykazali, że 7-dniowy okres dojrzewania na sucho poprzedzony 7-dniowym przechowywaniem mięsa w warunkach próżniowych nie jest wystarczający do osiągnięcia pożądaných cech sensorycznych produktu. Dopiero wydłużenie dojrzewania do 14 dni przyniosło pożądanę rezultaty. Z kolei Iida i wsp. [16] podają, że optymalny okres dojrzewania na sucho wołowiny o dużej marmurkowatości (udział IMF = 40,3 %), ustalony na podstawie takich wyróżników sensorycznych, jak: kruchość, soczystość, smak oraz intensywność smaku umami, wynosi 40 dni. Perry [27] uważa, że w celu zapewnienia maksymalnych odczuć sensorycznych czas dojrzewania wołowiny na sucho powinien wynosić 50 ÷ 80 dni, jednak autor nie poparł tych zaleceń żadnymi wynikami badań. Niektóre restauracje w USA prowadzą dojrzewanie wołowiny na sucho przez 75, 90, 120, a nawet 240 dni. Jednakże tak długie przechowywanie mięsa jest indywidualnym wyborem szefów kuchni, wynikającym z osobistego doświadczeniu oraz chęci poszukiwania nowych doznań kulinarnych [7].

### Temperatura dojrzewania

Jednym z najważniejszych parametrów dojrzewania wołowiny na sucho jest temperatura, która determinuje aktywność enzymów endogennych i wzrost mikrobioty. Sugerowana temperatura dojrzewania wołowiny na sucho powinna wahać się od 0 do 4 °C i podobnie można ją również stosować w dojrzewaniu na mokro [1]. Przechowywanie mięsa w wyższych temperaturach przyspiesza procesy enzymatyczne i w efekcie podnosi atrakcyjność sensoryczną produktu. Niestety intensyfikuje również wzrost

bakterii i grzybów, będących przyczyną niepożądanych odchyłeń smaku i zapachu. Zaleca się zatem przechowywanie mięsa w jak najniższej temperaturze, nie dopuszczając jednak do zamrożenia surowca. Zastosowanie temperatury chłodniczej (poniżej 4 °C) hamuje wzrost większości bakterii patogennych (i/lub pojawienie się toksyn). Optymalna temperatura do długotrwałego dojrzewania mięsa wynosi -0,5 °C ( $\pm 1$  °C). Jeżeli proces prowadzony będzie krócej (1 do 2 tygodni) zaleca się temp. 2 ÷ 3 °C [2]. Przy dojrzewaniu istotne jest również zachowanie stabilnej temperatury. Zaleca się, aby pomieszczenie przeznaczone do dojrzewania mięsa na sucho wyposażone było w śluzy wejściowe i ewentualnie sąsiadowało z innym obszarem chłodzonym, tak aby uniemożliwić napływ ciepłego, wilgotnego powietrza z zewnątrz. Zastosowanie kurtyn paskowych z PCV jest również wskazane, gdyż ograniczają one wymianę powietrza przy otwartych drzwiach w chłodni [2].

### **Wilgotność względna**

Parametrem wymagającym kontroli w trakcie dojrzewania mięsa na sucho jest wilgotność względna powietrza. Para wodna w środowisku o wysokiej wilgotności ulega kondensacji na powierzchni mięsa, zwiększając aktywność wody ( $a_w$ ). Zjawisko to sprzyja rozwojowi bakterii i grzybów odpowiedzialnych za rozkład surowca. Z kolei zbyt niska wilgotność ogranicza rozwój mikroorganizmów, jednak w wyniku zwiększonego parowania zwiększa się ususzka i generowane są większe straty masy surowca, stanowiąc istotny problem natury ekonomicznej [30]. Wartości wilgotności względnej powietrza w dojrzewalni, podawane w badaniach naukowych, wahają się w dość szerokim zakresie 49 ÷ 98 % (tab. 1). W warunkach przemysłowych zalecany zakres wynosi 75 ÷ 85 % [2].

### **Obieg powietrza**

Podczas dojrzewania należy zapewnić niezakłóconą cyrkulację powietrza wokół odpowiednio rozmieszczonych elementów. Właściwy obieg skutkuje równomiernym osuszeniem powierzchni mięsa oraz zapobiega jego rozkładowi i powstawaniu niepożądanego zapachu. W przypadku niedostatecznej cyrkulacji powietrza mięso może uwolnić zbyt mało wilgoci, co negatywnie wpływa na rezultaty dojrzewania suchego. Z kolei zbyt intensywny obieg powietrza sprawia, że powierzchnia mięsa ulega szybkemu wysychaniu, co zwiększa straty produktu związane z koniecznością usuwania suchych i odbarwionych elementów surowca [2]. Prędkość i przepływ powietrza powinny być równomiernie utrzymywane przez cały okres dojrzewania, przy czym szczególnie ważne jest to w początkowym etapie procesu. Cyrkulację powietrza można kontrolować za pomocą odpowiednio zaprojektowanych urządzeń dojrzewalniczych, dodatkowych wentylatorów czy też systemów filtracji powietrza. Elementy wyposażenia, które pomagają optymalizować właściwy obieg powietrza to m.in. stelaże ze stali

nierdzewnej, wieszaki, haki lub perforowane półki [2]. Podawany w literaturze naukowej zakres prędkości przepływu powietrza w dojrzewalni wynosi  $0,2 \div 2,5$  m/s (tab. 1). W wytycznych eksportowych USA zaleca się mniejszy przepływ powietrza ( $0,5 \div 2,0$  m/s) [36], natomiast w australijskich –  $0,2 \div 0,5$  m/s [2].

Dotychczas wykonano niewiele badań z zakresu optymalizacji procesu dojrzewania mięsa na sucho. Poza czasem dojrzewania, zagadnienia związane z wpływem różnych temperatur przechowywania, poziomów wilgotności względnej czy prędkości przepływu powietrza na jakość i walory smakowe dojrzewającej na sucho wołowiny zasadniczo nie były podejmowane. Jedynym opracowaniem z tego zakresu jest artykuł Kima i wsp. [19], którzy fragmenty rostbefu poddawali dojrzewaniu przez 21 dni w różnym układzie czynników, tj. wilgotności względnej  $\times$  temperatura  $\times$  przepływ powietrza, stosując odpowiednio następujące ich wielkości: 1)  $76\% \times 1\text{ }^\circ\text{C} \times 0,2$  m/s, 2)  $73\% \times 1\text{ }^\circ\text{C} \times 0,5$  m/s, 3)  $49\% \times 3\text{ }^\circ\text{C} \times 0,2$  m/s, 4)  $55\% \times 3\text{ }^\circ\text{C} \times 0,5$  m/s. Wykazano, że steki dojrzewające przy  $49\%$  wilgotności względnej, w temp.  $3\text{ }^\circ\text{C}$  i przepływie powietrza  $0,2$  m/s (wariant 3) charakteryzowały się najkorzystniejszymi cechami sensorycznymi spośród analizowanych systemów przechowywania [19]. Nie oznacza to jednak, że warunki te są optymalne, zatem proces dojrzewania mięsa na sucho w zakresie poprawy cech jakościowych produktu może być nadal udoskonalany, z uwzględnieniem np. istotnych czynników hodowlanych determinujących początkową jakość surowca, takich jak: rasa, płeć, wiek zwierząt czy system utrzymania.

### **Wydajność i ubytki związane z suchym dojrzewaniem mięsa**

Utrata wody z mięsa w trakcie procesu dojrzewania na sucho ma kluczowe i korzystne znaczenie dla koncentracji wielu związków odpowiedzialnych za unikatową smakowitość tego typu wołowiny. Takie nieuniknione ubytki obniżają jednak wydajność produktu gotowego do sprzedaży. Powstała strata musi zatem zostać zrekompensowana końcową ceną steków. Ponadto dodatkowe koszty związane są z koniecznością utrzymania ściśle kontrolowanego środowiska procesu dojrzewania [30].

Przedstawione w tab. 2. wyniki wskazują, że całkowity ubytek związany z klasycznym dojrzewaniem na sucho całych elementów, jak np. rostbefu, wahał się od  $27,5$  do  $41,2\%$ . Wydłużenie okresu dojrzewania wpływa na zwiększone straty związane zarówno z większym ubytkiem dojrzewalniczym (z powodu utraty wody), jak i spowodowanym usuwaniem warstwy mięsa nadmiernie wysuszonego (tab. 2). Elementy tuszy wołowej poddawane dojrzewaniu suchemu, niezależnie od tego jak dobrze kontrolowane są parametry mikroklimatu dojrzewalni, tracą  $6,0 \div 16,4\%$  początkowej masy wskutek parowania wody (ubytek dojrzewalniczy). Straty związane z usuwaniem okrawek wahają się natomiast w granicach  $8,6 \div 30,0\%$  (tab. 2). W konsekwencji każda kolejna doba przechowania generuje ubytki masy elementów handlowych determinowanych utratą wilgoci w zakresie  $0,26 \div 0,74\%$ , natomiast tych związanych z wy-

krawaniem –  $0,31 \div 1,1$  %. Powyższe straty sprawiają, że wydajność handlowa całych elementów poddawanych dojrzewaniu na sucho zmniejsza się w trakcie przechowywania i po 35 dniach wynosi w przypadku antrykotu  $47,7 \div 63,5$  %, rostbefu –  $52,0 \div 69,8$  %, zaś krzyżowej –  $54,8$  % [20]. Wartości te są zdecydowanie niższe niż analogicznych elementów dojrzewających na mokro, odpowiednio w przypadku antrykotu –  $74,4 \div 88,1$  %, rostbefu –  $78,6 \div 87,1$  % i krzyżowej –  $73,6$  % [20]. Ponadto w przypadku dojrzewania mokrego (niezależnie od okresu przechowywania) wydajność handlowa zasadniczo utrzymuje się na niezmiennym poziomie. Jakkolwiek nie oznacza to, że podczas dojrzewania mokrego nie występują ubytki masy obniżające w konsekwencji jakość produktu.

DeGeer i wsp. [8] oraz Lepper-Blilie i wsp. [21] wykazali niższą wydajność odkostnionych elementów rostbefu dojrzewających na sucho w porównaniu do elementów z kością. Usunięcie kości z elementów zwiększa zarówno ubytki wody ( $19,1$  % vs.  $14,7$  %), jak i straty związane z wykrawaniem ( $34,4$  % vs.  $22,5$  %) [8]. Elementy z kością dojrzewające na sucho uzyskują zatem wyższą wydajność przeciętnie o  $10 \div 12$  % [8]. W badaniach [8] wykazano także niższe oceny cech sensorycznych steków pochodzących z elementów dojrzewających z kością. Na korzystniejsze rezultaty dojrzewania na sucho całych handlowych elementów wołowych wskazują Gudjónsdóttir i wsp. [11]. Cytowani autorzy wykazali, że całkowity ubytek masy steków (o grubości  $2,5$  cm) poddanych tej metodzie dojrzewania osiągnął w 3. tygodniu przechowywania aż  $73,4$  % ich pierwotnej masy (tab. 2). Wydajność handlowa elementów dojrzewających na sucho uzależniona jest również od ich prezentacji (na ogół wykazując zależność antrykot z kością > rostbef z kością > krzyżowa bez kości) [20] oraz klasy jakościowej USDA (zazwyczaj Choice < Select) [20].

Jednym z najnowszych rozwiązań mających na celu zwiększenie wydajności produktu jest zastosowanie do jego pakowania worków z folii o wysokiej przepuszczalności dla wilgoci [1]. Niemniej jednak całkowite ubytki mięsa dojrzewającego na sucho w worku są wciąż zdecydowanie większe ( $21,3 \div 37,1$  %) niż elementów dojrzewających na mokro ( $2,5 \div 20,2$  %). W porównaniu z klasycznym dojrzewaniem na sucho obserwuje się znaczne zmniejszenie wycieku dojrzewalniczego z mięsa dojrzewającego w worku, tzn. od  $0,2$  do  $4,8$  % [1]. W przypadku usuwania okrawek ubytki są natomiast zbliżone [22], mniejsze (o  $1,6 \div 2,3$  %) [1] lub nawet większe (o  $0,3 \div 2,5$  %) [8]. W konsekwencji całkowity ubytek masy produktów dojrzewających na sucho w workach jest nieznacznie mniejszy (o  $0,8 \div 4,0$  %) w porównaniu z klasycznym dojrzewaniem na sucho [1]. W literaturze przedmiotu publikowane są również dane wskazujące na większy ubytek masy mięsa dojrzewającego na sucho w worku (o  $0,55$  %) w porównaniu z metodami tradycyjnymi, które negują korzyści w zakresie minimalizacji strat przy zastosowaniu tego innowacyjnego systemu przechowywania [9].

Tabela 2. Ubytki oraz wyciek termiczny z mięsa w zależności od sposobu i czasu dojrzewania  
 Table 2. Losses and cooking loss from meat depending on method and ageing time

Rodzaj elementu Type of cuts	Rodzaj dojrzewania Type of ageing	Czas dojrzewania Ageing time [dni / days]	Wyciek dojrzewalniczy Weight loss [%]	Ubytek związany z okrawaniem Trimming loss [%]	Ubytek całkowity Combined loss [%]	Wyciek termiczny Cooking loss [%]	Źródło Reference
Rostbef Strip loin	Suche / Dry	14	13,65	-	-	26,31	[38]
	Mokre / Wet		0,76	-	-	30,84	
Rostbef Strip loin	Suche / Dry	23	6	24	36	20	[25]
	Mokre / Wet		2	3	6	27,5	
Rostbef Short loin	Suche / Dry	8 PM + 21	15,56	24,05	35,98	18,75	[9]
	Suche w worku Dry in bag		13,48	26,55	36,41	20,24	
	Mokre / Wet		2,90	3,53	6,32	21,38	
Rostbef + Antrykot Bone-in loin	Suche / Dry	7 DM + 28	13,9	8,6	-	15,3	[4]
	Suche w worku Dry in bag		9,1	7,0	-	15,8	
	Mokre / Wet		0,9	0	-	15,7	
Rostbef ( <i>m. longissimus thoracis et lumborum</i> ) Strip loin	Suche / Dry	8	6,9	22,1	27,5	-	[22]
	Suche / Dry	19	15,3	29,9	40,7	-	
	Suche w worku Dry in bag	8	5,8	22,2	26,7	-	
	Suche w worku Dry in bag	19	13,5	27,3	37,1	-	
	Mokre / Wet	8	1,2	19,3*	20,2*	-	
	Mokre / Wet	19	1,7	17,4*	18,8*	-	



Krzyżowa oko ( <i>m. gluteus medius</i> ) Eye of rump	Suche w worku Dry in bag	7 PM + 14	15,2	7,3	21,3	13,1	[23]
	Mokre / Wet		2,4	2,1	4,4	18,2	
Rostbef Strip loin	Suche / Dry	11 PM + 14	6,5	15,0	-	23,5	[1]
		11 PM + 21	10,2	17,9	-	22,9	
	Suche w worku Dry in bag	11 PM + 14	6,3	15,3	-	22,7	
		11 PM + 21	8,8	15,6	-	23,7	
Rostbef Strip loin	Suche/suche w worku** Dry/Dry in bag	21	14,8	27,3	38,0	17,1	[8]
		28	16,4	30,0	41,2	16,8	
		7	34,3	22,0	48,7	14,5	
Steki z rostbefu ( <i>m. longissimus dorsi</i> ) Steaks from strip loins	Suche / Dry	14	47,3	29,0	62,3	5,3	[11]
		21	57,6	38,0	73,4	5,5	
		7	26,7	11,0	35,3	13,4	
	Suche w chitozanie Dry in chitosan	14	39,8	17,0	50,3	6,7	
		21	50,8	20,0	60,6	2,6	
	Mokre / Wet	7	2,5	0,0	2,5	18,1	
		14	4,7	0,0	4,7	20,7	
		21	5,0	0,0	5,0	23,3	

Objaśnienia / Explanatory notes:

PM – przechowywanie *post mortem* / *post mortem* storage; (\*) – ubytek związany z usunięciem tłuszczu podskórnego / loss associated with trimming off subcutaneous fat; (\*\*) – średnia z dwóch sposobów dojrzewania / average of two ageing methods.

Interesujące są wyniki dotyczące wycieku termicznego z mięsa dojrzewającego w różnych systemach. Generalnie jego ilość w zależności od sposobu dojrzewania można uszeregować w następującej kolejności: dojrzewanie na mokro < dojrzewanie na sucho w worku < dojrzewanie tradycyjne na sucho. Niemniej niektórzy autorzy [1] nie stwierdzili istotnego wpływu metody dojrzewania mięsa na wielkość wycieku termicznego, a jeszcze inni odnotowali jego mniejszą wielkość w przypadku steków dojrzewających klasycznie w porównaniu z mięsem dojrzewającym na sucho w worku (o 2,1 ÷ 5,1 %) [8], jak i dojrzewającym na mokro (o 2,8 ÷ 7,5 %) [24]. Na wielkość wycieku cieplnego wpływa również metoda obróbki termicznej oraz końcowa temperatura, do której doprowadzane jest mięso [9]. Resumując, można stwierdzić, że pewne starty generowane w trakcie tradycyjnego dojrzewania surowca mogą zostać zrekomensowane mniejszymi ubytkami w czasie jego obróbki termicznej. Niezależnie od tego, aby zrekomensować straty związane z przeprowadzeniem procesu dojrzewania na sucho, cena wołowiny powinna być wyższa (przy zachowaniu porównywalnej wartości sprzedaży netto i marży) od 16 do 20 % w porównaniu z wołowiną pakowaną próżniowo [21].

### Praktyki innowacyjne

Jakkolwiek prowadzony wspólnie proces dojrzewania mięsa na sucho, poza pewnymi modyfikacjami istniejących technologii, jest względnie niezmienny i polega na tradycyjnych praktykach, to istnieją już alternatywne rozwiązania mogące zwiększyć wydajność i poprawić jakość wołowiny poddanej tej metodzie dojrzewania.

Dojrzewanie suche w workach wysoko przepuszczalnych dla pary wodnej to zintegrowany system określany mianem **dojrzewania suchego w worku** (ang. *dry aging in a bag*). Stanowi on połączenie tradycyjnego dojrzewania na sucho z metodą dojrzewania na mokro. Folia opakowaniowa przeznaczona dla tego typu dojrzewania to termoplastyczny elastomer o grubości 2 mm, wykonany z elastycznego polimeru i sztywnego poliamidu. Worki znane pod nazwą handlową Tublin®5 i Tublin®10 (Tub-ex ApS, Taars, Dania) charakteryzują się wysoką przepuszczalnością pary wodnej odpowiednio 5000 g i 2500 g/50 µm<sup>2</sup>/24 h w temp. 38 °C i przy 50-procentowej wilgotności względnej oraz tlenu – 2,3 ml/m<sup>2</sup>/24 h. Zadaniem tego systemu jest symulacja tradycyjnego dojrzewania na sucho. Pomimo że następuje utrata wilgoci z produktu, to ilość silnie obsuszonej powierzchniowej warstwy mięsa jest mniejsza. Worki ograniczają również dostęp powietrza w trakcie przechowywania, co w efekcie wymaga mniej rygorystycznego nadzoru nad jego jakością [11].

W badaniach [1] wykazano, że wydajność elementów handlowych poddanych dojrzewaniu na sucho w specjalnych workach, w porównaniu z odpowiednikami dojrzewającymi na sucho sposobem tradycyjnym, była znacznie większa (mniejszy ubytek masy i straty związane z wykrawaniem). Ponadto elementy charakteryzowały się lep-

szym statusem mikrobiologicznym oraz porównywalnym poziomem cech sensorycznych.

Niedogodnościami związanymi ze stosowaniem dojrzewania suchego w worku mogą być problemy ze zgrzewaniem worków podczas pakowania próżniowego oraz niebezpieczeństwo ich rozszczelnienia w trakcie chłodniczego przechowywania [10]. Użycie worków, nawet przy uwzględnieniu mniejszych strat produktu, podnosi jednak cenę za każdy kilogram wołowiny przeciętnie o ok. 1,5 USD [10].

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie **biopolimerów** jako aktywnych materiałów opakowaniowych. Gudjónsdóttir i wsp. [11] wykorzystali do tego celu maty z nano- i mikrowłókien chitozanu – naturalnego, nietoksycznego i biodegradowalnego polimerem o właściwościach antybakteryjnych. Autorzy wykazali, że zapakowana w ten sposób wołowina odznaczała się większą wydajnością (mniejszymi ubytkami), lepszym statusem mikrobiologicznym (mniejszą liczbą bakterii tlenowych, drożdży i pleśni), jaśniejszą barwą oraz mniejszą denaturacją białek mięśniowych w porównaniu ze stekami dojrzewającymi tradycyjnie na sucho [11].

W urządzeniach do dojrzewania w celu zmniejszenia ryzyka rozwoju mikroorganizmów, a tym samym poprawy trwałości mięsa, można wykorzystać również **promieniowanie ultrafioletowe (UV)**. Wykazano [8], że promieniowanie UV o długości fali w zakresie 200 ÷ 300 nm jest skuteczne w dezaktywowaniu lub uszkodzeniu mikroorganizmów. Im promieniowanie UV jest bliżej powierzchni mięsa, tym efekt bakteriobójczy jest skuteczniejszy. Jednakże mikroorganizmy mogą namnażać się w obszarach, gdzie promieniowanie UV rzuca cienie np. na szorstkich powierzchniach elementów zasadniczych tuszy. Zalecana liczba lamp UV w komorze chłodniczej to 1 sztuka na 5 m<sup>2</sup> powierzchni. Sugeruje się wymianę lamp UV co 6 miesięcy w celu utrzymania efektywności promieniowania [10]. Co więcej, nie zawsze surowiec musi być ekspozycyjny na bezpośrednie działanie promieniowania UV. Promieniowanie to może zostać użyte do dezynfekcji powietrza w urządzeniach dojrzewalniczych [38].

Niekonwencjonalną technologią, którą można wykorzystać do oczyszczania powietrza w produkcji mięsa jest opatentowana w Australii (BAXX Australia Pty Ltd, Frenchs Forest, NSW) **zimna plazma** wykorzystywana do niszczenia bakterii, wirusów i zarodników grzybów przenoszonych drogą powietrzną. Jednostki hydroksylowe powstające w wyniku oddziaływania plazmy z cząsteczkami wody zawartej w powietrzu wiążą się ze ścianami komórkowymi mikroorganizmów, zakłócając ich metabolizm i przyczyniając się do ich niszczenia [10].

W sytuacji, gdy występują problemy z kontrolą wilgotności względnej powietrza w urządzeniach do dojrzewania, możliwe jest stosownie **bloków soli** (ścian solnych) o właściwościach higroskopijnych [10]. Wpływ zastosowanego w nich rodzaju soli na cechy sensoryczne mięsa nie został dotychczas potwierdzony w badaniach [10], jak-

kolwiek spotyka się informacje [5] wskazujące, że użycie np. soli himalajskiej sprzyja intensyfikacji smaku produktu.

### Podsumowanie

Wołowina dojrzewająca na mokro w opakowaniu próżniowym zdominowała rynek mięsa dzięki możliwości poprawy jej kruchości, przy jednoczesnym ograniczaniu ubytków. Dojrzewanie na sucho wypełnia obecnie niszę dla tych konsumentów, którzy chcą zapłacić za coś, co może być uznane za luksus, a nie konieczność. Jedynie proces dojrzewania na sucho pozwala uzyskać wołowinę o unikatowej smakowitości, dlatego jest ona wciąż pożądana przez konsumentów. Zabieg ten jest jednak przedsięwzięciem kosztownym ze względu na konieczność zapewnienia odpowiednich warunków, niezbędnych do przebiegu prawidłowego procesu dojrzewania i osiągnięcia oczekiwanej smakowitości. Konieczne jest również zapewnienie odpowiedniego surowca, tj. mięsa najwyższej jakości z odpowiednią marmurkowatością. Ponadto straty poniesione na etapie dojrzewania, a związana z niższą wydajnością surowca (wyższymi ubytkami), wymagają rekompensaty, co przekłada się na wyższe ceny w handlu detalicznym lub gastronomii. Biorąc pod uwagę znaczący wzrost zainteresowania wołowiną dojrzewającą na sucho i popytu na nią, jak również stale istniejący rynek konsumentów o wysokich wymaganiach, którzy są gotowi zapłacić więcej za taki produkt, wskazane jest kontynuowanie ukierunkowanych badań, uwzględniających zmodyfikowane warunki dla tej metody dojrzewania. Uzyskane wyniki w postaci wytycznych i zaleceń powinny stanowić cenne wskazówki dla przetwórców i sprzedawców detalicznych, zainteresowanych produkcją tego typu wołowiny.

*Pracę zrealizowano w ramach „Projektu finansowanego w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022, nr projektu 029/RID/2018/19, kwota finansowania 11 927 330,00 zł”*

### Literatura

- [1] Ahnström M.L., Seyfert M., Hunt M.C., Johnson D.E.: Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Sci.*, 2006, 73, 674-679.
- [2] AMPC and MLA: Meat Technology Update. Dry Ageing of Beef. [on line]. Australian Meat Processor Corporation and Meat and Livestock Australia, 2010. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <https://www.mla.com.au/download/finalreports?itemId=3169>
- [3] Bartholomä A., Schering B., Horn D.: Lebensmittelrechtliche Bewertung von “Dry aged beef”. *Fleischwirt.*, 2013, 6, 104-109.
- [4] Berger J., Kim Y.H.B., Legako J.F., Martini S., Lee J., Ebner P.E., Zuelly S.M.S.: Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Sci.*, 2018, 145, 285-291.

- [5] Blok soli himalajskiej. [on line]. Firma CHRIS. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <http://dry-ager.pl/>
- [6] Campbell R.E., Hunt M.C., Levis P., Chambers E.: Dry-aging effects on palatability of beef *Longissimus* muscle. *J. Food Sci.*, 2001, 66, 196-199.
- [7] Dashdorj D., Tripathi V.K., Cho S., Kim Y., Hwang I.: Dry aging of beef – Review. *J. Anim. Sci. Technol.*, 2016, 58, #20. DOI: 10.1186/s40781-016-0101-9.
- [8] DeGeer S.L., Hunt M.C., Bratcher C.L., Crozier-Dodson B.A., Johnson D.E., Stika J.F.: Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Sci.*, 2009, 83, 768-774.
- [9] Dikeman M.E., Obuz E., Gök V., Akkaya L., Stroda S.: Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat Sci.*, 2013, 94, 228-233.
- [10] Galletly J.: Dry aged beef – design and good manufacturing practices review. Final report. Meat and Livestock Australia Ltd, Sydney 2016.
- [11] Guđjónsdóttir M., Gacutan M.D., Mendes A.C., Chronakis I.S., Jespersen L., Karlsson A.H.: Effects of electrospun chitosan wrapping for dry-ageing of beef, as studied by microbiological, physico-chemical and low-field nuclear magnetic resonance analysis. *Food Chem.*, 2015, 184, 167-175.
- [12] Guelker M.R., Haneklaus A.N., Brooks J.C., Carr C.C., Delmore R.J. Jr., Griffin D.B., Hale D.S., Harris K.B., Mafi G.G., Johnson D.D., Lorenzen C.L., Maddock R.J., Martin J.N., Miller R.K., Raines C.R., VanOverbeke D.L., Vedral L.L., Wasser B.E., Savell J.W.: National Beef Tenderness Survey - 2010: Warner-Bratzler shear-force values and sensory-panel ratings for beef steaks from United States retail and foodservice establishments. *J. Anim. Sci.*, 2013, 91, 1005-1014.
- [13] Harbi Meat: Wołowina sezonowana na sucho ma bogatszy smak. [on line]. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <http://www.portalspozywczy.pl/mieso/wiadomosci/harbi-meat-wołowina-sezonowana-na-sucho-ma-bogatszy-smak,155009.html>
- [14] Hodges J.H., Cahill V.R., Ockerman H.W.: Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts. *J. Food Sci.*, 1974, 39, 143-146.
- [15] Hulánková R., Kameník J., Saláková A., Závodský D., Borilova G.: The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2018, 89, 559-565.
- [16] Iida F., Miyazaki Y., Tsuyuki R., Kato K., Egusa A., Ogoshi H., Nishimura, T.: Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle. *Meat Sci.*, 2016, 112, 46-51.
- [17] Jeremiah L.E., Gibson L.L.: The effects of *post mortem* product handling and aging time on beef palatability. *Food Res. Internat.*, 2003, 36, 929-941.
- [18] Kemp C.M., Sensky P.L., Bardsley R.G., Buttery P.J., Parr T.: Tenderness – an enzymatic view. *Meat Sci.*, 2010, 84, 248-256.
- [19] Kim Y.H.B., Kemp R., Samuelsson L.M.: Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Sci.*, 2016, 111, 168-176.
- [20] Laster M.A., Smith R.D., Nicholson K.L., Nicholson J.D.W., Miller R.K., Griffin D.B., Harris K.B., Savell J.W.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Sci.*, 2008, 80, 795-804.
- [21] Lepper-Blilie A.N., Berg E.P., Buchanan D.S., Berg P.T.: Effects of *post mortem* aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Sci.*, 2016, 112, 63-68.
- [22] Li X., Babol J., Bredie W.L.P., Nielsen B., Tománková J., Lundström K.: A comparative study of beef quality after ageing *longissimus* muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Sci.*, 2014, 97, 433-442.

- [23] Li X., Babol J., Wallby A., Lundström K.: Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Sci.*, 2013, 95, 229-234.
- [24] Nishimura T., Rhue M.R., Okitani A., Kato H.: Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agric. Biol. Chem.*, 1988, 52, 2323-2330.
- [25] Obuz E., Akkaya L., Gök V., Dikeman M.E.: Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of *Longissimus lumborum* steaks from cull Holstein cows. *Meat Sci.*, 2014, 96, 1227-1232.
- [26] Parrish F.C., Boles J.A., Rust R.E., Olson D.G.: Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *J. Food Sci.*, 1991, 56, 601-603.
- [27] Perry N.: Dry aging beef. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 2012, 1, 78-80.
- [28] Richardson R.I., Nute G.R., Wood J.D.: Effect of wet vs dry ageing on eating quality of beef from traditional breeds. *Proc. 54<sup>th</sup> ICoMST, CapeTown, South Africa, 2008*, pp. 1993-1995.
- [29] Ryu S., Park M.R., Maburutse B.E., Lee S.J., Lee W.J., Cho S., Kim, Y.: Diversity and characteristics of meat microbiological community on dry aged beef. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 2018, 28, 105-108.
- [30] Savell J.W.: Dry-aging of beef: Executive Summary. Center for Research and Knowledge Management. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, Colorado, 2008.
- [31] Savell J.W., Harris K.B., Miller R.K., Griffin D.B., Laster M.A., Voges K.L.: Tenderness, Flavor and Yield Assessments of Dry Aged Beef: Project Summary. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, Colorado, 2007.
- [32] Sitz B.M., Calkins C.R., Feuz D.M., Umberger W.J., Eskridge K.M.: Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *J. Anim. Sci.*, 2006, 84, 1221-1226.
- [33] Smith A.M., Harris K.B., Griffin D.B., Miller R.K., Kerth C.R., Savell J.W.: Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. *Meat Sci.*, 2014, 97, 21-26.
- [34] Smith R., Nicholson K., Nicholson J., Harris K., Miller R., Griffin D., Savell J.W.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Sci.*, 2008, 79, 631-639.
- [35] Stenström H., Li X., Hunt M.C., Lundström K.: Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef *longissimus* muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Sci.*, 2014, 96, 661-666.
- [36] United States Meat Export Federation: Guidelines for U.S. Dry-aged Beef for International Markets. [on line]. USMEF. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/>
- [37] Velotto S., Pagano F., Barone C.M.A., Esposito M., Civale G., Crasto A.: Effect of aging technologies on some qualitative characteristics of *Longissimus dorsi* muscle of Marchigiana beef. *Agron. Res.*, 2015, 13 (4), 1143-1151
- [38] Warren K.E., Kastner C.L.: A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *J. Muscle Foods*, 1992, 3, 151-157.

## DRY AGEING OF BEEF – TECHNOLOGICAL ASPECTS

### S u m m a r y

Beef ageing can be carried out in two ways, i.e. dry and wet. The historically older method that leads to the improvement of sensory characteristics (tenderness, juiciness, and palatability) is dry ageing of beef. However since the vacuum packaging was introduced in the 1970s, wet ageing began to prevail as a basic

method of distribution, storage, and ageing of beef. Dry ageing fills a niche for the consumers willing to pay for something that may be considered a luxury rather than a necessity. It should also be emphasized that only the dry ageing process makes it possible to produce beef meat showing a unique flavour profile. However this treatment is an expensive venture because it is essential to provide both the proper raw material, i.e. meat of the highest quality grade with proper marbling and the controlled conditions of the microclimate in ageing rooms, which are indispensable for this process to run in the correct way. In addition, the losses incurred at the dry ageing stage and associated with a lower product yield (higher losses) mean a ca. 20 % higher price compared to that of the product ageing under vacuum conditions. Although dry beef ageing has been practiced for decades, the optimal process conditions have not yet been clearly defined. In the reference literature, the most frequently reported parameters are: temperature ranging between 0 and 4 °C; relative humidity – 75 ÷ 85 % and air flow velocity – 0.2 ÷ 2.5 m/s. The dry beef ageing period is similar to that of wet ageing (usually from 14 to 35 days), although sometimes it can be increased by 2 or even 8 months. It should be stressed, that recently a significant increase has been found in the interest and demand for dry-ageing beef, which is linked with greater affluence of consumers, their growing awareness and with their search for new culinary experiences. This type of beef is considered to be a premium product, which is unique and of high quality, albeit more expensive.

**Key words:** beef, dry-ageing, process parameters, product quality, losses, innovative solutions 

HALINA MAKALA

## ZASTOSOWANIE METODY WYSOKICH CIŚNIEŃ W PRZETWÓRSTWIE MIĘSA I PRODUKTÓW MIĘSNYCH

### Streszczenie

Celem pracy była ocena możliwości i skuteczności stosowania metody wysokich ciśnień w przetwórstwie mięsa i produktów mięsnych oraz wskazanie kierunków rozwoju technologii HP (ang. *high pressure*) na podstawie przeglądu literatury przedmiotu.

Przedstawiono charakterystykę metody HP w utrwalaniu żywności, zasady oddziaływania wysokiego ciśnienia na produkty żywnościowe oraz zalety wynikające z jego stosowania. Przedłużenie trwałości produktów żywnościowych uzyskuje się m.in. przez redukcję liczby drobnoustrojów lub zmniejszenie aktywności enzymów. Podano mechanizm niszczenia mikroorganizmów przez wysokie ciśnienie. Scharakteryzowano potencjał metody HP w obszarze przetwórstwa mięsa i przetworów mięsnych. Omówiono wpływ wysokiego ciśnienia na zmiany w strukturze białek i na barwę mięsa, jak również na utlenianie tłuszczów w mięsie i jego przetworach. Przedstawiono możliwości zmniejszania zawartości soli w wyniku zastosowania wysokiego ciśnienia oraz jego wpływ na cechy jakościowe i sensoryczne produktów mięsnych. Opiszano rolę stosowania wysokiego ciśnienia w surowcach i przetworach mięsnych w opakowaniach. Wymieniono propozycje zwiększania efektu letalnego w stosunku do mikroorganizmów poprzez łączenie metody HP z czynnikami wzmacniającymi synergistyczny efekt konserwowania mięsa i produktów mięsnych, takimi jak: niskie pH, dwutlenek węgla, środki przeciwdrobnoustrojowe, pakowanie próżniowe czy przechowywanie produktów w warunkach chłodniczych. Wskazano także kierunki rozwoju metody HP.

**Słowa kluczowe:** mięso i przetwory mięsne, metoda wysokich ciśnień (HP), skuteczność stosowania HP, trendy

### Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się bardzo dynamiczny rozwój nowoczesnej techniki utrwalania żywności polegającej na poddawaniu produktów spożywczych o konsystencji płynnej lub stałej równomiernie w całej ich objętości działaniu ciśnienia od 100 do 1000 MPa w ciągu 5 - 20 min. Metoda wysokich ciśnień stosowana jest najczęściej



w celu przedłużenia trwałości żywności, którą uzyskuje się poprzez redukcję liczby drobnoustrojów lub zmniejszenie aktywności enzymów [19, 22, 26, 31, 51, 56], przy równoczesnym zachowaniu właściwości, tj. barwy, smaku i składników odżywczych [42, 34]. Metoda ta należy do niekonwencjonalnych sposobów utrwalania żywności. Jest ona alternatywą lub uzupełnieniem zabiegów konwencjonalnych, głównie termicznych.

Mechanizm niszczenia mikroorganizmów przez wysokie ciśnienie polega na tym, że zakłóca ono funkcje komórkowe organizmów żywych, wywołuje niekorzystne reakcje biochemiczne i powoduje nieodwracalne zmiany w błonie komórkowej oraz w błonie form przetrwalnikowych. Procesy te następują w przeciągu kilku do kilkudziesięciu minut. Największą wrażliwość na wysokie ciśnienie wykazują komórki wegetatywne bakterii Gram-ujemnych. Obumierają one przy ciśnieniu powyżej 100 MPa. Bardziej wytrzymałe są komórki bakterii Gram-dodatnich, a zwłaszcza formy przetrwalnikowe. Przetrwalniki bakterii rodzajów *Bacillus* i *Clostridium* są w stanie wytrzymać ciśnienie rzędu 1200 MPa [22, 27, 55, 63]. Technologia HP umożliwia skuteczną eliminację z mięsa i jego przetworów bakterii z rodzaju: *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, a także *Aeromonas hydrophila* [48].

Wysokie ciśnienie może być alternatywnym sposobem dla cieplnego utrwalania przetworów mięsnych i niszczenia szkodliwych mikroorganizmów. HP może także wywierać istotny wpływ na kształtowanie profilu tekstury oraz cech sensorycznych wyrobu. Zaletą tej technologii jest brak oddziaływań zmniejszających zawartość składników odżywczych lub wywierających negatywny wpływ na właściwości produkowanych przetworów mięsnych [15]. Specyfika oddziaływania wysokiego ciśnienia znajduje również zastosowanie do modyfikowania cech funkcjonalnych zarówno składników surowca, jak i gotowego produktu, co pozwala na tworzenie pożądanych cech reologicznych [39, 40, 43, 48, 52].

Prowadzone są intensywne prace i badania nad rozszerzeniem możliwości wykorzystania techniki wysokociśnieniowej w przemyśle spożywczym, w tym przetwórstwie mięsa, zarówno jako nietermicznej metody utrwalania żywności, jak też jej przetwarzania, w tym tworzenia produktów o nowych cechach funkcjonalnych i sensorycznych.

Celem pracy była ocena możliwości i skuteczności stosowania technologii wysokich ciśnień w przetwórstwie mięsa i produktów mięsnych oraz wskazanie kierunków rozwoju metody HP na podstawie analizy danych literaturowych.

### **Ogólna charakterystyka technologii wysokich ciśnień**

Niszczący wpływ podwyższonego ciśnienia na drobnoustroje i związaną z tym możliwość wykorzystania go do konserwowania żywności po raz pierwszy zaobserwowano pod koniec XIX wieku, kiedy zastosowano wysokie ciśnienie do utrwalenia

mleka. Jako początek tej technologii przyjmuje się uruchomienie w Japonii w 1991 roku pierwszej półautomatycznej linii konserwowania soków cytrusowych, do których utrwalania zastosowano metodą wysokociśnieniową. Od tego czasu nastąpił dynamiczny rozwój techniki wysokociśnieniowej konserwowania różnych produktów żywnościowych, głównie w USA i w Japonii, a w Europie przede wszystkim w Hiszpanii i w Niemczech. Obecnie metodami wysokociśnieniowymi konserwowanych jest kilkaset różnych produktów żywnościowych, takich jak warzywa, owoce i ich przetwory, owoce morza, wędliny, mleko, produkty gotowe do spożycia i inne [22, 36, 47, 60].

Ideą wysokociśnieniowej metody konserwowania produktów spożywczych jest utrwalanie surowców bez potrzeby stosowania metod termicznych. Produkty finalne powinny charakteryzować się zmniejszoną bądź zdezaktywowaną florą mikrobiologiczną oraz zachowywać wartościowe składniki odżywcze, a jednocześnie nie tracić walorów sensorycznych [14, 58, 63].

Pod względem mechanicznym metoda ta podlega prawu Pascala. Ciśnienie wymusza zmiany objętości cieczy, którą jest woda bądź olej. Przyrost ciśnienia w jednym miejscu równy jest wzrostowi ciśnienia w innym punkcie systemu, sam system przeciwstawia się wymuszeniu z równą siłą. Woda poddana działaniu ciśnienia zmniejsza swą objętość o 4 % przy ciśnieniu 100 MPa, podczas gdy przy 600 MPa zmiana ta wynosi 15 % (w temperaturze pokojowej). W czasie kompresji następuje wzrost temperatury i dochodzi to podgrzania medium i samej próbki. W procesach adiabatycznych wzrost temperatury wody jest rzędu 2 lub 3 °C na 100 MPa. Wzrost temperatury surowca lub produktu poddawanego działaniu ciśnienia zależy natomiast od jego właściwości termodynamicznych, takich jak pojemność cieplna czy współczynniki ściśliwości i rozszerzalności termicznej [29, 63].

Do zalet metody wysokociśnieniowej zalicza się: zwiększenie trwałości produktów w wyniku niszczenia drobnoustrojów, równomierność działania ciśnienia w całej objętości, krótki czas trwania procesu oraz niewielkie zapotrzebowanie na energię. Stosuje się taką samą ilość energii bez względu na wielkość wsadu produkcyjnego [52, 63].

Wpływ wysokiego ciśnienia na produkty żywnościowe polega na:

- oddziaływaniu mechanicznym – zmniejszenie odległości międzyatomowych w nieznacznym stopniu wpływa na proste związki chemiczne,
- działaniach termodynamicznych i przemianach fazowych – zmiana stanu skupienia, w tym przemiany fazowe w wodzie i lipidach oraz fosfolipidach,
- oddziaływaniu na związki białkowe w tym na peptydy łańcuchowe,
- niszczącym działaniu na mikroorganizmy, takie jak drożdże, bakterie, zarodniki bakterii, przy czym najistotniejsze są przemiany fazowe prowadzące do uszkodzenia błon komórkowych mikroorganizmów [4, 27].

Zastosowanie wysokiego ciśnienia i innych czynników przeciwdrobnoustrojowych pozwala na zwiększenie efektu letalnego wobec mikroorganizmów, chociaż nawet w takich warunkach trudno jest osiągnąć całkowitą ich inaktywację w umiarkowanych temperaturach. Przy ustalaniu parametrów procesu ciśnieniowej inaktywacji należy mieć na uwadze, że mikroorganizmy są znacznie mniej wrażliwe na niekorzystne warunki, gdy znajdują się w środowisku żywności oraz że nawet pomiędzy szczepami w obrębie jednego gatunku występuje duże zróżnicowanie ich wrażliwości [38].

O zastosowaniu technologii wysokich ciśnień w przemyśle spożywczym krajów zachodnich zdecydowały przede wszystkim mechanizmy niszczące mikroorganizmy, jak i oddziałujące na związki białkowe. Ten sposób konserwowania określany jest również jako pasteryzacja ciśnieniowa czy paskalizacja – dla podkreślenia roli ciśnienia, co wynika z jego niszczącego działania na mikroorganizmy, podczas gdy mechanizmy powodujące oddziaływanie na związki białkowe umożliwiają ciśnieniową tenderyzację produktów [17, 35, 40, 43, 46].

Potencjał technologii HP w przetwórstwie żywności spowodował jego komercjalizację w wielu regionach świata, w tym w Azji (Japonia, Chiny i Korea Południowa), Ameryce Północnej (Stany Zjednoczone, Kanada i Meksyk), Europie (Francja, Wielka Brytania, Niemcy, Hiszpania, Portugalia, Włochy i in.) i Australii. Szacuje się, że przetwarzanie żywności przy użyciu tej metody stanowi rynek o wartości ponad 2 miliardów USD [61].

### **Wpływ HP na strukturę białek**

Struktura białek mięsa i przetworów mięsnych charakteryzuje się wysoką wrażliwością na ciśnienie makrocząsteczek w komórce. Ciśnienie naturalnie występujące w środowisku nie powoduje denaturacji białek, które dostosowują się do podwyższonego ciśnienia poprzez zmiany konformacji. Zmiany te są wystarczające do tego, by wpływać na ich funkcjonowanie, zmieniać właściwości białek lub powodować ich dezaktywację [4, 44, 53]. Zastosowanie metody HP do obróbki mięsa wpływa na stabilność mikrobiologiczną surowca. Kształtuje również właściwości funkcjonalne białek, takie jak: absorpcja i retencja wody czy zdolność emulgowania i solubilizacji białek miofibrylarnych [26].

Niskie ciśnienia (< 100 MPa) nie wpływają na wiązania kowalencyjne, a tym samym na strukturę pierwszorzędową. W przypadku wyższych ciśnień zerwaniu mogą ulegać wiązania wodorowe, co oddziałuje na struktury drugorzędowe białek [10]. Ciśnienia powyżej 150 MPa mogą oddziaływać na struktury czwartorzędowe, a powyżej 200 MPa powodują zmiany na poziomie struktur trzeciorzędowych. W przedziale ciśnień 100 ÷ 200 MPa obserwuje się denaturację białek, agregację oraz przejście do fazy żelowej. Powyższe zmiany zależą od zawartości białek [4, 7].

Zastosowanie wysokiego ciśnienia zmienia właściwości białek mięśniowych. Ulegają one zmianom fizykochemicznym, takim jak: denaturacja, dysocjacja, solubilizacja, agregacja i żelowanie, których szybkość i zakres uzależniony jest od poziomu ciśnienia, temperatury, pH i siły jonowej [28]. Najbardziej znaczący wpływ ciśnienia wykryto w mięsie w przypadku białek sarkoplazmatycznych i miofibrylarnych. Białka sarkoplazmy, głównie enzymy i pigmenty hemu, są bardzo podatne na denaturację pod wpływem ciśnienia powyżej 200 MPa, podczas którego zmienia się zdolność zatrzymywania wody i barwa mięsa [37]. Białka miofibrylarne są powiązane ze strukturą mięsa i rozkładają się, gdy ciśnienie wynosi 300 MPa i więcej. W wyniku tego następuje denaturacja, aglomeracja i tworzenie żelu [9, 18, 19, 59].

W procesie tenderyzacji „ciśnieniowej” zachodzą istotne zmiany wodochłonności (WHC, ang. *water-holding capacity*) tkanki mięśniowej. W efekcie działania wysokiego ciśnienia następuje rozluźnienie struktur wewnątrz- i międzykomórkowych, powstanie nowych przestrzeni dostępnych dla wody, a tym samym zwiększenie istniejących. To powoduje wzrost wodochłonności mięsa, co ma istotne znaczenie w jego procesie przetwórstwa [12, 13, 33].

### **Wpływ HP na barwę mięsa**

Przy zakupie mięsa i przetworów jednym z najważniejszych wyróżników jakości dla konsumenta jest ich wygląd zewnętrzny i barwa. Barwa mięsa zależy od ilości i stanu chemicznego obecnych hemoprotein, a także od struktury mięsa [10, 54].

Badania wskazują, że HP wywołuje drastyczne zmiany barwy mięsa świeżego, podczas gdy w peklowanych produktach mięsnych obserwowane zmiany są dopuszczalne i zależą od poziomu zawartości i aktywności wody ( $a_w$ ). Są one spowodowane utlenianiem mioglobiny do metmioglobiny [2, 16].

Inaktywację drobnoustrojów w mięsie zwykle osiąga się przy ciśnieniu powyżej 400 MPa. W efekcie takiego wzrostu ciśnienia występuje przebarwienie mięsa z powodu denaturacji białka [64]. Już zastosowanie ciśnienia powyżej 200 MPa powoduje w ciągu kilku minut w niskich temperaturach drastyczną zmianę barwy czerwonego mięsa [5, 62]. W większości przeprowadzonych badań [16, 27, 28, 54, 62] stwierdzono wzrost składowej jasności barwy mięsa ( $L^*$ ) w zakresie stosowanego ciśnienia 200 ÷ 350 MPa i zmianę czerwonej barwy na jaśniejszą, różową. Wartość składowej czerwonej barwy ( $a^*$ ) zmniejszała się przy ciśnieniu 400 ÷ 500 MPa, powodując zmianę barwy mięsa na szarobrązową o wyglądzie podobnym do produktu gotowanego, jednak był to parametr bardziej zmienny i zależny od typu eksperymentu (tj. rodzaju mięsa, stanu rozdrobnienia oraz warunków technologii HP). Pod wpływem wysokiego ciśnienia wartość barwy żółtej ( $b^*$ ) wzrastała lub pozostawała na tym samym poziomie. Wykazano również, że zmiany barwy mięsa wieprzowego poddanego obróbce pod ciśnieniem 200 ÷ 800 MPa, w temp. 5 i 20 °C przez 10 min zależą głównie od wysokości

ciśnienia, w mniejszym stopniu – od zastosowanej temperatury [3]. Wielkość i natężenie niekorzystnych zmian barwy pod wpływem HP są zależne od zawartości mioglobiny i dotyczą w większym stopniu świeżego mięsa czerwonego, np. wołowego niż mięsa wieprzowego, drobiowego czy wędlin. Pod wpływem wysokiego ciśnienia mięso staje się jaśniejsze, może przyjmować konsystencję żelu, przez co traci typowy wygląd świeżego surowca [39, 52].

Hać-Szymańczuk i wsp. [21] wykazali, że zastosowanie wysokociśnieniowego procesu produkcji polędwicy sopockiej i surowej polędwicy wędzonej wpłynęło na rozjaśnienie barwy produktów oraz niekorzystne zwiększenie ilości wycieku. Stwierdzili również, że niepożądane zmiany można ograniczać poprzez zmianę parametrów procesu, tj. usuwanie tlenu i podnoszenie wartości pH produktów, co z kolei można osiągnąć przez zastosowanie odpowiednich czynników dodatkowych.

### **Wpływ HP na utlenianie tłuszczów w mięsie**

Tłuszcze biorą udział w kształtowaniu cech smakowo-zapachowych mięsa i przetworów mięsnych [13]. Podczas obróbki termicznej mięsa zachodzą łagodne reakcje oksydacji i degradacji lipidów, w wyniku których powstają pożądane związki smakowo-zapachowe. Długotrwałe przechowywanie mięsa powoduje natomiast znaczne zmiany oksydacyjne we frakcji lipidowej i przyczynia się do tworzenia posmaku jęłkiego, z odczuciem smaku gorzkiego, kwaśnego lub alkalicznego [57].

Produktami utleniania tłuszczów odpowiedzialnych za powstawanie zjełczałego, niepożądanego smaku i zapachu są: niskocząsteczkowe substancje lotne, głównie krótkołańcuchowe aldehydy oraz powstające z nich wskutek utleniania kwasy. Najbardziej podatne na utlenianie są wielonienasycone kwasy tłuszczowe, wchodzące głównie w skład fosfolipidów membran komórkowych [23, 49].

Ciśnienie rzędu 300 ÷ 600 MPa ma kluczowe znaczenie dla zainicjowania utleniania lipidów w świeżej wieprzowinie, mięsie wołowym i drobiowym, a także w produktach mięsnych, co może prowadzić do znaczących zmian zawartości lipidów, fosfolipidów i składu kwasów tłuszczowych, w tym wolnych kwasów tłuszczowych [24, 29, 30, 37]. Mechanizmy utleniania lipidów wzbudzone przez HP nie są w pełni poznane. Przypuszcza się, że HP może przyspieszać utlenianie lipidów w wyniku zwiększenia dostępności żelaza z hemoprotein i przerwania membran międzykomórkowych [2].

Utlenianie jest jednym z najważniejszych czynników niedrobnoustrojowej degradacji mięsa [20]. Utlenianie lipidów zwykle nie jest widoczne bezpośrednio po obróbce metodą HP, ale może nastąpić podczas przechowywania surowca w stanie schłodzonym. Utlenianie wpływa negatywnie na jakość mięsa poprzez pogorszenie jego smaku i zapachu (jęłczenie), zmiany barwy, utratę wartości odżywczej oraz zmiany właściwości teksturalnych i funkcjonalnych powiązanych z denaturacją białka [5]. W celu hamowania utleniania lipidów w mięsie i przetworach mięsnych proponuje się ograni-

czanie dostępności tlenu w opakowaniu, stosowanie aktywnych opakowań antyoksydacyjnych lub stosowanie przeciwutleniaczy pochodzących z naturalnych produktów ubocznych (zioł) i/lub ich kombinacji [1, 54].

### **Możliwości zmniejszania zawartości soli**

Mięso i przetwory mięsne są na drugim miejscu (po wyrobach piekarniczych) wśród produktów uznawanych za główne źródło sodu w codziennej diecie. Zarówno konsumenci, jak i producenci dążą do jego ograniczenia ze względów zdrowotnych. Proces wysokociśnieniowy okazał się metodą, która może wpłynąć na poprawę słonego smaku w szynkach surowych dojrzewających, poddanych działaniu ciśnienia 300, 600 i 900 MPa/300 s. Wykazano, że przetwarzanie wysokociśnieniowe ma doskonały potencjał jako uzupełniająca technologia zmniejszająca zawartość soli i wydłużająca okres przydatności produktu do spożycia [45].

Grossi i wsp. [18] dokonali oceny interakcji między wysokim ciśnieniem a stężeniem soli w produktach mięsnych. Autorzy zastosowali ciśnienie hydrostatyczne na poziomie 400, 600 i 800 MPa w procesie produkcji kielbas wieprzowych, które różnicowała zawartość soli (1,2 i 1,8 %) oraz dodatek takich składników, jak marchew i włókna skrobi ziemniaczanej. Autorzy dowiedli pozytywnego wpływu wysokiego ciśnienia w produkcji przetworów mięsnych o obniżonej zawartości soli [18]. W innych badaniach próbki kielbas wieprzowych o zawartości soli [%]: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 i 2,5 poddano działaniu ciśnienia 150 MPa/5 min. Stwierdzono, że w kielbasach o zawartości soli poniżej 1,5 % ciśnienie miało negatywny wpływ na barwę, teksturę, soczystość i jędrność produktów, natomiast obróbka produktów o zawartości soli powyżej 2 % umożliwiła uzyskanie kielbas bez oznak negatywnego wpływu ciśnienia na ich cechy sensoryczne [42].

Badania przeprowadzone przez Rodriguesa i wsp. [50, 51] obejmowały wysokociśnieniowe przetwarzanie wieprzowiny (350 MPa/6 min/20 °C) z dodatkiem soli (1,5 ÷ 3,0 %) i fosforanu (0,25 ÷ 0,5 %). Stwierdzono, że pod wpływem HP nastąpił synergiczny efekt między teksturą a zdolnością zatrzymywania wody, co wskazuje na możliwość rozwoju przetwórstwa produktów mięsnych o małej zawartości sodu i bez dodatku polifosforanów. Oceniano również wpływ HP (200 i 300 MPa/5 min/5 °C) na stężenie tripolifosforanu sodu i chlorku sodu w produkcji hamburgerów. Receptura hamburgerów uwzględniała składniki: 80 % chudego mięsa (m/m), 10 % wody (m/m), 0, 1 lub 2 % chlorku sodu i/lub 0, 0,25 lub 0,5 % tripolifosforanu sodu. Wykazano, że zaobserwowane zmiany tekstury i właściwości technologiczne produktów mięsnych o obniżonej zawartości soli były związane z rodzajem soli, poziomem stężenia i zastosowanym ciśnieniem (200 ÷ 300 MPa) [50, 51].

Badano wpływ wysokiego ciśnienia na komercyjne, peklowane produkty mięsne. Wykazano, że w badanym schabie i szynce dojrzewającej poziom odczuwanego zas-

lenia zwiększył się po zastosowaniu wysokiego ciśnienia > 500 MPa. Nie zaobserwowano jednak wzrostu zawartości soli po zwiększeniu ciśnienia, stąd wzrost percepcji smaku słonego nie może być związany ze zwiększoną zawartością soli. W związku z tym zasugerowano, że wysokie ciśnienie zmieniło interakcje między jonami sodu i białkami, na skutek czego uwolnione zostały jony  $\text{Na}^+$  i stały się bardziej dostępne dla kubków smakowych. To dowodzi możliwości zastosowania wysokiego ciśnienia do zmniejszania zawartości soli w produkcie, przy wzroście odczuwanego zasolenia. HP jest techniką o dużych możliwościach jej praktycznego zastosowania [50, 51, 54].

Z dotychczas przeprowadzonych badań wynika, że na rozwój niskosodowych produktów mięsnych może wpływać wiele czynników, w tym interakcje między parametrami metody HP (ciśnieniem, temperaturą i czasem), zawartość soli i stężenie substancji dodatkowych (polifosforanów), które decydują o właściwościach funkcjonalnych produktów mięsnych [39, 54].

### **Wpływ HP na cechy jakościowe i sensoryczne mięsa i jego przetworów**

Wykorzystanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego w przemyśle mięsnym może mieć praktyczne zastosowanie do poprawy jakości surowca i przetworów.

HP wpływa na parametry jakościowe świeżego mięsa, szczególnie na jego konsystencję oraz barwę, które mogą być modyfikowane [2]. W wyniku działania wysokiego ciśnienia, w zależności od jego poziomu, następuje degradacja lub modyfikacja białek mięsnych, dezaktywacja enzymów, zachodzą zmiany w interakcji substrat – enzym oraz w węglowodanach i tłuszczach [6, 26]. Wartość odżywcza, zawartość witamin i większość substancji odpowiedzialnych za smak produktów pozostają jednak bez zmian. W przeciwieństwie do obróbki cieplnej, która oddziałuje zarówno na wiązania kowalencyjne, jak i niekowalencyjne, obróbka wysokociśnieniowa prowadzona w temperaturze pokojowej i umiarkowanej rozrywa jedynie stosunkowo słabe wiązania chemiczne (wiązania wodorowe, hydrofobowe, jonowe). Związki o małych cząsteczkach, takie jak: witaminy, aminokwasy, cukry proste i związki smakowo-zapachowe nie ulegają zmianom [11].

Oprócz zdolności do konserwowania żywności, technologia wysokich ciśnień ma również wpływ na kształtowanie tekstury żywności i została wskazana jako proces fizyczny mający zastosowanie do zmiękczenia (skruszania) mięsa i produktów mięsnych bez stosowania substancji dodatkowych. Takie modyfikacje strukturalne białek mięsnych są również wykorzystywane przez przemysł spożywczy w opracowywaniu nowych produktów [5, 54, 55, 59].

Hać-Szymańczuk i wsp. [22] badali cechy jakościowe i trwałość polędwicy so-pockiej oraz surowej polędwicy wędzonej poddanych działaniu ciśnienia o wielkości 600 MPa w ciągu 30 min, w temperaturze pokojowej, a następnie przechowywanych przez 6 i 8 tygodni w warunkach chłodniczych. Autorzy wykazali, że zastosowanie HP

skutkowało wydłużeniem trwałości polędwicy sopockiej do 6 tygodni przechowywania. Nie stwierdzono pogorszenia smaku, zapachu i konsystencji wyrobu, a w przechowywanej surowej polędwicy wędzonej nie rozwijały się drobnoustroje mezofilne, psychrofilne i kwaszące.

Pietrzak [47] oraz Pietrzak i wsp. [48] oceniali wpływ HP w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego na bezpieczeństwo i wyróżniki jakościowe produktu. Analizowano właściwości oraz trwałość kotlecików z mięsa drobiowego poddanych obróbce ciśnieniem o wielkości 500 MPa, w ciągu 10 min i w temp. 10 °C. Wykazano, że zastosowane ciśnienie nie decydowało o ilości wycieku podczas przechowywania kotlecików i nie miało wpływu na ich teksturę, barwę oraz szybkość utleniania lipidów. Pozytywnym skutkiem oddziaływania wysokiego ciśnienia była znaczna redukcja drobnoustrojów mezofilnych, psychrotrofowych oraz bakterii kwasu mlekowego w zapakowanych próżniowo kotlecikach podczas ich 3-tygodniowego przechowywania w temp. 4 - 6 °C, co potwierdziło założenie, że metoda wysokich ciśnień może być skutecznym sposobem przedłużenia trwałości tego typu wyrobów.

W handlowych produktach mięsnych surowo dojrzewających mikroorganizmy występują głównie na powierzchni. Mogą one wnikać do produktu z powierzchni batonu lub plastra podczas krojenia lub pakowania. Ponadto procesy takie, jak trybowanie, cięcie czy krojenie wiążą się z ryzykiem zanieczyszczenia patogenami. Campus [7] badał właściwości sensoryczne i mikrobiologiczne szynki surowo dojrzewającej poddanej działaniu ciśnienia o wielkości 600 MPa w ciągu 9 min. Obróbka wysokociśnieniowa pozwoliła na ograniczenie *Listeria monocytogenes* do nieznacznego poziomu. Proces spowodował również niewielkie obniżenie wartości parametru składowej barwy  $a^*$  (czerwonej) i poprawę percepcji smaku słonego. Zmiany były odwrotnie proporcjonalne do czasu dojrzewania szynki [7].

Cegielka i wsp. [8] prowadzili badania nad możliwością zastąpienia surowca wieprzowo-wołowego w kielbasach homogenizowanych przez mięso drobiowe oddzielone mechanicznie (MDOM) w procesie wysoko- i niskociśnieniowym. Wykazano, że zastosowanie MDOM odseparowanego obiema technikami nie spowodowało obniżenia jakości sensorycznej kielbas w odniesieniu do wyrobu zawierającego w składzie mięso wieprzowe i wołowe.

Oprócz zastosowania techniki wysokich ciśnień w przetwórstwie produktów żywnościowych dla ludzi, producenci używają HP do produkcji naturalnej żywności dla zwierząt domowych. Metoda ta może być również stosowana w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym [65].

### **Rola HP w surowcach i przetworach mięsnych w opakowaniu**

Ważnym elementem współczesnej dystrybucji mięsa jest wykorzystanie techniki pakowania próżniowego. W czasie przechowywania opakowane próżniowo lub w at-



mosferze gazów surowce i przetwory mięsne są chronione przed niepożądanymi efektami, takimi jak: przebarwienia, nieprzyjemny zapach i posmak, utrata substancji odżywczych, zmiany tekstury [66].

Wysokie ciśnienie jako metoda konserwowania może mieć zastosowanie zarówno do surowców, jak i przetworów mięsnych zapakowanych próżniowo, które mogą być wtórnie zanieczyszczone podczas porcjowania lub pakowania [48]. Jeśli mięso zostanie poddane działaniu HP po zapakowaniu, możliwe jest zmniejszenie wtórnego zanieczyszczenia, utrzymanie jego świeżości i wydłużenie okresu przydatności do spożycia [25]. Metoda HP jest skuteczna i bezpieczna przede wszystkim w przypadku konserwowania przetworów mięsnych w opakowaniach z folii wielowarstwowej. Celem jest zapewnienie bezpieczeństwa produktów długo przechowywanych (RTE – *Ready to Eat*) zwłaszcza wtedy, gdy obróbka cieplna jest niemożliwa lub niewygodna. Warunki pasteryzacji mięsa i produktów mięsnych techniką HP to: ciśnienie w granicach 400 ÷ 600 MPa, czas – 3 ÷ 7 min, temperatura pokojowa. Mięso, przetwory i gotowe dania mięsne, takie jak: hamburgery (USA), carpaccio (Holandia), tatar (Holandia), przekąski mięsno-serowe (Grecja), pieczone kurczęta (USA), które wcześniej poddano działaniu ciśnienia, zostały wprowadzone na rynek przez wiele firm na świecie [53].

### **Łączone technologie konserwowania**

Zastosowanie wysokiego ciśnienia i innych czynników przeciwdrobnoustrojowych pozwala na zwiększenie efektu letalnego wobec mikroorganizmów, chociaż nawet w takich warunkach trudno jest osiągnąć całkowitą ich inaktywację w umiarkowanych temperaturach. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się łączenie dwóch lub więcej metod konserwowania, w wyniku czego zwiększa się stabilność mikrobiologiczna, jakość sensoryczna i właściwości odżywcze produktów żywnościowych [38, 66].

Połączenie innych technik/technologii z metodą HP zwiększa działanie przeciwdrobnoustrojowe procesów niskociśnieniowych i minimalizuje niepożądane zmiany wywołane ultrawysokimi ciśnieniami (powyżej 400 MPa) [2]. W przypadku skutecznego zastosowania tej metody można zaobserwować efekt synergistyczny, gdy oba czynniki konserwujące łącznie wzmacniają działanie każdego czynnika z osobna. W przypadku mięsa i produktów mięsnych opisano synergistyczne efekty metody HP z udziałem czynników przeciwdrobnoustrojowych: niskiego pH, dwutlenku węgla, pakowania próżniowego i przechowywania w warunkach chłodniczych [28, 36].

### **Kierunki rozwoju metody HP**

Producenci żywności wykorzystują zalety technologii HP, aby zdobywać nowe rynki, tworzyć nowe produkty czy wydłużyć trwałość istniejących już wyrobów. Pomimo tego, że wpływ i zastosowanie wysokiego ciśnienia na trwałość i właściwości zarówno przetworów mięsnych, jak i gotowych do spożycia produktów jest dość do-

brze poznany, to nadal podejmowane są prace badawcze nad wdrożeniem tej techniki do nowych procesów przetwórczych [48]. Szerokie zastosowanie utrwalania metodą HP szynki surowo dojrzewających lub parzonych, kielbas i dań gotowych do spożycia ma miejsce w USA oraz wielu krajach europejskich. Przykładowo producent krojonego w plastry mięsa i sałatek poprzez użycie HP zwiększył bezpieczeństwo swoich produktów wydłużając ich trwałość. Dzięki temu może dostarczać konsumentom bezpieczne produkty, gdyż zachowanie łańcucha chłodniczego nie zawsze jest prawidłowe [65].

Żywność utrwalana metodą wysokich ciśnień jest określana jako "nowa żywność". Jest ona w znacznym stopniu równoważna tradycyjnej żywności obecnej na rynku, można ją traktować na poziomie regulacji krajowej bez konieczności stosowania się do nowej regulacji dotyczącej żywności. Zastosowanie HP do produktów mięsnych odnosi się głównie do wyrobów gotowych do spożycia, gotowanych i dojrzewających. Badania dotyczące zastosowań przemysłowych w sektorze mięsnym obejmują: optymalizację warunków metody HP w celu inaktywacji docelowych mikroorganizmów, nowe systemy pakowania i połączenie z naturalnymi substancjami przeciwdrobnoustrojowymi w celu zwiększenia okresu trwałości, opracowanie nowych produktów mięsnych. Metoda wysokich ciśnień może być zatem stosowana jako skuteczna technologia poprawiająca bezpieczeństwo produktów mięsnych, przy zachowaniu ich wysokiej jakości i przedłużonym okresie trwałości [7, 65].

Ważnym kierunkiem rozwoju wysokociśnieniowego konserwowania jest mięso drobiowe i jego przetwory gotowe do spożycia. Ze względu na swoją specyfikę i niekorzystne efekty sensoryczne, nie zawsze jest możliwe poddanie ich termicznej pasteryzacji, więc konieczne jest znalezienie innej metody zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego takich produktów. Zdarzają się przypadki wycofania dużych partii mięsa ze względu na zanieczyszczenie bakteriami *Listeria monocytogenes* i innymi patogenami. Powodują one infekcje w 20 ÷ 30 % przypadków kończące się śmiercią. Poddanie produktów mięsnych działaniu wysokiego ciśnienia już po zapakowaniu wydaje się rozwiązaniem prowadzącym do zmniejszenia liczby zatruc, a w konsekwencji śmierci, spowodowanych tymi bakteriami. Poddanie produktów działaniu wysokiego ciśnienia już przez 3 min powoduje zmniejszenie liczby występujących kolonii bakterii *Listeria monocytogenes* aż o 5 rzędów wielkości [65].

USFDA zatwierdziła metodę HP jako nietermiczną technologię pasteryzacji, którą można wykorzystywać do zastąpienia tradycyjnej pasteryzacji w przemyśle spożywczym. W Europie metoda ta jest uważana za nową technologię podlegającą rozporządzeniu w sprawie nowej żywności. Proces HP, w którym osiąga się redukcję *E. coli* O157:H7 o 5 log, powinien być wystarczający dla zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego wytworzonego produktu. Wspólnota Europejska (KE) realizuje między-

narodowy projekt badawczy dotyczący HP, aby dokonać rzeczywistej oceny potencjału technologii wysokociśnieniowej do komercjalizacji [24, 41].

### Podsumowanie

W ostatnim okresie technologia wysokich ciśnień zyskuje na powszechności na skalę przemysłową jako technologia niskotemperaturowa, przyjazna dla środowiska i pozbawiona odpadów. Wzrost zainteresowania naukowców wykorzystaniem HP w celu inaktywacji patogenów różnych produktów spożywczych, w tym również mięsa i przetworów mięsnych, jest spowodowany głównie niskim zużyciem energii, związanym z zastosowaniem tej metody.

Metoda HP jest alternatywną technologią służącą do zachowania żywności o zmniejszonym zapotrzebowaniu na ciepło i na świetle coraz powszechniej stosowaną do obróbki mięsa i różnych produktów mięsnych. W rezultacie zachowana jest ich wartość odżywcza i wydłużony zostaje okres przydatności do spożycia bez użycia konserwantów lub substancji dodatkowych.

W zależności od zastosowanego poziomu ciśnienia technologia HP wpływa na parametry jakościowe mięsa i przetworów mięsnych, takich jak tekstura i barwa, typowo związane ze świeżym mięsem. Jest to skuteczna metoda umożliwiająca kontrolę drobnoustrojów patogennych.

Wpływ HP na redukcję mikroorganizmów w mięsie i produktach mięsnych oraz skuteczność tej metody są zmienne i zależą od parametrów procesu i samego produktu. Stosowane przemysłowe poziomy ciśnienia mieszczą się w zakresie 400 ÷ 600 MPa. Przy krótkim czasie przetwarzania w temperaturze otoczenia następuje unieczynnienie większości mikroorganizmów chorobotwórczych i powodujących psucie. Jeśli zastosuje się dodatkowe technologie związane z przeszkodami w połączeniu z HP, możliwe jest zwiększenie trwałości i poprawa bezpieczeństwa mięsa.

Opisane zmiany powodowane przez wysokie ciśnienie w składnikach mięsa i przetworów mięsnych, a przede wszystkim w strukturze białek, umożliwiają opracowanie minimalnie przetworzonych produktów mięsnych o korzystnych cechach sensorycznych, reologicznych i teksturalnych. Jednocześnie zmniejszenie aktywności lipolitycznej i proteolitycznej pozwala na zwiększenie trwałości surowców i przetworów mięsnych, a brak zmian w związkach niskocząsteczkowych – na zachowanie ich wartości odżywczej.

### Literatura

- [1] Alves A.B., Bragagnolo N., da Silva M.G., Skibsted L.H., Orlie V.: Antioxidant protection of high-pressure processed minced chicken meat by industrial tomato products. *Food Bioprod. Proc.*, 2012, 90 (3), 499-505.

- [2] Bajovic B., Bolumar T., Heinz V.: Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Sci.*, 2012, 92, 280-289.
- [3] Bak K.H., Lindahl G., Karlsson A.H., Orlien V.: Effect of high pressure, temperature, and storage on the colour of porcine *longissimus dorsi*. *Meat Sci.*, 2012, 92, 374-381.
- [4] Balny C., Masson P., Heremans K.: High pressure effects on biological macromolecules: From structural changes to alteration of cellular processes. *Biochim. Biophys. Acta*, 2002, 1595, 3-10.
- [5] Buckow R., Sikes A., Tume R.: Effect of high pressure on physicochemical properties of meat. *Food Sci. Nutr.*, 2013, 53, 770-786.
- [6] Butz P., Tauscher B.: Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Res. Int.*, 2002, 35, 279-284.
- [7] Campus M.: High pressure processing of meat products and sea food. *Food Eng.*, 2010, 13, 1-33.
- [8] Cegiełka A., Kuczyńska N., Pietrzak D.: Zastąpienie surowca wieprzowo-wołowego w kielbasach homogenizowanych przez mięso drobiowe oddzielone mechanicznie, uzyskane po separacji wysoko- i niskociśnieniowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 3 (94), 123-135.
- [9] Chan J.T.Y., Omana D.A., Betti M.: Application of high pressure processing to improve the functional properties of pale, soft, and exudative (PSE)-like turkey meat. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2011, 12 (3), 216-225.
- [10] Cheftel J.C., Culioli J.: Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Sci.*, 1997, 46 (3), 211-236.
- [11] Datta N., Deeth H.C.: High pressure processing. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Eds. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox. Academic Press, London 2003, pp. 1327-1333.
- [12] Dolatowski Z.J., Twarda J., Dudek M.: Zmiany uwodnienia mięsa podczas dojrzewania. *Ann. UMCS. Sect. E*, 2004, 5 (94), 1595-1606.
- [13] Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Litwińczuk A.: Zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa wołowego w zależności od warunków jego dojrzewania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 3 (106), 35-53.
- [14] Drużkowski M., Pietrzyk S.: Nowoczesne metody utrwalania żywności. *Laboratorium - Przegląd Ogólnopolski*, 2006, 32, 8-9.
- [15] Dudzińska A., Domagała J., Wszolek M.: Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na podstawowe składniki mleka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 2 (93), 19-32.
- [16] Ferrini G., Comaposada J., Arnau J., Gou P.: Colour modification in a cured meat model dried by Quick-Dry-Slice process and high pressure processed as a function of NaCl, KCl, K-lactate and water contents. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2012, 13, 69-74.
- [17] Fonberg-Broczek M., Windyga B., Szczawiński J., Szczawińska M., Pietrzak D., Prestamo G.: High pressure processing for food safety. *Acta Biochim. Pol.*, 2005, 52, 721-724.
- [18] Grossi A., Søltoft-Jensen J., Knudsen J.C., Christensen M., Orlien V.: Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. *Meat Sci.*, 2012, 92(4), 481-489.
- [19] Grossi A., Olsen K., Bolumar T., Rinnan Å., Øgandal L.H., Orlien V.: The effect of high pressure on the functional properties of pork myofibrillar proteins. *Food Chem.*, 2016, 196, 1005-1015.
- [20] Guyon C., Meynier A., de Lamballerie M.: Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends Food Sci. Technol.*, 2016, 50, 131-143.
- [21] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J., Tworzydłak S., Stolpe B.: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane cechy jakościowe polędwicy sopockiej i surowej polędwicy wędzonej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 4 (45), 42-51.
- [22] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Zastosowanie techniki wysokich ciśnień w technologii żywności, a szczególnie w przetwórstwie mięsa. *Med. Weter.*, 2006, 62, 637-640.
- [23] Hęś M., Korczak J.: Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa. *Nauka Przyr. Technol.*, 2007, 1 (1), 1-11.

- [24] Huang Y., Gan Y., Li F., Yan C., Li H., Feng Q.: Effects of high pressure in combination with thermal treatment on lipid hydrolysis and oxidation in pork. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2015, 63, 136-143.
- [25] Huang H.W., Wu S.J., Lu J. K., Shyu Y.T., Wang C.Y.: Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control.*, 2017, 72 (12), 1-8.
- [26] Iwasaki T., Noshiroya K., Saitoh N., Okano K., Yamamoto K.: Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. *Food Chem.*, 2006, 95 (3), 474-483.
- [27] Jung S., Tonello-Samson C.: High hydrostatic pressure food processing: Potential and limitations. In: *Alternatives to Conventional Food Processing*. Ed. A. Proctor. RSC Publishing, London 2011, pp. 254-305.
- [28] Jofré A., Serra X.: Processing of meat products utilizing high pressure. In: *High Pressure Processing of Food*. Ed. V.M. Balasubramaniam. Springer Science-Business Media, New York 2016, pp. 591-623.
- [29] Kielczyński P., Szalewski M., Balcerzak A., Malanowski A., Siegoczyński R.M., Ptasznik S.: Investigation of high pressure phase transitions in DAG (diacylglycerol) oil using the Bleustein-Gulyaev ultrasonic wave method. *Food Res. Int.*, 2012, 49, 60-64.
- [30] Kielczyński P., Szalewski M., Balcerzak A., Wieja K., Rostocki A.J., Siegoczyński R.M., Ptasznik S.: Application of ultrasonic wave celerity measurement for evaluation of physicochemical properties of olive oil at high pressure and various temperatures. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2014, 57, 253-259.
- [31] Kłoczko I., Chudoba T.: Próba zastosowania wysokich ciśnień hydrostatycznych (UHP) do dekontaminacji mięsa zarzonego larwami włośnia (*Trichinella spiralis*). *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007, XL(2), 195-203.
- [32] Knorr D.: Effects of high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality. *Food Technol.*, 1993, 47 (6), 156-161.
- [33] Kristensen L., Purslow P.P.: The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: Role of cytoskeletal proteins. *Meat Sci.*, 2001, 58, 17-23.
- [34] Krzysztofik B.: Oddziaływanie wysokich ciśnień na jakość i trwałość dań gotowych i produktów mięsnych. *Przem. Spoż.*, 2018, (72), 10, 38-42.
- [35] Kulisiewicz L.: Konserwacja żywności metodą wysokich ciśnień. *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna*, 2003, 12, 448-450.
- [36] Liu Y., Hu X., Zhao X., Song H.: Combined effect of high pressure carbon dioxide and mild heat treatment on overall quality parameters of watermelon juice. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2013, 13, 112-119.
- [37] Marcos B., Kerry J.P., Mullen A.M.: High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators. *Meat Sci.*, 2010, 85, 115-120.
- [38] Malinowska-Pańczyk E., Kołodziejska I.: Wpływ połączonego działania wysokiego ciśnienia i innych czynników na mikroorganizmy. *Med. Weter.*, 2007, 63, 515-518.
- [39] Malinowska-Pańczyk E., Kołodziejska I.: Możliwości wykorzystania wysokiego ciśnienia w przemyśle mięsny i rybnym. *Med. Weter.*, 2009, 65, 455-459.
- [40] Molenda J.: Selected unconventional methods of food preservation. *Med. Weter.*, 2007, 63 (9), 1016-1020.
- [41] Morales P., Calzada J., Ávila M.: Inactivation of *Escherichia coli* 0157: H7 in ground beef by single-cycle and multiple-cycle high-pressure treatments. *J. Food Prot.*, 2008, 71, 811-815.
- [42] Mor-Mur M., Yuste J.: High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: Physical properties and sensory analysis. *Meat Sci.*, 2003, 65, 1187-1191.

- [43] Norton T., Da-Wen Sun.: Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food Bioproc. Technol.*, 2008, 1, 2-34.
- [44] Northrop D.B.: Effects of high pressure on enzymatic activity. *Biochim. Biophys. Acta.*, 2002, 1595 (1-2), 71-79.
- [45] Picouet P.A., Sala X., Garcia-Gil N., Nolis P., Colleo M., Parella T., Arnau J.: High pressure processing of dry-cured ham: Ultrastructural and molecular changes affecting sodium and water dynamics. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2012, 16, 335-340.
- [46] Pietrzak D., Fonberg-Broczek M., Mucka A., Windyga B.: Effect on high pressure treatment on the quality of cooked pork ham prepared with different levels of curing ingredient. *High Pressure Res.*, 2007, 1 (27), 27-31.
- [47] Pietrzak D.: Perspektywy stosowania wysokich ciśnień w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 2 (69), 16-28.
- [48] Pietrzak D., Trejda E., Ziarno M.: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane właściwości oraz trwałość kotlecików z mięsa drobiowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 1 (74), 68-78.
- [49] Popova T., Marinova P., Vasileva V., Gorinov Y., Lidji K.: Oxidative changes in lipids and proteins in beef during storage. *Arch. Zoot.*, 2009, 12 (3), 30-38.
- [50] Rodrigues F.R., Rosenthal A., Tiburski J.H., da Gomes Cruz A.: Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology. *Food Sci. Technol. Campinas*, 2016, 36 (1), 1-8.
- [51] Rodrigues I., Trindade M.A., Caramit F.R., Candoğan K., Pokhrel P.R., Barbosa-Cánovas G.V.: Effect of high pressure processing on physicochemical and microbiological properties of marinated beef with reduced sodium content. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 2016, 38, 328-333.
- [52] Rostocki A.J., Ptasznik S., Makala H., Tarakowski R.: Ocena przydatności technologii wysokociśnieniowej do konserwowania mięsa. *Studium przypadku. Post. Nauki Technol. Przem. Rolno-Spoż.*, 2018, 73 (1), 5-16.
- [53] Romanek J., Opiela J.: Zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (HHP) w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym oraz medycynie. *Wiadomości Zoot.*, 2015, LIII (4), 34-40.
- [54] Sazonova S., Galoburda R., Gramatina I.: Application of high-pressure processing for safety and shelf-life quality of meat – a review. *Baltic Conference on Food Science and Technology on „Food for consumer well-being”*. Foodbalt 2017, pp. 17-22.
- [55] Sikes A.L., Tornberg E., Tume R.K.: A proposed mechanism of tenderising post-rigor beef using high pressure-heat treatment. *Meat Sci.*, 2010, 84, 390-399.
- [56] Simonin H., Duranton F., de Lamballerie M.: New insights into the high-pressure processing of meat and meat products. *Comprehensive Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2012, 11, 285-306.
- [57] Shahidi F.: Lipid-derived flavours in meat products. In: *Meat Processing: Improving Quality*. Eds. J. Kerry, J. Kerry, D. Ledward. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge 2002, pp. 105-121.
- [58] Sonaliben L., Parekh K.D., Aparnathi V.: High pressure processing: A potential technology for processing and preservation of dairy foods. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2017, 6 (12), 3526-3535.
- [59] Sun X.D., Holley R.A.: High pressure effects on the texture of meat and meat products. *J. Food Sci.*, 2010, 75, 17-23.
- [60] Szczepańska J., Marszałek K., Skąpska S.: Homogenizacja wysokociśnieniowa w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, 2018, 4 (7), 28-30.
- [61] Tao Y., Sun D.W., Hogan E., Kelly A.L.: High pressure processing of foods: An overview. In: *Emerging Technologies for Food Processing*. Ed. D.-W. Sun. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, London 2014, pp. 3-24.

- [62] Tintchev F., Wackerbarth H., Kuhlmann U., Toepfl S., Knorr D., Hildebrandt P., Heinz V.: Molecular effects of high-pressure processing on food studied by resonance Raman. *Annals New York Academy Sci.*, 2010, 1189, 34-42.
- [63] Tonello C.: Case studies on high-pressure processing of foods. In: *Nonthermal Processing Technologies for Food*. Eds. H.Q. Zhang, G.V. Barbosa-Cánovas, V.M. Balasubramaniam, C.P. Dunne, D.F. Farkas, J.T.C. Yuan. Wiley-Blackwell, Oxford 2010, pp. 36-50.
- [64] Wackerbarth H., Kuhlmann U., Tintchev F., Heinz V., Hildebrandt P.: Structural changes of myoglobin in pressure-treated pork meat probed by resonance Raman spectroscopy. *Food Chem.*, 2009, 115, 1194-1198.
- [65] Walczyński P.: Nadszedł czas na obróbkę wysokociśnieniową żywności – HPP. *Przem. Spoż.*, 2013, 8 (67), 56-57.
- [66] Zhou G.H., Xu X.L., Liu Y.: Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Sci.*, 2010, 86, 119-128.

## HIGH-PRESSURE METHOD APPLIED IN PROCESSING OF MEAT AND MEAT PRODUCTS

### S u m m a r y

The objective of the research study was to evaluate the potentiality and effectiveness of applying the high pressure method in the processing of meat and meat products and, based on the reference literature data, to point out the development trends for HP technologies.

In the paper, there were presented characteristics of the HP method used in food preservation, principles of applying high pressure to food products and advantages resulting from its use. The shelf life of food products is extended, inter alia, by reducing the count of microorganisms or by decreasing the activity of enzymes. Also a mechanism was explained of destroying microorganisms by high pressure. The potentiality was characterized of the HP method applied in the field of meat and meat products processing. The effect was discussed of high pressure on the changes in the structure of proteins and meat colour, and on the fat oxidation in meat and its products. The options were presented of how to decrease the salt content by using high pressure including its impact on qualitative and sensory features of meat products. The role was described of high pressure in packaged raw meat materials and meat products. The suggestions were listed on how to increase the lethal effect concerning microorganisms by linking the HP method with factors enhancing the synergistic effect of preserving meat and meat products, such as: low pH, carbon dioxide, antimicrobials, vacuum packing or cold storage of products. Also there were pointed out the development trends for the HP method.

**Key words:** meat and meat products, high-pressure (HP) method, effectiveness of applying HP, trends ☒

EWELINA WĘSIERSKA

## OCENA ILOŚCIOWEGO I JAKOŚCIOWEGO SKŁADU MIKROFLORY SUROWYCH WĘDLIN DOJRZEWAJĄCYCH ZA POMOCĄ NOWOCZESNYCH METOD DIAGNOSTYCZNYCH

### Streszczenie

Celem pracy była identyfikacja mikroflory kwaszącej i denitryfikującej surowych wędlin dojrzewających regionu Podlasia. Na podstawie różnic morfologicznych kolonii wyodrębniono reprezentatywne szczepy, które poddano identyfikacji z zastosowaniem selektywno-różnicujących podłoży i testów mikrobiologicznych oraz identyfikacji z zastosowaniem systemów MALDI TOF MS Biotyper oraz Vitek® 2. Najliczniej reprezentowaną grupą były Gram-dodatnie ziarniaki stanowiące 88,5 % zidentyfikowanych bakterii. Udział poszczególnych rodzajów w tej grupie wyniósł: 56,3 % – *Staphylococcus* sp., 26 % – *Enterococcus* sp., 3,1 % – *Weisella* sp., 14,6 % – pozostałe. W puli oznaczonych gronkowców poszczególne gatunki stanowiły odpowiednio: 18,7 % – *S. equorum*, 11,5 % – *S. saprophyticus*, 16,7 % – *S. xylo-sus*, 6,2 % – *S. warneri*, 1,1 % – *S. vitulinus*, 1,1 % – *S. gallinarum* oraz 1 % – *S. simulans* i *S. hominis* ssp. *novobiosepticus*. W obrębie rodzaju *Enterococcus* zidentyfikowano 2 gatunki: *E. faecium* (22,9 %) oraz *E. faecalis* (3,1 %). Blisko 98 % badanych szczepów nie wykazała cech chorobotwórczości – nie stwierdzono zdolności hemolitycznych, obecności czynnika CF i bakteryjnej oksydazy cytochromowej. Szczepy *Staphylococcus* sp. były wrażliwe na polimyksynę B (100 %) i bacytracynę (> 60 %). Szczepy *Enterococcus* sp. zidentyfikowane systemem Vitek® 2 wykazały oporność na wszystkie proponowane antybiotyki. Oznaczone bakterie stanowiły mikroflorę fizjologiczną człowieka i zwierząt, z których pozyskano surowce do produkcji wędlin lub były związane ze środowiskiem chowu.

**Słowa kluczowe:** surowe wędliny dojrzewające, mikroflora, identyfikacja, oporność na antybiotyki

### Wprowadzenie

Tradycyjne, bogato przyprawione trwałe wędliny surowe kresów suwalsko-wileńskich, produkowane z mięsa wieprzowego, wołowego, baraniego oraz słoniny, charakteryzują się wieloletnią historią, wyjątkową smakowitością oraz atrakcyjnym wyglądem. Mocno podsuszone, powstające na bazie kuchni karaimskiej, doprawiane są

---

Dr hab. E. Węsierska, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności,  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 31-149 Kraków.

Kontakt: ewelina.wesierska@urk.edu.pl



jedynie solą i pieprzem. Receptury wynikające z doświadczeń Litwinów wprowadzają dodatkowo czosnek i jałowic. W gospodarstwach położonych w pobliżu granicy z Białorusią wyrabiane są wędliny bogato doprawione pieprzem, czosnkiem oraz majerankiem. Stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego użytych surowców i dodatków przyprawowych, parametry solenia, peklowania, wędzenia, dojrzewania produkcyjnego i poprodukcyjnego wpływają bezpośrednio na zawartość wody, aktywność wody i pH wyrobów, a pośrednio na ich barwę, aromat oraz skład ilościowy i jakościowy mikroflory [17].

W grupie drobnoustrojów pożądaných technologicznie w procesie dojrzewania wymieniane są m.in. bakterie kwaszące przypisane do rzędu *Lactobacillales* i rodzin *Aerococcaceae*, *Enterococcaceae*, *Lactobacillaceae*, *Leuconostocaceae*, *Streptococcaceae* [7, 10] oraz denitryfikujące ziarniaki rodzin *Staphylococcaceae* i *Micrococcaceae* [3, 15]. Większość gatunków rzędu *Lactobacillales* ma duże wymagania pokarmowe, do wzrostu potrzebuje podłoża bogatych w witaminy z grupy B, aminokwasy, pochodne kwasów nukleinowych, kwasy tłuszczowe, mono- i disacharydy. Niektóre z nich mają zdolność wykorzystywania soli kwasów organicznych, np. cytrynianów. Rozkład związków będących źródłem węgla prowadzi do kumulacji kwasu mlekowego tworzonoego z różną wydajnością w odmianach D(-), L(+), zależną od rodzaju i gatunku [1, 9]. Ze względu na jakościowy skład końcowych produktów fermentacji bakterie mlekowe dzieli się na homo- i heterofermentatywne. Bakterie homofermentatywne (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *L. acidophilus*, *Streptococcus acidophilus*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Enterococcus* sp.) wytwarzają głównie kwas mlekowy (90 %). Gatunki heterofermentatywne produkują kwas mlekowy oraz inne związki, np. kwas octowy i CO<sub>2</sub> (*L. fermentum*, *L. brevis*) lub etanol i CO<sub>2</sub> (*Leuconostoc mesenteroides*). Oprócz właściwości kwaszących wiele gatunków wykazuje zdolności proteolityczne oraz lipolityczne. Inną korzystną cechą jest ich zdolność do syntetyzowania bakteriocyn, takich jak nizyna, laktobrewina czy laktolina.

Obecność pożądaných technologicznie szczepów rodzaju *Staphylococcus* i *Micrococcus* zapobiega procesowi jęlczenia, sprzyja kształtowaniu typowej barwy, aromatu oraz tekstury wędlin dojrzewających [2, 5, 6, 8]. Produkowana przez gronkowce katalaza zapobiega przebarwieniom powodowanym przez nadtlarki wytwarzane przez szczepy bakterii kwaszących [11], a związki o charakterze bakteriostatycznym wydłużają okres bezpiecznego przechowywania wędlin [4]. Gronkowce związane z surowcami wykorzystywanymi do produkcji fermentowanych wyrobów mięsnych wykazują niski potencjał enterotoksyczny, a dodane do żywności w formie kultur starterowych nie przejawiają wzrostu oporności na antybiotyki [5, 13, 19]. W wędlinach dojrzewających technologią tradycyjną rozwija się zatem mikroflora dzika nie-starterowa, która może być dodatkowym źródłem pożądaných technologicznie enzymów.

Celem pracy była identyfikacja mikroflory kwaszającej i denitryfikującej tradycyjnych surowych wędlin dojrzewających regionu Podlasia oraz ocena właściwości biochemicznych i chorobotwórczych oznaczonych szczepów. Badane wyroby mięsne, odtwarzane obecnie przez niewielkich gospodarzy i gospodynie, regularnie zdobywają nagrody w konkursie „Nasze Kulinarne Dziedzictwo – Smaki Regionów”, organizowanym przez Marszałka Województwa Podlaskiego, Polską Izbę Produktu Regionalnego i Lokalnego oraz Podlaski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Szepietowie. Niektóre z nich są dodatkowo wyróżniane jako „Perły” targów Polagra. Proces dojrzewania wędlin i sukcesja mikroflory zostały zbadane w ramach projektu badawczego MNiSW N N312 305740 „Właściwości denitryfikujące, aromatyzujące i zakwaszające bakterii kwasu mlekowego oraz ziarniaków izolowanych z tradycyjnych surowych wyrobów mięsnych fermentowanych” [21, 22, 23].

### **Material i metody badań**

Materiałem doświadczalnym było 97 szczepów bakterii kwaszających i denitryfikujących, izolowanych z tradycyjnych surowych wędlin dojrzewających regionu Podlasia, fermentowanych spontanicznie. Zgodnie z zaleceniami norm PN-EN ISO 7218:2008 [24] i PN-EN ISO 6887-2:2017-05 [25] wędliny rozdrabniano z zachowaniem aseptycznych warunków pracy w maszynce do mięsa (MG700, Kenwood, Wielka Brytania), homogenizowano (Stomacher 80, Seward, Wielka Brytania) a następnie posiewano metodą powierzchniową na selektywne podłoża Baird-Parkera (emulsja żółtka, telluryn sodu,  $37 \pm 1$  °C, 24 - 48 h, Merck, Polska), MRS (kwas octowy, pH 5,4,  $30 \pm 1$  °C, 24 - 48 h, 20 % CO<sub>2</sub>, Merck, Polska) i M17 ( $30 \pm 1$  °C, 24 - 48 h, Merck, Polska). Bakterie dodatkowo pasażowano na podłoże Slanetza i Bartley (azydek sodu, chlorek 2,3,5-trifenyloctanowy,  $37 \pm 1$  °C, 24 - 48 h, Merck, Polska) oraz E.S.T.Y. Medium (3-procentowy nadtlenek wodoru (Laboratorium Galenowe, Polska),  $37 \pm 1$  °C, 24 - 48 h, warunki tlenowe (Biocorp Polska Sp. z o.o).

Pozyskane szczepy oceniano pod względem zdolności przemiany tryptofanu w indol (odczynnik Kovasca, Biocorp Polska Sp. z o.o), redukcji azotanów (V) do (III) (odczynnik NIT 1, NIT 2, Zn, bioMérieux, Polska) oraz reakcji proteolitycznych (Calcium Caseinate Agar acc. to FRAZIER and RUPP,  $37 \pm 1$  °C, 24 - 48 h, Merck, Polska). Ocena właściwości chorobotwórczych polegała na stwierdzeniu obecności czynnika CF (ang. *clumping factor*; osocze królicze, Biomed, Polska), aktywności bakteryjnej oksydazy (odczynnik NADI, OXI test, Pliva-Lachema Diagnostica) oraz możliwości przeprowadzenia hemolizy (5-procentowa odwłókniona krew barania,  $37$  °C, 24 - 48 h, Biocorp Polska Sp. z o.o). Czyste kultury poddawano identyfikacji, wykorzystując MALDI TOF MS Biotyper (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry, Bruker Daltonik, Niemcy) oraz Vitek® 2 (bioMérieux, Polska). MALDI TOF MS Biotyper wykorzystano do identyfi-

kacji szczepów bakterii kwaszących wyhodowanych na agarze MRS w warunkach mikroaerofilnych z 20-procentowym dodatkiem CO<sub>2</sub> (ShelLab CO<sub>2</sub> Series Incubator, Sheldon Manufacturing, USA). Monokultury nanoszono w postaci cienkiej warstwy na płytkę ze stali nierdzewnej i pozostawiano w temp. 20 ± 2 °C do wyschnięcia. Płytkę pokrywano 1 µl roztworu nasyconego kwasu α-cyjano-4-hydroksycynamonowego (HCCA), zawieszzonego w rozpuszczalniku organicznym (10 mg HCCA/ml) o składzie: 50 % acetonitril, 47,5 % woda, 2,5 % kwas trifluoroctowy (TFA) i ponownie pozostawiano do wyschnięcia. Automatyczny pomiar widma i jego analizę porównawczą z widmami wzorcowymi wykonywano przy użyciu spektrometru masowego Microflex LT, współpracującego z programem MALDI-Biotyper 2.0 (Bruker Daltonik, Niemcy). Prawdopodobieństwo poprawnej identyfikacji wyrażano wskaźnikiem punktowym: wiarygodna identyfikacja drobnoustroju do poziomu gatunku (2,30 ÷ 3,00), wiarygodna identyfikacja drobnoustroju do poziomu rodzaju, prawdopodobny wynik identyfikacji do poziomu gatunku (2,00 ÷ 2,29), prawdopodobny wynik identyfikacji do poziomu rodzaju (1,70 ÷ 1,99) i niewiarygodny wynik identyfikacji (0,00 ÷ 1,69).

System Vitek® 2 (bioMérieux, Polska) służył identyfikacji i oznaczeniu lekowrażliwości ziarniaków wyizolowanych z podłoża M17 (Merck, Polska) oraz gronkowców i innych wyizolowanych z podłoża Bairda-Parkera (Merck, Polska). Bezpośrednio przed wykonaniem testów w aparacie Vitek® 2 kultury bakteryjne hodowano na agarze z krwią owczą i inkubowano w temp. 37 °C przez 24 h. Indywidualne karty identyfikacji kolorymetrycznej dla bakterii Gram-dodatnich (Vitek® 2 GP) zawierały 43 studzienki, w tym 38 z substratami biochemicznymi (testy identyfikacyjne) oraz 5 z antybiotykami (testy lekowrażliwości). Indywidualne karty identyfikacji kolorymetrycznej dla bakterii Gram-ujemnych (Vitek® 2 GN) zawierały 47 studzienek, w tym 46 z substratami biochemicznymi (testy identyfikacyjne) i 1 z wibriostatycznym czynnikiem 0129/R (test lekowrażliwości). Testy antybiogramowe obrazowały wrażliwość bakterii na obecność wybranych antybiotyków: polimyksyny B, bacytracyny, nowobiocyny, optochiny oraz wibriostatycznego czynnika 0/129. Gęstość komórek drobnoustrojów wprowadzonych automatycznie w postaci zawiesiny do studzienek z substratami wynosiła 0,50 - 0,63 w skali McFarlanda. Inkubację prowadzono w temp. 35,5 ± 1 °C w ciągu 6 - 8 h. Wyniki testów zostały opracowane w programie Vitek® 2 Compact z informacją o jakości identyfikacji: doskonała (96 ÷ 99 %), bardzo dobra (93 ÷ 95 %), dobra (89 ÷ 92 %), akceptowalna (85 ÷ 88 %), mało prawdopodobna (2 - 3 jednostki taksonomiczne wykazały ten sam wynik testu identyfikacji), nieidentyfikowalna (więcej niż 3 jednostki taksonomiczne wykazały ten sam wynik testu identyfikacji lub otrzymany wynik nie korespondował z żadnym przypadkiem bazy danych). Dalszym badaniom poddano szczepy o identyfikacji doskonałej, bardzo dobrej oraz dobrej. Oprogramowanie Advanced Expert System (AES™) umożliwiło interpretację oraz zatwierdzenie wyników lekowrażliwości.

## Wyniki i dyskusja

Większość zidentyfikowanych gatunków mikroflory stanowiły Gram-dodatnie ziarniaki (88,5 %), tlenowe, względnie beztlenowe, pałeczki (4,3 %), laseczki (1 %) oraz formy pleomorficzne (3,1 %), tworzące lub nietworzące spor, reprezentujące mikroflorę fizjologiczną człowieka, zwierząt oraz mikroflorę dodatków zielonych. Pozostałe mikroorganizmy stanowiły nieoznaczoną pod względem gatunku/rodzaju grupę, o małej wiarygodności wyniku (tab. 1).

Tabela 1. Skład ilościowy i jakościowy mikroflory kwaszącej i denitryfikującej tradycyjnych surowych wędlin dojrzewających

Table 1. Quantitative and qualitative composition of acidifying and denitrifying microflora of traditional raw ripened meats

Identyfikacja / Identification	Udział Percent amount [%]	System	
		Vitek® 2 SC	MALDI TOF MS SC
<i>Staphylococcus equorum</i>	18,7	90 - 99	-
<i>Staphylococcus xylosus</i>	16,7	89 - 99	-
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	11,5	97 - 99	-
<i>Staphylococcus warneri</i>	6,2	87 - 99	-
<i>Staphylococcus simulans</i>	1	93	-
<i>Staph. hominis</i> ssp. <i>novobiosepticus</i>	1	98	-
<i>Staphylococcus gallinarum</i>	1,1	99	-
<i>Staphylococcus vitulinus</i>	1,1	97	-
<i>Enterococcus faecium</i>	22,9	93 - 99	2,03 - 2,42
<i>Enterococcus faecalis</i>	3,1	99	< 1,70
<i>Aerococcus viridans</i>	2,1	93 - 94	< 1,70
<i>Micrococcus luteus</i>	1	94	< 1,70
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	1,1	94	< 1,70
<i>Acinetobacter pittii</i>	1,1	-	1,99
<i>Serratia liquefaciens</i> grupa	2,1	98 - 99	< 1,70
<i>Kocuria kristinae</i>	2,1	93	< 1,70
<i>Bacillus</i> sp.	1	97	< 1,70
<i>Weissella viridescens</i>	3,1	-	1,97 - 2,10
Niezidentyfikowane / Unidentified	3,1	> 3 j.t. / t.u.	< 1,70

Objaśnienia / Explanatory notes:

SC – wskaźnik identyfikacji / score; j.t./ t.u. – jednostka taksonomiczna / taxonomic unit; (-) – badań nie prowadzono / no studies have been conducted.

Gatunkami dominującymi były gronkowce koagulazo-ujemne *S. equorum*, *S. xylosus*, *S. saprophyticus* i *S. warneri*. W analizie jakościowej drobnoustrojów wyizolowanych z podłoża przygotowanych dla bakterii mlekowych oraz Gram-dodatnich ziarniaków wykazano, że 26 % izolatów należało do rodzaju *Enterococcus*, w tym 23 % do *E. faecium*. Drobnoustroje te przejawiały zdolność wzrostu na dodatkowych podłożach Slanetza i Bartley oraz E.S.T.Y. w warunkach tlenowych, były katalazo-ujemne, nie

produkowały acetoiny i redukowały azotany (V) do (III) (tab. 2). Pozostałe drobnoustroje to katalazo-dodatnie ziarniaki *Staphylococcus* sp. (57,3 %), katalazo-ujemne, nieredukujące azotanów, niejednorodne pod względem morfologicznym *Weissella* sp. (3,1 %), katalazo-dodatnie i redukujące azotany pałeczki *Serratia* sp. (2,1 %), katalazo-dodatnie, nieredukujące azotanów pałeczki *Acinetobacter* sp. (2,2 %) oraz katalazo-dodatnie i redukujące azotany ziarniaki *Kocuria* sp. (2,1 %).

Tabela 2. Ocena izolatów pod względem zdolności proteolitycznych, redukcji azotanów (V) do (III) oraz aktywności katalazy

Table 2. Evaluation of isolates in terms of their proteolytic capacity, reduction of nitrates (V) to (III) and catalase activity

Identyfikacja / Identification	Udział reakcji dodatnich Percent amount of positive reactions [%]			
	IND	CCA	NO <sub>3</sub> /NO <sub>2</sub>	KAT
<i>Staphylococcus equorum</i>	100	0	100	100
<i>Staphylococcus xylosus</i>	35,71	64,29	71,43	100
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	0	28,57	7,14	100
<i>Staphylococcus warneri</i>	33,33	0	33,33	100
<i>Staphylococcus simulans</i>	100	0	100	100
<i>Staph. hominis</i> ssp. <i>novobiosepticus</i>	0	0	0	100
<i>Staphylococcus gallinarum</i>	0	0	0	100
<i>Staphylococcus vitulinus</i>	25	0	100	100
<i>Enterococcus faecium</i>	0	16,67	91,67	0
<i>Enterococcus faecalis</i>	66,67	66,67	66,67	0
<i>Aerococcus viridans</i>	0	50	100	0
<i>Micrococcus luteus</i>	0	0	0	0
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	0	0	0	100
<i>Acinetobacter pittii</i>	0	0	0	100
<i>Serratia liquefaciens</i> grupa	0	0	100	100
<i>Kocuria kristinae</i>	0	0	0	0
<i>Bacillus</i> sp.	100	0	100	100
<i>Weissella viridescens</i>	0	0	0	0
Wynik niewiarygodny / False result	33,33	0	0	33,33

Objaśnienia / Explanatory notes:

IND – test na obecność indolu w reakcji rozkładania tryptofanu / test for presence of indole as the tryptophan decomposition; CCA – reakcja rozkładania kazeiny / casein decomposition reaction; NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub> – redukcja azotanów (V) do (III) / reduction of nitrates (V) to (III); KAT – test na obecność katalazy / test for presence of catalase.

Część szczepów *Staphylococcus*, głównie *S. xylosus*, *S. vitulinus* i *S. gallinarum* redukowała azotany, a 100 % szczepów *S. equorum* i *S. simulans* rozkładało tryptofan

z wytworzeniem indolu. Blisko 98 % oznaczonych szczepów nie wykazało właściwości chorobotwórczych – w żadnym przypadku nie stwierdzono obecności czynnika CF i bakteryjnej oksydazy cytochromowej. Zdolności hemolityczne stwierdzono wyłącznie w przypadku jednego szczepu *Bacillus* sp. Po analizie wyników testów GP i GN wykazano, że szczepy rodzaju *Staphylococcus* rozkładały 17,6 ÷ 52,9 % sacharydów i związków pochodnych. Najbardziej aktywnym gatunkiem był *S. xylosus*, który wykorzystywał 51,9 % dostępnych źródeł węgla. W grupie sacharydów i glikozydów nierozkładanych przez gronkowce były: D-rafinoza, cyklodekstryna, pullulan oraz D-amigdalina. Około 46 % szczepów *Staphylococcus* sp. wykazało aktywność  $\beta$ -galaktozydazy, 15 % –  $\beta$ -glukuronidazy, a 96,9 % – dihydrolazy argininy. Szczepy *Enterococcus* sp. wykorzystywały 58,8 ÷ 82,3 % proponowanych źródeł węgla. Związkami nierozkładanymi przez paciorkowce były D-ksyloza i pullulan, natomiast D-sorbitol wykorzystywany był jedynie przez *E. faecalis*. Wszystkie szczepy rodzaju *Enterococcus* wykazały aktywność hydrolazy i dihydrolazy argininy, ale wykazały różną aktywność arylamidaz: tyrozyny (45 %), L-asparagianu (27,3 %), L-pirolidyny (18,2 %) i alaniny (9,1 % szczepów). *Kocuria kristine* wykorzystywała sacharozę, D-maltozę i D-rybozę. Jej aktywność enzymatyczna ograniczona była do  $\alpha$ -glukozydazy, arylamidazy tyrozyny, leucyny i dihydrolazy argininy 1. Żaden z oznaczonych szczepów rodzaju *Staphylococcus*, *Enterococcus* oraz *Kocuria* nie rozkładał fosfolipidów ani nie prowadził defosforylacji estrów fosforanowych. Gronkowce wykazały zdolność rozkładania mocznika (76,9 %), alkalizowania środowiska (61,5 %) oraz wzrostu przy podwyższonym do 6,5 % stężeniu soli w podłożu (100 %). Paciorkowce nie rozkładały mocznika, nie alkalizowały środowiska i potrafiły rosnąć w podłożu o 6,5 % stężeniu soli. Niewrażliwa na podwyższone stężenie soli *Kocuria kristine* alkalizowała środowisko zakwaszone kwasem mlekowym i była wrażliwa na obecność polimyksyny, bacytracyny i wibriostatycznego czynnika 0/129 w środowisku (tab. 3). Wszystkie szczepy rodzaju *Staphylococcus* były wrażliwe na działanie polimyksyny B, a odporne na działanie nowobiocyny (100 %), optochiny (100 %) i wibriostatycznego czynnika 0/129 (100 % szczepów). Szczepy rodzaju *Enterococcus* wykazały oporność na wszystkie proponowane antybiotyki.

Oba zaliczone do grupy *Serratia liquefaciens* szczepy, pomimo różnego pochodzenia, charakteryzowały się prawie identycznym profilem biochemicznym. Fermentowały 52,6 % zaproponowanych źródeł węgla, wykazywały aktywność  $\alpha$ -,  $\beta$ -galaktozydazy,  $\beta$ -amylazy i trzech arylamidaz: tyrozyny, proliny i L-pirolidyny. Bakterie prowadziły dekarboksylację ornityny oraz lizyny, alkalizowały kwas mlekowy i bursztynowy oraz były odporne na działanie wibriostatycznego czynnika 0/129. *Acinetobacter lwoffii* przejawiał zdolność wykorzystania kwasu kumarowego, wykazywał aktywność arylamidazy tyrozynowej i glutamyłowej oraz był wrażliwy na działanie czynnika 0/129. Nie prowadził dekarboksylacji aminokwasów, nie alkalizował kwa-

sów, a podobnie jak *Serratia* sp., nie rozkładał lipidów i mocznika ani nie prowadził defosforylacji estrów fosforanowych. Szczep klasyfikowany jako *Bacillus* sp., podobnie jak szczepy rodzaju *Enterococcus*, potrafił wykorzystać jako źródła węgla sacharozę, D-trehalozę, D-maltozę, D-mannozę i D-mannitol oraz potrafił rozkładać mocznik. Różniła go umiejętność rozkładania sorbitolu, aktywność  $\beta$ -glukuronidazy i aryamidazy tyrozyny oraz prowadzenie reakcji zaproponowanych w teście GN, z udziałem L-arabitolu, kwasu kumarowego,  $\beta$ -alaniny i L-histydyny. *Bacillus* sp. dekarboksylował ornitynę i lizynę, alkalizował kwas bursztynowy i był odporny na działanie wibriostatycznego czynnika 0/129.

Tabela 3. Ocena izolatów pod względem wrażliwości na zastosowane substancje wstrzymujące wzrost drobnoustrojów

Table 3. Evaluation of isolates in terms of their sensitivity to substances used to inhibit growth of microorganisms

Identyfikacja / Identification	Udział szczepów wrażliwych Share of susceptible strains [%]				
	POLYB	BACI	NOVO	OPTO	0129R
<i>Staphylococcus equorum</i>	100	100	6,25	6,26	75
<i>Staphylococcus xylosus</i>	100	57,1	0	0	21,4
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	100	14,3	0	0	14,3
<i>Staphylococcus warneri</i>	100	83,3	100	0	16,7
<i>Staphylococcus simulans</i>	100	0	0	0	0
<i>Staph. hominis ssp. novobiosepticus</i>	100	100	0	0	0
<i>Staphylococcus gallinarum</i>	100	100	0	0	0
<i>Staphylococcus vitulinus</i>	100	100	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i>	0	0	0	0	0
<i>Enterococcus faecalis</i>	25	25	0	0	25
<i>Aerococcus viridans</i>	100	100	0	0	0
<i>Micrococcus luteus</i>	100	100	100	100	100
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	100	100	100	100	100
<i>Acinetobacter pittii</i>	-	-	-	-	-
<i>Serratia liquefaciens</i> grupa	-	-	-	-	0
<i>Kocuria kristinae</i>	100	100	0	0	100
<i>Bacillus</i> sp.	-	-	-	-	0
<i>Weissella viridescens</i>	-	-	-	-	-
Wynik niewiarygodny / False result	-	-	-	-	-

Objaśnienia / Explanatory notes:

POLYB – polimyksyna B / polymyxin B, BACI – bacytracyna / bacitracin, NOVO – nowobiocyna / novobiocin, OPTO – optochina / optochin, 0129R – czynnik wibriostatyczny / vibrio static agent 0129.

Mikroflora denitryfikująca wędlin dojrzewających przynależy do rodziny *Micrococcaceae*. Należą do niej trzy rodzaje: *Micrococcus*, *Staphylococcus* oraz *Enterococcus*, bytujące na powierzchni skóry oraz błon śluzowych zwierząt stałocieplnych oraz w środowisku ich chowu (gleba, powietrze, woda). *S. equorum* ma zdolność tworzenia pochodnych mioglobiny, m.in. oksy- i deoksymioglobiny [4, 18]. *S. xylosus* przekształca metmioglobinę w nitrozylomioglobinę [16]. Produkowana przez wymienione gatunki katalaza zapobiega przebarwieniom powodowanym przez nadtlenki wytwarzane przez szczepy bakterii kwasu mlekowego [11]. Najpowszechniej występującymi gatunkami gronkowców we włoskich wędlinach dojrzewających o wielowiekowej tradycji są *S. equorum*, *S. saprophyticus* i *S. xylosus*. *S. equorum* jest gatunkiem najliczniejszym, oznaczanym zarówno w surowcach, jak i w wyrobach gotowych [14]. *S. xylosus* jest izolowany przede wszystkim w wyrobach gotowych. *S. saprophyticus* jest bakterią pochodzącą ze środowiska produkcji. Innymi gatunkami gronkowców, identyfikowanymi w wędlinach fermentowanych są: *S. succinus*, *S. warneri*, *S. vitulinus*, *S. pasteyri*, *S. epidermidis*, *S. lentus* i *S. haemolyticus* [15]. Mikroflora wędlin hiszpańskich o niskim pH jest zdominowana przez *S. xylosus*, *S. carnosus* i *S. epidermidis* [15]. Obok gronkowców izolowane są również często bakterie słabo kwaszące oraz aromatodwórcze, takie jak *E. faecium* i *E. faecalis*, które w wędlinach o wyższym pH znajdują odpowiednie warunki do wzrostu [19]. Gram-dodatnie ziarniaki greckich wędlin fermentowanych to przede wszystkim *S. xylosus*, *S. saprophyticus*, *S. equorum*, *S. vitulinus* i *S. succinus* [12]. Przeprowadzone w niniejszej pracy badania umożliwiły lepsze poznanie środowiska bytowania i możliwości biochemiczne drobnoustrojów o cechach denitryfikujących, aromatyzujących i kwaszących, to jest bakterii kwasu mlekowego oraz Gram-dodatnich, koagulazo-ujemnych ziarniaków.

## Wnioski

1. W surowych wędlinach dojrzewających, poza gronkowcami, które stanowią 56,3 % oznaczonych Gram-dodatnich ziarniaków, stwierdza się wzrost enterokoków, a udział wynosi ponad 26 %. Wszystkie wyizolowane z wędlin szczepy rodzaju *Staphylococcus* są katalazo-ujemne.
2. Umiejętności rozkładania tryptofanu nie wykazuje część szczepów gronkowców i 100 % szczepów *Enterococcus faecium*, *Aerococcus viridans*, *Acinetobacter lwoffii*, *Acinetobacter pittii*, *Serratia liquefaciens*, *Kocuria kristinae* i *Weisella viridescens*. Spośród wszystkich oznaczonych szczepów tylko część rozkłada kazeinę (*S. xylosus*, *S. saprophyticus*, *E. faecium* i *E. faecalis*).
3. Za wyjątkiem jednego szczepu *Bacillus* sp. oznaczone drobnoustroje nie wykazują cech chorobotwórczości. Szczepy *Staphylococcus* sp. wykazują wrażliwość na działanie polimyksyny B, bacytracyny (za wyjątkiem *S. simulans*), nowobiocyny (tylko *S. equorum* i *S. warneri*) i wibriostatycznego czynnika 0/129 (tylko *S. equo-*



*rum*, *S. xylosus*, *S. saprophyticus* i *S. warneri*). Ponad 93 % szczepów *S. equorum* jest odpornych na obecność optochiny w podłożu. Rodzaje *Aerococcus* sp. oraz *Micrococcus* sp. są wrażliwe na działanie polimyksyny B oraz bacytracyny. *Micrococcus luteus* wykazuje dodatkowo wrażliwość na nowobiocynę, optochinę oraz wibriostatyczny czynnik 0/129.

*Praca badawcza finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu nr N N312305740 oraz dotacji przyznanej przez MNiSzW na działalność statutową DS-3705/1/KPPZ/2018.*

### Literatura

- [1] Babic I., Markov K., Kovacevic D., Trontel A., Slavica A., Dugum J., Cvek D., Svetec I., Posavec I., Frece J.: Identification and characterization of potential autochthonous starter cultures from a Croatian “brand” product “Slovonski kulen”. *Meat Sci.*, 2011, 88 (3), 517-524.
- [2] Bagdatli A., Kundakci A.: Optimization of compositional and structural properties in probiotic sausage production. *J. Food Sci. Technol.*, 2016, 53 (3), 1679-1689.
- [3] Bedia M., Mendez L., Banon S.: Evaluation of different starter cultures (Staphylococci plus Lactic Acid Bacteria) in semi-ripened salami stuffed in swine gut. *Meat Sci.*, 2011, 87 (4), 381-386.
- [4] Bonomo M., Ricciardi A., Zotta T., Sico M., Salzano G.: Technological and safety characterization of coagulase-negative staphylococci from traditionally fermented sausages of Basilicata region (Southern Italy). *Meat Sci.*, 2009, 83 (1), 15-23.
- [5] Bourdichon F., Casaregola S., Farrokh C., Frisvad J.C., Gerds M.L., Hammes W.P., Harnett J., Huys G., Laulund S., Ouwehand A., Powell I.B., Prajapati J.B., Seto Y., Ter Schure E., Van Boven A., Vankerckhoven V., Zgoda A., Tuijelaars S., Hansen E.B.: Food fermentations: Microorganisms with technological beneficial use. *Int. J. Food Microbiol.*, 2012, 154 (3), 87-97.
- [6] Casquete R., Benito M., Martin A., Ruiz-Moyano S., Hernandez A., Cordoba M.: Effect of autochthonous starter cultures in the production of “salchichon”, a traditional Iberian dry-fermented sausage, with different ripening processes. *LWT- Food Sci. Technol.*, 2011, 44 (7), 1562-1571.
- [7] Duskova M., Kamenik J., Karpiškova R.: *Weissella viridescens* in meat products – a review. *Acta Vet. Brno*, 2013, 82 (3), 237-241.
- [8] Fonseca S., Cachaldora A., Gómez M., Franco I., Carballo J.: Effect of different autochthonous starter cultures on the volatile compounds profile and sensory properties of Galician chorizo, a traditional Spanish dry fermented sausage. *Food Control*, 2013, 33 (1), 6-14.
- [9] Fonseca S., Cachaldora A., Gomez M., Franco I., Carballo J.: Monitoring the bacterial population dynamics during the ripening of Galician chorizo, a traditional dry fermented Spanish sausage. *Food Microbiol.*, 2013, 33 (1), 77-84.
- [10] Franz C., Huch M., Abriouel H., Holzapfel W., Galvez A.: Enterococci as probiotics and their implications in food safety. *Int. J. Food Microbiol.*, 2011, 151 (2), 125-140.
- [11] Iacumin L., Manzano M., Comi G.: Catalase-positive cocci in fermented sausage: Variability due to different pork breeds, breeding systems and sausage production technology. *Food Microbiol.*, 2012, 29 (2), 178-186.
- [12] Janssens M., Myter N., de Vuyst L., Leroy F.: Species diversity and metabolic impact of the microbiota are low in spontaneously acidified Belgian sausages with an added starter culture of *Staphylococcus carnosus*. *Food Microbiol.*, 2012, 29 (2), 167-177.

- [13] Kurta S., Zorbab O.: The effects of ripening period, nitrite level and heat treatment on biogenic amine formation of “sucuk” – A Turkish dry fermented sausage. *Meat Sci.*, 2016, 82 (2), 179-184.
- [14] Leroy S., Lebert I., Chacornac J.P., Chavantb P., Bernardib T., Talon R.: Genetic diversity and biofilm formation of *Staphylococcus equorum* isolated from naturally fermented sausages and their manufacturing environment. *Int. J. Food Microbiol.*, 2009, 134 (1-2), 46-51.
- [15] Leroy S., Giammarinaro P., Chacornac J.P., Lebert I., Talon R.: Biodiversity of indigenous staphylococci of naturally fermented dry sausages and manufacturing environments of small-scale processing units. *Food Microbiol.*, 2010, 27 (2), 294-301.
- [16] Li P., Kong B., Chen Q., Zheng D., Liu N.: Formation and identification of nitrosylmyoglobin by *Staphylococcus xylosum* in raw meat batters: A potential solution for nitrite substitution in meat products. *Meat Sci.*, 2013, 93 (1), 67-72.
- [17] Lucke F.K.: Quality improvement and fermentation control in meat products. In: *Advances in Fermented Foods and Beverages. Improving Quality, Technologies and Health Benefits*. Ed W.H. Holzapfel. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge 2015, pp. 357-376.
- [18] Marty E., Bodenmann C., Buchs J., Hadorn R., Eugster-Meier E., Lacroix C.: Prevalence of antibiotic resistance in coagulase-negative staphylococci from spontaneously fermented meat products and safety assessment for new starters. *Int. J. Food Microbiol.*, 2012, 159 (2), 74-83.
- [19] Talon R., Leroy S.: Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Sci.*, 2011, 89 (3), 303-309.
- [20] Tamang J.P., Watanabe K., Holzapfel W.H.: Review: Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Front. Microbiol.*, 2016, 7 (377), 1-28.
- [21] Węsierska E., Korzekwa K., Foks S., Mickowska B.: Influence of microflora composition on safety and colour parameters of “kumpia wieprzowa” during ripening. *Pol. J. Veter. Sci.*, 2013, 16 (2), 299-305.
- [22] Węsierska E., Szołtyś M., Rak L.: Physico-chemical, biochemical and microbiological properties of traditional Polish pork fermented products during ripening. *Food Bioproc. Technol.*, 2013, 6, 2986-2995.
- [23] Węsierska E.: Wyroby dojrzewające w słońcu Podlasia. *Przem. Spoż.*, 2014, 68 (11), 38-39.
- [24] PN-EN ISO 7218:2008. Mikrobiologia żywności i pasz. Wymagania ogólne i zasady badań mikrobiologicznych.
- [25] PN-EN ISO 6887-2:2017-05. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego. Przygotowanie próbek do badań, zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych do badań mikrobiologicznych. Część 2: Specyficzne zasady przygotowania mięsa i przetworów mięsnych.

## EVALUATION OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF MICROFLORA OF RAW RIPENED MEATS WITH MODERN DIAGNOSTIC METHODS

### Summary

The objective of the study was to identify the acidifying and denitrifying microflora of raw ripened meats in the Podlasie region. On the basis of morphological differences of the colonies, representative strains were isolated and identified using selective-differentiating media and microbiological tests including MALDI TOF MS Biotyper and Vitek® 2 systems. The most strongly represented group were Gram-positive cocci, which constituted 88.5 % of all the identified bacteria. The percent amount of individual types in this group was as follows: 56,3 % – *Staphylococcus* sp., 26 % – *Enterococcus* sp., 3,1 % – *Weissella* sp., 14,6 % – other. In the pool of the staphylococci marked, the individual species amounted to, respectively: 18,7 % – *S. equorum*, 11,5 % – *S. saprophyticus*, 16,7 % – *S. xylosum*, 6,2 % – *S. warneri*, 1,1 % – *S. vitulinus*, 1,1 % – *S. gallinarum* and 1 % – *S. simulans* and *S. hominis* ssp. *novobiosepticus*. Two spe-

cies were identified within the genus *Enterococcus*: *E. faecium* (22.9 %) and *E. faecalis* (3.1 %). Almost 98 % of the tested strains did not show pathogenicity – there were found no haemolytic abilities, no presence of CF factor, and no bacterial cytochrome oxidase. *Staphylococcus* spp. strains were sensitive to polymyxin B (100 %) and bacitracin (> 60 %). The strains of *Enterococcus* sp. identified by a Vitek® 2 system showed resistance to all the suggested antibiotics. The marked bacteria were a physiological microflora in humans and animals; raw materials for the production of sausages were obtained from them or they were associated with the breeding environment.

**Key words:** raw ripened meats, microflora, identification, resistance to antibiotics ☒

MAGDALENA ŚWIĄTEK, WŁODZIMIERZ BEDNARSKI,  
KAROLINA SZYMAŃSKA, MARIUSZ ŚLIWIŃSKI

## ŻYWIENIOWE I TECHNOLOGICZNE ASPEKTY WYSTĘPOWANIA GALAKTOZY W MLEKU I PRODUKTACH MLECZNYCH

### Streszczenie

Galaktoza spełnia istotne funkcje żywieniowe, gdyż stanowi źródło energii oraz składnik strukturotwórczy w organizmie. Wykazano również jej działanie przeciwbakteryjne, ograniczające inwazję niektórych patogenów. Jednakże u niektórych osób występuje zaburzenie metabolizmu galaktozy, nazywane galaktozemią. Jest ono spowodowane niedoborem enzymów przemiany galaktozy. W takim przypadku konieczne jest wyeliminowanie laktozy i galaktozy z diety. Bakterie fermentacji mlekowej wykazują różnice pod względem zdolności do metabolizowania galaktozy. Metabolizm laktozy/galaktozy może przebiegać szlakiem Leloir (S. *thermophilus*, L. *delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, L. *helveticus*) lub szlakiem metabolicznym tagatozo-6-P (L. *casei*, L. *rhamnosus*, L. *lactis* subsp. *cremoris*). Przemiany laktozy/galaktozy zachodzące szlakiem tagatozo-6-P skutkują akumulacją niewielkich ilości galaktozy w środowisku, natomiast metabolizm galaktozy szlakiem Leloir jest zazwyczaj związany z wydzielaniem zewnątrzkomórkowo znacznych ilości galaktozy. W związku z powyższym produkty mleczne charakteryzują się różną zawartością galaktozy, co wywołuje różne konsekwencje jakościowe. Obecność galaktozy w masie serowej (Cheddar, Mozzarella) może powodować wystąpienie niepożądanych szczelin i pęknięć, jak również niekorzystnych zmian barwy podczas przechowywania i w efekcie obróbki termicznej. Eliminacja galaktozy z tych produktów pozwoliłaby więc na poprawę ich jakości. Można ją uzyskać poprzez stosowanie do produkcji tych serów mikroorganizmów genetycznie zdolnych do intensywnego wykorzystania galaktozy, jak np. L. *casei*, L. *rhamnosus*, L. *helveticus*. Ponadto produkty mleczne niezawierające laktozy i galaktozy mogą znaleźć zastosowanie w diecie osób dotkniętych galaktozemią.

**Słowa kluczowe:** galaktoza, sacharydy, produkty bezgalaktozowe, galaktozemia

### Wprowadzenie

Postęp wiedzy o właściwościach funkcjonalnych składników mleka dotyczy także sacharydów. Obecnie wiadomo, że w mleku występuje ok. 100 różnych form oligosa-

charydów. Poznano ich skład i biologiczne funkcje ważne w prozdrowotnym żywieniu. Sprzyja temu upowszechnienie specjalistycznych metod analitycznych, głównie chromatograficznych [19]. Obserwuje się także systematyczne pogłębianie wiedzy o metabolizmie sacharydów mleka oraz ich oddziaływaniu na zdrowie konsumentów [1, 10, 11, 15, 22].

Aktualnie ważna jest problematyka dotycząca skutków zdrowotnych szerokiego zakresu upowszechniania produktów mlecznych bezlaktozowych. Została ona przybliżona w cytowanym piśmiennictwie, m.in. we wcześniejszych opracowaniach własnych [3, 5, 23, 25].

W ocenie wartości żywieniowej sacharydów mleka warto zwrócić uwagę na galaktozę obecną w mleku w strukturach laktozy, jak również w oligosacharydach [11]. Współczesne opinie o wartości żywieniowej galaktozy nie są jednoznaczne. Przeważają informacje o jej korzystnym oddziaływaniu na zdrowie konsumentów [2, 6, 7]. Technologicznie ważne są wyniki badań informujące o niekorzystnym oddziaływaniu „wolnej”, niewykorzystanej przez drobnoustroje, galaktozy na jakość niektórych produktów mlecznych, np. niektórych serów i napojów fermentowanych [6, 12, 16, 27, 28].

Celem niniejszego opracowania było przybliżenie współczesnej wiedzy o właściwościach galaktozy oraz o skutkach żywieniowych i technologicznych obecności wolnej galaktozy w mleku i produktach mlecznych.

## **Charakterystyka galaktozy**

### *Aspekty żywieniowe i zdrowotne*

Galaktoza jest aldoheksozą. W naturze najczęściej występuje w D-konfiguracji. Jest obecna w bakteriach, roślinach oraz zwierzętach. Dostępna jest w postaci wolnej, jak i związanej w: oligosacharydach, polisacharydach, glikoproteinach i glikolipidach. Źródłem galaktozy są także niektóre owoce, np. figi [2].

Organizm ludzki może syntetyzować galaktozę endogennie „de novo”. Galaktoza z glukozą tworzą laktozę – cukier występujący wyłącznie w mleku, który jest pierwszym źródłem energii dla noworodków i niemowląt. Obecność laktozy w strukturach ok. stu oligosacharydów decyduje często o ich aktywności biologicznej. Specyficzne wiązania galaktozy w strukturach oligosacharydów powodują, że nie podlegają one hydrolizie w jelicie cienkim i przechodzą do dalszej części przewodu pokarmowego, w którym pełnią funkcje prebiotyczne [2].

W roztworze wodnym galaktoza występuje w dwóch formach strukturalnych:  $\alpha$ - i  $\beta$ -piranozy, różniących się miejscem położenia grupy hydroksylowej przy węglu C-1. Galaktoza uwalniana enzymatycznie z laktozy występuje w  $\beta$ -konformacji, a na-

stępnie jest konwertowana enzymatycznie do  $\alpha$ -anomeru i w tej postaci podlega dalszym bardzo szybkim przemianom do glukozy [2, 7].

Biologiczne znaczenie galaktozy nie ogranicza się wyłącznie do wartości żywieniowej. Z uwagi na specyficzną budowę, różniącą ją od glukozy tym, że grupa hydroksylowa jest związana z węglem C-4, galaktoza pełni w żywych organizmach wiele funkcji strukturotwórczych, których nie pełni glukoza. W porównaniu z glukozą i fruktozą galaktoza jest preferencyjnie włączana do glikogenu wątrobowego. Wątroba to najważniejszy organ biorący udział w rozmieszczeniu galaktozy, niemniej jednak enzymy zaangażowane w metabolizm galaktozy zidentyfikowano w kilku komórkach i tkankach, tj. w enterocytach, mózgu, gruczole mlecznym [2]. Właściwości związane z występowaniem dwóch form anomerycznych galaktozy decydują o jej znaczeniu biologicznym głównie dlatego, że wchodzi ona w skład glikanów w kompleksach biomolekularnych. Sekwencyjność i anomeryczność połączeń galaktozy w tworzonych kompleksach sprzyjają różnorodności oddziaływania na fizjologiczne i patologiczne zjawiska w organizmie. Galaktozemia, mukowiscydoza, zapalenie oskrzeli i reumatoidalne zapalenie stawów są specyficznym regulowane przez struktury oligosacharydowe zawierające galaktozę. Aktywność biologiczną wykazują także formy galaktozy uzyskane po jej acylacji, siarczanowaniu lub metylacji. Siarczanowana galaktoza jest składnikiem mucyn wydzielanych w drogach oddechowych, które wiążą bakterie wywołujące zapalenie płuc (*Mycoplasma pneumoniae*) i powstrzymują infekcję. Powstałe z udziałem galaktozy różne anomerycznie powiązane kompleksy wykazują aktywność łagodzącą skutki inwazji bakteryjnych w układzie immunologicznym gospodarza. Kompleksy sacharydów współtworzonych przez galaktozę są np. zdolne do ograniczania adhezji patogenów (np. *Streptococcus suis*, *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli*) do komórek nabłonka [7].

Obecnie wiadomo, że galaktoza jest substratem do syntezy cerebrozydów, gangliozydów i mukoprotein w mózgu. Wykazuje ona także działanie terapeutyczne, np. w zapobieganiu chorobie Alzheimera. Dowiedziono, że doustne podawanie galaktozy jest obiecującą terapią w leczeniu opornego zespołu nerczycowego [8]. Eksperymentalnie wykazano, że galaktoza współtworzy markery do rozpoznawania niektórych nowotworów (np. żołądka), grup krwi i infekcji rotawirusowej [7].

Genetycznie uwarunkowana nietolerancja galaktozy nazywana galaktozemią występuje w populacji ludzkiej z częstotliwością  $(1 : 30000) \div (1 : 100000)$  [9]. Jej przyczyną jest wrodzony niedobór jednego z trzech enzymów przemiany galaktozy (szlak metaboliczny Leloir): urydylotransferazy galaktozo-1-fosforanowej (GALT), galaktokinazy (GALK) lub UDP-galaktozo-4-epimerazy (GALE). Deficyt jednego z nich powoduje niepełne przemiany galaktozy, a gromadzące się we krwi i narządach docelowych (m.in. w wątrobie i mózgu) galaktoza i jej metabolity (galaktozo-1-fosforan, galaktitol) destrukcyjnie oddziałują na systemy: odpornościowy, hematologiczny, uro-

logiczno-nerkowy i nerwowy [7, 20, 24, 27, 28]. Galaktozemia jest chorobą genetyczną, dziedziczną autosomalnie recesywnie. Obraz kliniczny choroby jest różny i zależy od niedoboru poszczególnych enzymów. Najczęściej obserwowany jest deficyt urydylotransferazy galaktozo-1-fosforanowej, który powoduje wystąpienie „klasycznej galaktozemii” o ostrym przebiegu. W tej postaci choroby następuje gromadzenie się galaktozo-1-fosforanu, toksycznego dla wątroby, nerek i mózgu [24]. U noworodków z „klasyczną galaktozemią” obserwuje się m.in. wymioty, biegunkę, brak łaknienia, brak przyrostu masy ciała, powiększenie wątroby i śledziony, żółtaczkę, zaburzenia krzepnięcia krwi i hipoglikemię. Charakterystycznym objawem jest posocznica bakteryjna wywołana przez *E. coli*. Do późniejszych objawów można zaliczyć zaburzenia pracy nerek, objawy uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego, zaćmę. Ważnym objawem jest patologiczna żółtaczka, pojawiająca się wcześniej niż żółtaczka fizjologiczna [24]. Wskazane jest możliwie wczesne rozpoznanie galaktozemii. Dotyczy to głównie niemowląt. Przeciwdziałanie polega na wyeliminowaniu obecności galaktozy i laktozy z diety [7, 19].

#### *Aspekty technologiczne*

W przetwórstwie mleka dominują procesy fermentacyjne z udziałem dobranych kultur mikroorganizmów, głównie bakterii fermentacji mlekowej. Głównym substratem w ich rozwoju są sacharydy mleka: laktoza i monosacharydy powstające po jej enzymatycznej hydrolizie. Jednym z nich jest galaktoza [6].

Metabolizm laktozy/galaktozy w komórkach bakterii fermentacji mlekowej, jak i niektórych drożdży, przebiega najczęściej szlakiem Leloir (operon gal), m.in. *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Kluyveromyces lactis*. Drugim, alternatywnym szlakiem metabolicznym jest szlak tagatozo-6-P (operon lac). Jest on powszechny u bakterii: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Bifidobacterium longum*, *Leuconostoc lactis*, *Leuc. mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* i nielicznych szczepów *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* [27, 28, 29, 30]. Niektóre mikroorganizmy są zdolne do metabolizowania laktozy/galaktozy zarówno szlakiem Leloir, jak i szlakiem tagatozo-6-P (np. *Lactococcus lactis*) [4].

Metabolizm laktozy/galaktozy zachodzący szlakiem tagatozo-6-P skutkuje akumulacją niewielkich ilości galaktozy w podłożu, natomiast większość bakterii metabolizujących galaktozę szlakiem Leloir wydziela zewnątrzkomórkowo znaczne ilości galaktozy. Jednym z wyjątków jest *L. helveticus* efektywnie fermentujący galaktozę szlakiem Leloir. Warto dodać, że w szlaku tagatozo-6-P nie jest uwalniana galaktoza, ale metabolizowany jest galaktozo-6-fosforan powstały po fosforylacji laktozy podczas transportu do wnętrza komórki. Jednakże część galaktozo-6-fosforanu jest defosfory-

lowana i wydzielana do środowiska, podczas gdy reszta glukozy jest łatwo wykorzystywana. Geny odpowiedzialne za metabolizm galaktozy szlakiem tagatozo-6-P są kodowane na chromosomach u gatunków *L. casei*, *L. rhamnosus* i *L. paracasei*, podczas gdy obecność tych genów kodowanych na plazmidach stwierdzono u niektórych szczepów gatunku *L. lactis*. Metabolizm galaktozy szlakiem tagatozo-6-P zależy nie tylko od gatunku, ale również od szczepu w obrębie danego gatunku [4, 16, 28, 29].

Spośród innych mikroorganizmów stosowanych w przetwórstwie mleka, podczas produkcji niektórych rodzajów serów (głównie typu szwajcarskiego) stosuje się bakterie propionowe. Wszystkie bakterie z rodzaju *Propionibacterium*, z wyjątkiem *P. freudenreichii* subsp. *freudenreichii*, wykazują zdolność do hydrolizy laktozy, dzięki obecności enzymu  $\beta$ -D-galaktozydazy. Bakterie *P. freudenreichii* w obecności sacharydów i mleczanów w pożywce preferencyjnie metabolizują kwas mlekowy jako substrat fermentacji propionowej [13].

Genetycznie uwarunkowane predyspozycje bakterii do fermentacji laktozy/galaktozy są przyczyną różnej intensywności przemian galaktozy i jej pozostałości w produktach po fermentacji. Obecność galaktozy w produktach mlecznych wywołuje określone konsekwencje jakościowe, głównie w takich serach jak Cheddar i Mozzarella. Z dostępnej literatury wiadomo, że w dojrzałych serach Cheddar (po 6 miesiącach dojrzewania) nie występuje już laktoza, a zawartość galaktozy wynosi średnio 30 mg/100 g, niekiedy nawet 100 mg/100 g [27]. Występowanie galaktozy w masie serowej może powodować określone wady serów, jak np. niespójna konsystencja czy brązowienie podczas obróbki termicznej masy serowej [18].

Tradycyjnie sery Cheddar produkuje się z zastosowaniem mezofilnych kultur *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* i *L. lactis* subsp. *lactis*. W ciągu ostatnich dziesięcioleci wraz z postępem mechanizacji i wzrostem wydajności w zakładach produkcja tego sera bardzo się zmieniła. Na rynku dostępne są różne warianty sera Cheddar, które różnią się przede wszystkim czasem dojrzewania, co przekłada się na stopień ostrości ich smaku. Łagodny Cheddar jest już gotowy po upływie 1 - 2 miesięcy, natomiast dojrzały jest jednak dopiero po roku. Inną modyfikacją procesu produkcji omawianego rodzaju sera jest stosowanie zmian składu kultury starterowej, w tym np. wprowadzenie *Streptococcus thermophilus*. Ten gatunek bakterii wykazuje większą tolerancję na podwyższoną temperaturę i większą oporność na infekcje fagowe w porównaniu z *L. lactis*, jednak jego stosowanie również wpływa na smak sera. *Streptococcus thermophilus* pozwala na szybsze wytwarzanie kwasu mlekowego podczas produkcji sera Cheddar, co w konsekwencji sprzyja przyspieszeniu procesu fermentacji i skróceniu czasu dojrzewania serów i niestety pozostawieniu w nich galaktozy. Jest ona substratem do kontynuacji procesu fermentacji w czasie dojrzewania serów, a wydzielany w tych warunkach CO<sub>2</sub> może sprzyjać powstawaniu wad serów, jak pojawienie się niepożądanych szczelin i pęknięć [12, 27, 28].



Większość szczepów *S. thermophilus* stosowanych w przemyśle mleczarskim nie jest w stanie metabolizować galaktozy. Jedną z możliwości technologicznych wyeliminowania tych wad serów jest dobór bakterii z uwzględnieniem wiedzy o genetycznie zaprogramowanym szlaku metabolicznym sprzyjającym intensywnej fermentacji galaktozy. Predysponowane do tego celu są bakterie fermentacji mlekowej z zaprogramowanym szlakiem metabolicznym tagatozo-6-P, charakteryzujące się wysoką aktywnością wykorzystania galaktozy. Do nich zalicza się: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* i *Lactobacillus rhamnosus*. Na przykład zastosowanie *L. rhamnosus* w produkcji sera Cheddar pozwoliło na całkowite wykorzystanie galaktozy w etapie technologicznym poprzedzającym 3-miesięczne dojrzewanie serów [28].

Problem z pełnym wykorzystaniem galaktozy w procesie technologicznym dotyczy także sera Mozzarella. Do jego produkcji powszechnie stosowane są szczepy bakterii *S. thermophilus* oraz *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, które w większości nie są wyposażone w geny kodujące enzymy szlaku tagatozo-6-P i metabolizując galaktozę szlakiem Leloir'a nie wykorzystują jej całkowicie, co prowadzi do powstawania wad sera, jak np. żółta barwa [15]. Należy podkreślić, że Mozzarella jest typem sera półmiękkiego, który standardowo powinien być biały. W interpretacji przyczyn niekorzystnej barwy sera zwraca się uwagę na to, że stosowane w jego produkcji szczepy starterowe wykazują zewnątrzkomórkową aktywność proteolityczną. Już na etapie fermentacji w masie serowej stwierdza się znaczną zawartość wolnych aminokwasów i niskocząsteczkowych peptydów, które mogą reagować z niewykorzystanymi sacharydami, w tym z galaktozą i tworzyć związki barwne. Proces ten jest nasilony podczas wypieku pizzy. W tych warunkach zachodzą wówczas reakcje nieenzymatycznego brunatnienia, a nawet karmelizacji, co prowadzi do niekorzystnego wyglądu pizzy. W celu spełnienia norm jakościowych dotyczących pizzy, do jej produkcji preferowane jest stosowanie bezgalaktozowego sera Mozzarella. Wymaga to doskonalenia technologii jego wytwarzania. Jeden z wariantów udoskonalonej technologii produkcji bezgalaktozowego sera Mozzarella obejmuje trzy ważne etapy:

- zastosowanie kultur starterowych predysponowanych do intensywnej fermentacji galaktozy podczas etapu ukwaszania mleka z jednoczesną minimalizacją procesów proteolizy,
- kontynuację fermentacji mlekowej w serwatce wydzielonej z gęstwy serowej i skuteczne jej 3 - 4-godzinne osuszenie, tj. wydzielanie serwatki w celu minimalizacji zawartości laktozy i galaktozy,
- dojrzewanie sera w warunkach sprzyjających procesom proteolizy i zwiększaniu zawartości aminokwasów i peptydów.

Zastosowana procedura ogranicza metabolizm galaktozy w masie serowej (przez pozostałe w niej żywe bakterie) na etapie dojrzewania (28 dni/4 °C) oraz w czasie przechowywania sera [28].

W produkcji bezgalaktozowego sera Mozzarella wskazane jest stosowanie kultur *L. casei*, *L. helveticus* i *L. rhamnosus*, zdolnych do efektywnej fermentacji galaktozy. Uzasadnione jest dalsze poszukiwanie szczepów bakterii przeznaczonych do intensywnej, pełnej fermentacji galaktozy. Potwierdzono te zdolności w przypadku *Enterococcus faecium* i *Enterococcus faecalis*, jednak nie są one uznane za GRAS, mimo że ich patogenność nie została potwierdzona [14, 28]. Perspektywicznie pozytywne są przykłady doskonalenia szczepów bakterii metodami inżynierii genetycznej [21, 28].

Eliminacja galaktozy z produktów mlecznych (niezawierających laktozy) umożliwia ich zastosowanie w diecie osób dotkniętych galaktozemią [19]. Otwarte pozostaje pytanie, czy obecnie bezgalaktozowe produkty mleczne są dostępne na rynku.

We wstępnych badaniach własnych, prowadzonych w Instytucie Innowacji Przemysłu Mleczarskiego w Mrągowie, wykazano nieobecność galaktozy w analizowanych próbkach produktów dostępnych w handlu, takich jak: kefir, twarogi i sery dojrzewające typu holenderskiego. Sery dojrzewające typu holenderskiego nie zawierały również laktozy i glukozy, można je więc zaliczyć do produktów mlecznych bezcukrowych. Wykazano również, że głównym czynnikiem decydującym o eliminacji cukrów, w tym galaktozy, jest dobór mikroflory stosowanej do ich produkcji. Wskazane jest np. stosowanie szczepów z gatunku *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* [30].

W prowadzonych badaniach wykazano również, że największe ilości wolnej galaktozy występują w produktach bezlaktozowych (1,8 ÷ 3,0 %), co jest oczywiście związane z procesem technologicznym ich otrzymywania (hydroliza enzymatyczna laktozy). Produkty te są przeznaczone szczególnie dla osób z medycznie potwierdzoną nietolerancją laktozy. Jednakże muszą rezygnować z ich spożycia osoby obciążone galaktozemią. Obecność wolnej galaktozy odnotowano także w mlecznych produktach fermentowanych, jak śmietana (0,31 ÷ 0,62 %), jogurt naturalny (0,58 ÷ 1,03 %) i jogurt owocowy (0,27 ÷ 0,52 %). Jogurt otrzymywany jest z mleka przy udziale kultur *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* oraz *Streptococcus thermophilus*, które wykorzystują galaktozę wolniej niż glukozę. Tradycyjna śmietana jest uzyskiwana w wyniku ukwaszenia śmietanki przez mezofilne bakterie fermentacji mlekowej (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*). Do jej produkcji można także zastosować kultury termofilne (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) łącznie lub osobno z kulturami mezofilnymi. Zastosowanie kultur termofilnych pozwala na skrócenie czasu biologicznego dojrzewania śmietany, lecz z uwagi na ich metabolizm w produkcie pozostaje pewna ilość wolnej galaktozy [31].

Problematyka prowadzonych badań własnych jest dopełnieniem treści opracowania Ohlssona i wsp. [17], którzy przeprowadzili doświadczenia mające na celu określe-

nie zawartości laktozy, glukozy i galaktozy w mleku i fermentowanych produktach mlecznych oraz ich alternatywach bez laktozy, dostępnych na szwedzkim rynku. Do oznaczenia cukrów autorzy wykorzystali technikę wysokosprawnej chromatografii anionowymiennej z detekcją elektrochemiczną (HPAEC-ECD). Cytowani Autorzy podzielili produkty fermentowane na trzy grupy, tj. jogurt, filmjölkk i kefir. Filmjölkk, znany również jako fil, jest to tradycyjny fermentowany produkt mleczny, popularny w Szwecji i w innych krajach skandynawskich. Wytwarza się go podczas fermentacji mleka krowiego z udziałem bakterii gatunków *Lactococcus lactis* i *Leuconostoc mesenteroides*. Filmjölkk konsystencją przypomina maślankę lub kefir i ma łagodny, lekko kwaśny smak.

Podczas przechowywania badanych produktów w ciągu 8 dni (mleko UHT) lub 64 dni (produkty fermentowane) Ohlsson i wsp. [17] zaobserwowali jedynie niewielkie zmiany zawartości węglowodanów. Zawartość laktozy w badanych próbkach mleka odnotowana przez autorów wyniosła  $4,5 \div 4,8$  %, a glukozy i galaktozy – ok. 0,01 %. Jogurt charakteryzował się mniejszą zawartością laktozy i większą – wolnej galaktozy (odpowiednio: 2,91 i 0,76 %) w porównaniu z produktem filmjölkk (odpowiednio: 3,51 i 0,04 %) i kefirem (odpowiednio 3,38 % i 0,04 %), co wynika z technologii produkcji i mikroflory stosowanej do fermentacji mleka. We wszystkich fermentowanych produktach mlecznych zawartość glukozy była bliska lub poniżej granicy wykrywalności (0,01 %). Gatunek *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, stosowany do produkcji filmjölkk i kefiru, wykorzystuje szlak tagatozo-6-P do metabolizowania galaktozy. W związku z tym produkty te praktycznie nie zawierały wolnej galaktozy. Natomiast gatunki *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* stosowane w produkcji jogurtu zwykle nie są zdolne do wykorzystywania tego szlaku, w konsekwencji w produkcie pozostaje wolna galaktoza [17]. Jednakże zidentyfikowano szczepy *S. thermophilus* zdolne do metabolizmu galaktozy (*S. thermophilus* Gal+). Zastosowanie szczepu *S. thermophilus* Gal+ w połączeniu z *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* jako kultury starterowej do produkcji jogurtu pozwoliło na zmniejszenie ilości resztkowej galaktozy do 0,37 %, w porównaniu z jogurtem referencyjnym otrzymanym z wykorzystaniem szczepu *S. thermophilus* Gal- zawierającym 0,98 % galaktozy. Katabolizm galaktozy przez bakterie fermentacji mlekowej bazuje głównie na genach zlokalizowanych w chromosomach kodujących szlaki tagatozo-6-P i/lub Leloir, ale genetyczne podstawy zależności tej cechy od szczepu są nadal niejasne [26].

Zawartość laktozy w produktach bezlaktozowych charakteryzowanych przez badaczy szwedzkich oscylowała blisko granicy wykrywalności (0,01 %) we wszystkich produktach. Mleko bezlaktozowe zawierało  $1,3 \div 1,5$  % wolnej galaktozy [17].

## Podsumowanie

Galaktoza pełni ważną funkcję w odżywianiu ludzkiego organizmu, szczególnie we wczesnej fazie jego rozwoju. Stanowi źródło energii i jest ważnym elementem strukturotwórczym w organizmie. Metabolizm galaktozy jest znaczący nie tylko dla rozwoju płodowego i noworodkowego, ale także dla osób w wieku dojrzałym, o czym świadczą genetyczne zaburzenia jej metabolizmu, m.in. galaktozemia, prowadzące do wielu zaburzeń i dysfunkcji. Omówione w niniejszej pracy biologiczne funkcje galaktozy wskazują także na korzyści prozdrowotne, w tym profilaktyczne, wynikające z jej spożywania.

Ważnym aspektem technologicznym przedstawionej problematyki jest wskazanie, że obecność wolnej galaktozy w niektórych produktach mlecznych może wywierać niekorzystny wpływ na ich jakość. Dotyczy to np. serów Cheddar i Mozzarella. Galaktoza obecna w masie serowej może skutkować wystąpieniem niepożądanych szczelin i pęknięć oraz zmiany barwy. Przedstawione w opracowaniu informacje wskazują, że można te wady wyeliminować po zastosowaniu określonych szczepów bakterii zdolnych do wydajnej fermentacji galaktozy. Ich predyspozycje w tym kierunku są uwarunkowane genetycznie. W produkcji mlecznych wyrobów bezgalaktozowych wskazane jest stosowanie bakterii efektywnie fermentujących galaktozę, jak np. *L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*, *L. casei*, *L. rhamnosus*. Stosowanie tych mikroorganizmów pozwala na zmniejszenie zawartości nie tylko laktozy, ale również wolnej galaktozy.

Przedstawiona problematyka oraz wyniki badań cytowanych autorów uzasadniają potrzebę prowadzenia dalszych badań zmierzających do doskonalenia technologii i rozszerzenia asortymentu produktów mlecznych bezgalaktozowych, a nawet bezcukrowych.

*Praca została sfinansowana przez Instytut Innowacji Przemysłu Mleczarskiego Sp. z o.o.*

## Literatura

- [1] Chen X.Y., Gänzle M.G.: Lactose and lactose-derived oligosaccharides: More than prebiotics? *Int. Dairy J.*, 2017, 67, 61-72.
- [2] Coelho A.I., Berry G.T., Rubio-Gozalbo M.E.: Galactose metabolism and health. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2015, 18 (4), 422-427.
- [3] Cukrowska B., Socha J.: Hipolaktazja i nietolerancja laktozy – fakty i mity. *Standardy Medyczne/Pediatrics*, 2015, 12, 112-116.
- [4] Grossiord B., Vaughan E.E., Luesink E., de Vos W.M.: Genetics of galactose utilisation via the Leloir pathway in lactic acid bacteria. *Le Lait*, 1998, 78 (1), 77-84.
- [5] Heyman M.B.: Lactose intolerance in infants, children and adolescents. *Pediatrics*, 2006, 118 (3), 1279-1286.

- [6] Hou J., Hannon J.A., McSweeney P.L.H., Beresford T.P., Guinee T.P.: Effect of galactose metabolising and non-metabolising strains of *Streptococcus thermophilus* as a starter culture adjunct on the properties of Cheddar cheese made with low or high pH at whey drainage. *Int. Dairy J.*, 2017, 65, 44-56.
- [7] Hussain M.R.M., Hassan M., Shaik N.A., Iqbal Z.: The role of galactose in human health and disease. *Cent. Eur. J. Med.*, 2012, 7 (4), 409-419.
- [8] International Dairy Federation: Reasons why galactose is good for you. [on line]. IDF. Dostęp w Internecie [6.08.2019]: [https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2017/05/Factsheet-002\\_2017-Reasons-why-galactose-is-good-for-you.pdf](https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2017/05/Factsheet-002_2017-Reasons-why-galactose-is-good-for-you.pdf)
- [9] Kotb M.A., Mansour L., Shamma R.A.: Screening for galactosemia: Is there a place for it? *Int. J. Gen. Med.*, 2019, 12, 193-205.
- [10] Kunz C., Rudloff S.: Health promoting aspects of milk oligosaccharides. *Int. Dairy J.*, 2006, 16, 1341-1346.
- [11] Mehra R., Kelly P.: Milk oligosaccharides: Structural and technological aspects. *Int. Dairy J.*, 2006, 16, 1334-1340.
- [12] Michel V., Martley F.G.: *Streptococcus thermophilus* in Cheddar cheese – production and fate of galactose. *J. Dairy Res.*, 2001, 68 (2), 317-325.
- [13] Mikš-Krajnik M.: Rola paciorkowców mlekowych i pałeczek propionowych w procesie dojrzewania sera typu szwajcarsko-holenderskiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 1 (80), 45-59.
- [14] Moynihan A.C., Govindasamy-Lucey S., Molitor M., Jaeggi J.J., Johnson M.E., McSweeney P.L.H., Lucey J.A.: Effect of standardizing the lactose content of cheesemilk on the properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, 2016, 99, 7791-7802.
- [15] Mukherjee K.K., Hutkins R.W.: Isolation of galactose-fermenting thermophilic cultures and their use in the manufacture of low browning Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, 1994, 77, 2839-2849.
- [16] Neves A.R., Pool W.A., Solopova A., Kok J., Santos H., Kuipers O.P.: Towards enhanced galactose utilization by *Lactococcus lactis*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2010, 76 (21), 7048-7060.
- [17] Ohlsson J.A., Johansson M., Hansson H., Abrahamson A., Byberg L., Smedman A., Lindmark-Mansson H., Lundh A.: Lactose, glucose and galactose content in milk, fermented milk and lactose-free milk products. *Int. Dairy J.*, 2017, 73, 151-154.
- [18] Ortakci F., Broadbent J.R., Oberg C.J., McMahon D.J.: Growth and gas production of a novel obligatory heterofermentative Cheddar cheese nonstarter *lactobacilli* species on ribose and galactose. *J. Dairy Sci.*, 2013, 96, 3645-3654.
- [19] Portnoi P.A., MacDonald A.: Determination of the lactose and galactose content of cheese for use in the galactosaemia diet. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 2009, 22 (5), 400-408.
- [20] Reichardt J.K., Woo S.L.: Molecular basis of galactosemia: Mutations and polymorphisms in the gene encoding human galactose-1-phosphate uridylyltransferase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1991, 88 (7), 2633-2637.
- [21] Robitaille G., Moineau S., St-Gelais D., Vadeboncoeur C., Britten M.: Galactose metabolism and capsule formation in a recombinant strain of *Streptococcus thermophilus* with a galactose-fermenting phenotype. *J. Dairy Sci.*, 2007, 90, 4051-4057.
- [22] Ryan J.T., Slattery H., Hickey R.M., Marotta M.: Bovine milk oligosaccharides as anti-adhesives against the respiratory tract pathogen *Streptococcus pneumoniae*. *Int. Dairy J.*, 2018, 81, 87-94.
- [23] Rychlik U., Marszałek A.: Nietolerancja laktozy – współczesny stan wiedzy. *Diagnostyka Laboratoryjna*, 2013, 49 (1), 71-73.
- [24] Szablewski L., Skopińska A.: Zaburzenia metabolizmu węglowodanów powodowane mutacjami i rola diety jako terapii. I. Galaktozemia. *Medycyna Rodzinna*, 2004, 4, 106-112.
- [25] Świątek M., Bednarski W., Śliwiński M.: Żywnościowe i technologiczne uwarunkowania zmniejszenia zawartości laktozy w mleku i produktach mlecznych. *Przem. Spoż.*, 2018, 72 (10), 26-29.
- [26] Thierry A., Valence F., Deutsch S.M., Even S., Falentin H., Le Loir Y., Jan G., Gagnaire V.: Strain-to-strain differences within lactic and propionic acid bacteria species strongly impact the properties of cheese – A review. *Dairy Sci. Technol.*, 2015, 95, 895-918.

- [27] Van Calcar S.C., Bernstein L.E., Rohr F.J., Yannicelli S., Berry G.T., Scaman C.H.: Galactose content of legumes, caseinates, and some hard cheeses: Implications for diet treatment of classic galactosemia. *J. Agric. Food Chem.*, 2014, 62 (6), 1397-1402.
- [28] Wu Q., Cheung C.K.W., Shah N.P.: Towards galactose accumulation in dairy foods fermented by conventional starter cultures: Challenges and strategies. *Trends Food Sci. Technol.*, 2015, 41 (1), 24-36.
- [29] Wu Q., Shah N.P.: The potential of species-specific tagatose-6-phosphate (T6P) pathway in *Lactobacillus casei* group for galactose reduction in fermented dairy foods. *Food Microbiol.*, 2017, 62, 178-187.
- [30] Ziarno M.: Nietolerancja laktozy i galaktozy. *Przem. Spoż.*, 2006, 60 (3), 38-40.
- [31] Ziarno M., Makowska M.: Przeżywalność mikroflory technicznej w śmietanie jogurtowej przechowywanej w warunkach chłodniczych. *Med. Weter.*, 2008, 64 (4A), 461-464.

#### NUTRITIONAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF OCCURRENCE OF GALACTOSE IN MILK AND MILK PRODUCTS

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

Galactose plays an important nutritional role as a source of energy and a structural component in the body. It has also been shown to have antibacterial activity limiting the invasion of some pathogens. However some people have galactose metabolism disorders called galactosemia. It is caused by a deficiency of galactose metabolism enzymes. In this case, it is necessary to eliminate lactose and galactose from the diet. Lactic acid bacteria differ in their ability to metabolize galactose. The metabolism of lactose/galactose may follow the Leloir pathway (*S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. helveticus*) or the tagatose-6-P metabolic pathway (*L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. lactis* ssp. *cremoris*). The metabolism of lactose/galactose, which follows the tagatose-6-P pathway, results in the accumulation of small amounts of galactose in the medium, while galactose metabolism via the Leloir pathway is usually associated with the extracellular secretion of significant amounts of galactose. Therefore, dairy products are characterized by different galactose content and this triggers different quality consequences. The presence of galactose in cheese (Cheddar, Mozzarella) can cause undesirable splits and cracks to occur and also adverse changes in colour during storage and as a result of heat treatment. Consequently, the elimination of galactose from those products would improve their quality. The elimination can take place when in the cheese production microorganisms are applied that are genetically predisposed to the intensive use of galactose, such as *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. helveticus*. In addition milk products that do not contain lactose and galactose can be used in the diet of people affected by galactosemia.

**Key words:** galactose, saccharides, lactose-free products, galactosemia ☒

AGATA ZNAMIROWSKA, MAGDALENA BUNIEWSKA,  
KATARZYNA SZAJNAR

**ZASTOSOWANIE KONCENTRATU I IZOLATU BIAŁEK  
SERWATKOWYCH DO PRODUKCJI MLEKA FERMENTOWANEGO  
PRZEZ *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. *LACTIS* BB-12**

Streszczenie

Mleko fermentowane o zwiększonej zawartości białka może być atrakcyjnym produktem w żywieniu człowieka. Uważa się, że wzrost zapotrzebowania konsumentów na produkty o zwiększonej zawartości białka, w tym napoje, będzie dostrzegalny. Napoje takie mogą być korzystne w dietach o obniżonej wartości energetycznej, ponieważ spożycie energii z białka wydaje się mieć większy wpływ na uczucie sytości niż spożycie tłuszczów lub sacharydów.

Celem pracy było określenie wpływu zagęszczenia mleka do ok. 6 % białka koncentratem (WPC80) lub izolatem białek serwatkowych (WPI) na właściwości fizykochemiczne, sensoryczne, teksturę oraz wzrost *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 podczas fermentacji. Próbę kontrolną stanowiło mleko zagęszczone odtłuszczonym mlekiem w proszku (OMP).

Mleko zagęszczono do zawartości 6 % białka przy użyciu OMP, WPC80 lub WPI. Po 10-godzinnej fermentacji (37 °C) istotnie niższe pH oraz wyższą kwasowość ogólną i zawartość kwasu mlekowego stwierdzono w mleku z dodatkiem WPI i WPC80 w porównaniu do mleka OMP. Zagęszczanie mleka przez dodatek OMP skutkowało istotnym wzrostem twardości, adhezyjności i kleistości. Próbki mleka fermentowanego o zwiększonej zawartości białka (OMP, WPI, WPC80) spełniały kryterium minimum terapeutycznego, tj. zawierały ponad 6 log jtk *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 w 1 g produktu. Najlepszym stymulatorem wzrostu *Bifidobacterium* okazał się koncentrat białek serwatkowych (WPC80). Zwiększając zawartość białka w mleku fermentowanym poprzez stosowanie WPI, WPC80, OMP można świadomie kształtować profil smakowy. Zagęszczenie mleka WPC80 skutkowało intensywniejszą fermentacją, wyższą liczbą komórek bakterii ( $10,52 \log \text{jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ ) i zawartością kwasu mlekowego (0,78 g/l), co w konsekwencji zintensyfikowało smak kwaśny i zapach fermentacji oraz zmniejszyło odczucie słodkości. Za najkorzystniejszy zamiennik OMP ze względu na cechy sensoryczne mleka fermentowanego uznano izolat białek serwatkowych (WPI).

**Słowa kluczowe:** mleko fermentowane o zwiększonej zawartości białka, WPI, WPC80, *Bifidobacterium*

## Wprowadzenie

Zgodnie z definicją Codex Alimentarius [6] skoncentrowane mleko fermentowane to fermentowane mleko, w którym zawartość białka przed fermentacją lub po niej została zwiększona do minimum 5,6 %. Nie ma prawnego standardu definiowania „jogurtu wysokobiałkowego” czy „mleka fermentowanego wysokobiałkowego”, jednak termin „skoncentrowane mleko fermentowane” może obejmować zarówno mleko fermentowane, jak i jogurt o podwyższonej zawartości białka. Zwiększoną zawartość białka można uzyskać przed fermentacją przez wzbogacanie mlekiem w proszku, odparowanie lub filtrację membranową, ewentualnie po fermentacji przez odsączenie, separację mechaniczną lub filtrację membranową. Tradycyjnie, odtłuszczone mleko w proszku (OMP) służy do zagęszczania mleka przed fermentacją. Alternatywę dla OMP może jednak stanowić dostępność i jakość innych składników mlecznych. Wśród nich znajdują się koncentraty białek serwatkowych (WPC80) (34 ÷ 89 % białka), izolaty (WPI) (> 90 % białka) oraz kazeiniany (sole sodowe i amonowe kazeiny), które poprawiają strukturę i właściwości funkcjonalne produktu [20, 33]. Zastosowanie do zagęszczania mleka białek, peptydów i aminokwasów jest korzystniejsze ze względów odżywczych, jednak opublikowane wyniki badań nie są jednoznaczne w odniesieniu do rodzaju i ilości dodatków białkowych, które mogą być stosowane. Badano różne substancje wzbogacające mleko, mające na celu skrócenie czasu fermentacji i poprawę właściwości sensorycznych, głównie jogurtu [19, 23]. Wpływ zastąpienia OMP przez WPC80 lub kazeinian sodu na strukturę, fermentację i właściwości fizyczne jogurtów był także badany [7, 17, 22]. Niektórzy autorzy przedstawili niejednoznaczne wyniki dotyczące biojogurtów [19, 23, 31], lecz niewiele badań poświęcono określeniu wpływu zagęszczenia mleka białkami serwatkowymi na wzrost szczepów probiotycznych i jakość otrzymywanych napojów [16, 35].

Z perspektywy żywieniowej interesujące może być wytwarzanie napojów o zwiększonej zawartości białka z dodatkiem białek serwatkowych [13]. Na świecie oczekuje się dalszego wzrostu zapotrzebowania konsumentów na produkty o zwiększonej zawartości białka [25]. Mleko o zwiększonej zawartości białka może być korzystne w dietach o obniżonej wartości energetycznej, ponieważ spożycie energii z białka wydaje się mieć większy wpływ na uczucie sytości niż spożycie tłuszczów lub węglowodanów [3]. Mleko o zwiększonej zawartości białek serwatkowych może być wykorzystane w żywieniu niemowląt, osób starszych lub uprawiających sport, dzięki zdolności białek serwatkowych do zwiększania stężenia aminokwasów w osoczu i przyczyniania się do syntezy białek mięśniowych [9, 32, 36].

Celem pracy było określenie wpływu zagęszczania mleka do ok. 6 % białka koncentratem (WPC80) i izolatem (WPI) białek serwatkowych na właściwości fizykochemiczne, sensoryczne, teksturę oraz wzrost *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12



podczas fermentacji. Jako próbę kontrolną stosowano mleko zagęszczone odtłuszczonym mlekiem w proszku (OMP).

### Material i metody badań

Do produkcji mleka fermentowanego stosowano: mleko krowie pasteryzowane, mikrofiltrowane o zawartości tłuszczu 2 % (OSM Piątnica, Polska), OMP – odtłuszczone mleko w proszku (GM Gostyń), WPC80 – 100 % Natural Whey Protein Concentrate (Olimp, Nagawczyna, Polska) o składzie [g/100 g]: białko – 77, sacharydy – 6, tłuszcze – 7, WPI – 100 % Natural Whey Protein Isolate (Olimp, Nagawczyna, Polska) o składzie [g/100 g]: białko – 87, sacharydy – 1, tłuszcze – 0,6.

Mleko podzielono na trzy porcje. Do pierwszej porcji, jako kontrolnej, dodano mleko w proszku (OMP), do drugiej – koncentrat białek serwatkowych (WPC80), a do trzeciej – izolat białek serwatkowych (WPI) w takiej ilości, aby zapewnić w każdej porcji zawartość białka na poziomie 6 %. Skład chemiczny mleka (białko, tłuszcz, laktoza, sucha masa) kontrolowano w analizatorze składu mleka i przetworów Bentley B-150 (Bentley Instruments, USA). Mleko homogenizowano (temp. 65 °C, 20 MPa), pasteryzowano (temp. 85 °C, 30 min) i chłodzono do temp. 37 °C. Po wychłodzeniu próbki mleka szczepiono 5 % (v/v) inoculum 24-godzinnej hodowli *Bifidobacterium* (Bb-12®) (Chr. Hansen, Dania) o liczbie komórek  $9,0 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ . Mleko rozlewano do opakowań o pojemności 100 ml z pokrywką i kodowano (OMP, WPC80, WPI). Inkubację prowadzono w temp. 37 °C przez 10 h. Czas ukwaszania został ustalony na podstawie badań wstępnych i był taki sam we wszystkich doświadczeniach. Po fermentacji próbki mleka schładzano do temp. 5 °C i przechowywano w tej temperaturze przez 7 dni.

Próbki do analiz pobierano po 7 dniach i oznaczano: pH – przy użyciu pH-metru Toledo FiveEasy TM wyposażonego w elektrodę LE438 ze zintegrowanym czujnikiem temperatury (Mettler Toledo, Szwajcaria), kwasowość ogólną w °SH [27], zawartość kwasu mlekowego zgodnie z wytycznymi Jemai i wsp. [12], a wynik podawano w gramach kwasu mlekowego na litr, synerżę [%] – metodą wirówkową [15], teksturę – testem TPA (teksturometr Brookfield CT3, Brookfield AMETEK, USA). Wykonywano dwukrotny test penetracyjny przy ustawieniach: siła – 0,1 N, prędkość głowicy –  $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , średnica próbki – 35 mm, sonda TA3/100, średnica elementu pomiarowego – 25,3 mm (Brookfield AMETEK, USA). Określano: twardość, adhezyjność, odkształcalność, kleistość, kohezyjność i sprężystość. Ocenę sensoryczną metodą profilowania przeprowadził przeszkolony 15-osobowy zespół [2, 29]. Próbki mleka fermentowanego oceniano w skali 9-stopniowej ze skalą liniową ustrukturowaną i z określeniami brzegowymi: lewy koniec skali oznaczał cechę najmniej wyczuwalną i najmniej charakterystyczną (smak i zapach), bardzo miękką (konsystencja), ciemną (barwa), natomiast prawy – cechę najintensywniejszą i najbardziej charakterystyczną (smak i zapach),

bardzo związłą (konsystencja), jasną (barwa) [2]. Oceniano konsystencję, barwę, smak mleczno-kremowy, smak kwaśny, smak słodki, zapach jogurtowy, smak i zapach obcy.

Liczbę bifidobakterii określano metodą płytkową. Wysiewy próbek wykonywano w podłożu MRS Agar (Biocorp, Poland), inkubowano w temp. 37 °C przez 72 h w warunkach beztlenowych [18]. Do utrzymania warunków beztlenowych używano ekcykatora próżniowego oraz GENbox anaer (Biomerieux, Polska), natomiast do kontroli warunków – wskaźnika Anaer indicator (Biomerieux, Polska). Wyniki podawano w  $\log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ .

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica v.13.1. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic między wartościami średnimi szacowano testem Tukeya przy  $p < 0,05$ . Obliczono współczynniki korelacji liniowej ( $r$ ) pomiędzy badanymi cechami.

## Wyniki i dyskusja

Mleko fermentowane o podwyższonej zawartości białka można uzyskać przez fortyfikację mleka proszkami mlecznymi, proszkiem serwatkowym, suszoną maślanką oraz koncentratami lub izolatami białek serwatkowych [1]. Uzyskanie pożądanego poziomu białka za pomocą mleka w proszku powoduje jednak zwiększenie zawartości laktozy w produkcie. Na przykład wzbogacenie mleka w białko pochodzące z odtłuszczonego mleka (42 % białka, 46 % laktozy) do zawartości białka w mleku fermentowanym w przybliżeniu na poziomie 9 % zwiększyłoby jednocześnie zawartość laktozy do ok. 11 % [4, 24]. W mleku fermentowanym z dodatkiem mleka w proszku stwierdzono istotne zwiększenie zawartości laktozy i podwyższony poziom suchej masy ( $p < 0,05$ ) – tab.1. Nie wykazano natomiast istotnych różnic pod względem składu chemicznego między próbkami mleka zagęszczonego WPI i WPC80. Wszystkie próbki, zgodnie z założeniem, zawierały ok. 6 % białka. Również Agarwal i wsp. [1] stwierdzili, że wzbogacanie mleka w białko poprzez dodatek koncentratów białkowych zapewnia zwiększenie stężenia białka bez znacznego wzrostu zawartości laktozy.

Po 10-godzinnej fermentacji mleka istotnie niższe pH oraz wyższą kwasowość ogólną i zawartość kwasu mlekowego stwierdzono w mleku WPI i WPC80 w porównaniu z OMP ( $p < 0,05$ ). Również w badaniach Bonga i Moraru [4] zawartość kwasu mlekowego przy końcowym pH = 4,3 była znacząco większa w jogurtach (9,5 % białka) wzbogaconych WPC80 niż w jogurtach z dodatkiem OMP. Jørgensen i wsp. [13] zaobserwowali wydłużony czas fermentacji jogurtu (ok. 8 % białka) wytwarzanego z dodatkiem koncentratu kazeiny w porównaniu z jogurtem o zwiększonych proporcjach białek serwatki do kazeiny. Było to związane ze zwiększonym stężeniem związków buforujących, takich jak: kazeina i koloidalny fosforan wapnia (ang. *colloidal calcium phosphate* – CCP). Jak podają Salaün i wsp. [30], mleko krów rasy Jersey, w którym stwierdzono większą zawartość białka i fosforanów, cechuje się wyższą zdolnością

buforowania niż mleko krów rasy holsztyńskiej, co powoduje konieczność wydłużenia czasu fermentacji w celu uzyskania określonej wartości pH w mleku fermentowanym.

Tabela 1. Skład chemiczny mleka zagęszczonego  
Table 1. Chemical composition of concentrated milk

Składnik / Compound	OMP	WPI	WPC80
Białko / Protein [%]	6,03 <sup>a</sup> ± 0,03	6,02 <sup>a</sup> ± 0,02	6,05 <sup>a</sup> ± 0,02
Tłuszcz / Fat [%]	2,04 <sup>c</sup> ± 0,00	1,84 <sup>a</sup> ± 0,01	1,88 <sup>b</sup> ± 0,01
Laktoza / Lactose [%]	8,88 <sup>b</sup> ± 0,07	5,84 <sup>a</sup> ± 0,01	5,82 <sup>a</sup> ± 0,02
Sucha masa / Dry mass [%]	19,90 <sup>b</sup> ± 0,03	14,42 <sup>a</sup> ± 0,02	14,41 <sup>a</sup> ± 0,03

Objaśnienia / Explanatory notes:

OMP – odtłuszczone mleko w proszku / skimmed milk powder, WPI – izolat białek serwatkowych / whey protein isolate, WPC80 – koncentrat białek serwatkowych / whey protein concentrate. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 15; a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p < 0,05) / Mean values denoted by different letters differ statistically significantly at (p < 0,05).

Stwierdzono istotną korelację liniową pomiędzy zawartością laktozy a pH (r = 0,95, p < 0,05) i kwasem mlekowym (r = -0,97, p < 0,05), co wskazuje na intensywniejszy proces fermentacji.

Tabela 2. Kwasowość, syneresa i liczba komórek *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 w mleku fermentowanym  
Table 2. Total acidity, syneresis and count of *Bifidobacterium* Bb-12 cells in fermented milk

Wyróżnik / Parameter	OMP	WPI	WPC80
pH / pH values	4,86 <sup>b</sup> ± 0,07	4,70 <sup>a</sup> ± 0,06	4,70 <sup>a</sup> ± 0,03
Kwasowość ogólna Total acidity [°SH]	32,72 <sup>a</sup> ± 1,25	36,55 <sup>b</sup> ± 1,34	36,56 <sup>b</sup> ± 1,18
Kwas mlekowy Lactic acid [g/l]	0,65 <sup>a</sup> ± 0,06	0,75 <sup>b</sup> ± 0,05	0,78 <sup>b</sup> ± 0,02
Syneresa / Syneresis [%]	57,34 <sup>a</sup> ± 1,90	69,32 <sup>b</sup> ± 1,14	70,41 <sup>b</sup> ± 0,87
<i>Bifidobacterium</i> Bb-12 [log jtk·g <sup>-1</sup> ]	9,85 <sup>a</sup> ± 0,63	10,05 <sup>a</sup> ± 0,59	10,52 <sup>b</sup> ± 0,21

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

Wzbogacanie mleka izolatem WPI lub koncentratem WPC80 skutkowało otrzymaniem żeli kwasowych o istotnie wyższym stopniu syneresy niż w mleku fermentowanym z dodatkiem OMP (p < 0,05). Według Bonga i Moraru [4] jogurt wzbogacony koncentratem zawierającym 58 % białka cechował się większą zdolnością utrzymywania serwatki niż jogurt z dodatkiem koncentratu o zawartości 88 % białka. Tendencję tę

wyjaśniono większą o ok. 19 % zawartością suchej masy w jogurcie z dodatkiem koncentratu w porównaniu z jogurtem zawierającym 15 % suchej masy wzbogaconym koncentratem o zawartości 88 % białka. Potwierdzają tę zależność także wyniki istotnie większej zawartości suchej masy w próbkach OMP (tab. 1) oraz obliczone współczynniki korelacji. Wykazano istotnie silną zależność pomiędzy synerezą a suchą masą ( $r = -0,99$ ,  $p < 0,05$ ), pH ( $r = -0,90$ ,  $p < 0,05$ ) i zawartością kwasu mlekowego ( $r = 0,97$ ,  $p < 0,05$ ).

Wzbogacanie mleka proszkami OMP, WPI, WPC80 miało wpływ na wzrost liczby *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 w fermentowanych próbkach mleka o podwyższonej zawartości białka (tab. 2). Najwyższą liczbę komórek stwierdzono w mleku z dodatkiem koncentratu WPC80. Istotnie niższą liczbę komórek bakterii oznaczono w mleku z OMP i WPI ( $p < 0,05$ ). Próbkę tę spełniały kryterium minimum terapeutycznego, czyli liczba komórek bakterii przekraczała  $6 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$  [6]. Wpływ różnych kombinacji preparatów białkowych na wzrost bakterii jogurtowych i *Bifidobacterium* badali Marafon i wsp [20]. Również w tych badaniach wykazano, że najlepszym stymulatorem wzrostu *Bifidobacterium* był koncentrat białek serwatkowych WPC80 zastosowany wraz z kazeinianem i OMP. W mleku fermentowanym wzbogaconym mieszkanką WPC80 z kazeinianem i OMP obserwowano intensywniejszy wzrost bakterii ( $7,8 \log \text{ jtk} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) niż w mleku tylko z dodatkiem OMP ( $6,91 \log \text{ jtk} \cdot \text{ml}^{-1}$ ). Kozioł i wsp. [16] po przeanalizowaniu wpływu preparatów białkowych na wzrost *Bifidobacterium* stwierdzili, że  $\alpha$ -laktoglobulina i izolat białek serwatkowych wywierały największy wpływ na namnażanie się szczepów *Bifidobacterium*. Według wielu autorów [13, 14, 34, 35] nadmierne stężenie laktozy może hamować wzrost bakterii mlekowych i zmniejszać szybkość fermentacji mlekowej ze względu na zwiększone ciśnienie osmotyczne. Wykazano, że stężenie laktozy wynoszące 15 % wpływało na zahamowanie wzrostu niektórych szczepów bakterii kwasu mlekowego [34]. W badaniach własnych (tab. 1) wykazano, że już zawartość 8,8 % laktozy w mleku wpływała hamująco na wzrost *Bifidobacterium* ( $r = -0,79$ ,  $p < 0,05$ ).

Należy również nadmienić, że bifidobakterie są dobrze przystosowane do wykorzystywania jako źródła węgla sacharydów, głównie poprzez biosyntezę licznych enzymów o zróżnicowanych właściwościach hydrolitycznych. Bifidobakterie fermentują cukry w tzw. szlaku bifidus, którego produktem jest kwas octowy i mlekowy, najczęściej w proporcji 3 : 2, mogą także tworzyć etanol i kwas mrówkowy. Stwierdzono u bifidobakterii występowanie  $\beta$ -galaktozydazy nawet w postaci kilku izoform [11], co umożliwia wykorzystanie laktozy do fermentacji.

Martinéz i wsp. [22] oraz Marafon i wsp. [20] podkreślili duże znaczenie rodzaju dodanego białka do zagęszczania mleka, zwłaszcza białek serwatkowych, które kształtują strukturę i konsystencję żelu. Zaobserwowali, że jogurty wzbogacone WPC80

i OMP tworzyły żele o różnej lepkości i poziomie synerезy, co było uzależnione od źródła białka.

Zagęszczenie mleka przez dodatek OMP skutkowało istotnym wzrostem twardości, adhezyjności i kleistości w porównaniu z WPC80 i WPI (tab. 3). O takim rozkładzie wyników zadecydowała w dużym stopniu zawartość suchej masy. Stwierdzono istotną zależność korelacyjną między zawartością suchej masy a twardością ( $r = 0,93$ ,  $p < 0,05$ ), adhezyjnością ( $r = 0,91$ ,  $p < 0,05$ ) oraz kleistością ( $r = 0,99$ ,  $p < 0,05$ ). Istotne współczynniki korelacji występowały również pomiędzy wartościami pH mleka fermentowanego a wymienionymi składowymi tekstury ( $r > 0,80$ ,  $p < 0,05$ ).

W badaniach Skrzypczak i Gustawa [31] dodatek OMP do regenerowanego mleka pełnego wpłynął na wzrost twardości jogurtów stałych, a wraz ze zwiększaniem stężenia OMP twardość przyjmowała coraz wyższe wartości. Według Nastaja i wsp. [26] właściwości tekstury jogurtów o zwiększonej zawartości białka wzbogaconych w WPI i WPC80 zależały od rodzaju preparatu białkowego i jego stężenia. Damin i wsp. [7] wykazali zwiększenie twardości jogurtu beztłuszczowego z dodatkiem WPC i OMP w porównaniu z jogurtem WPI. Gustaw i wsp. [8] twierdzą natomiast, że wzrost stężenia preparatów białek mleka nie powodował w większości przypadków istotnych różnic w twardości skrzepów kwasowych. Chever i wsp. [5] stwierdzili natomiast większą twardość żelu mleka ukwaszonego z dodatkiem kazeinianu wapnia w porównaniu z żelami, w których część kazeinianu wapnia zastąpiono izolatem białka serwatkowego.

Sprzeczne wyniki badań mogą wynikać z różnej zawartości białka w porównywanych, zróżnicowanych próbkach mleka fermentowanego. Możliwym wyjaśnieniem tego zjawiska jest niekorzystny stosunek białka serwatki do kazeiny oraz niski stopień denaturacji białek serwatki, które powodują, że tylko niewielka część miceli kazeiny pokryta była zdenaturowanymi białkami serwatki. Gdy pH osiągnęło wartość punktu izoelektrycznego miceli kazeiny ( $pI = 4,6$ ), ich agregacja nastąpiła głównie w wyniku zmniejszonego ujemnego ładunku netto tych miceli [10, 13]. Patocka i wsp. [28] po dodaniu białek serwatkowych i fermentacji jogurtu zaobserwowali szybki rozpad żelu jogurtowego, w wyniku czego powstały dwie oddzielne fazy zawierające płynną serwatkę i masę białkową. W przeprowadzonym doświadczeniu własnym nie zaobserwowano rozdzielenia fazy płynnej i stałej.

Normalizacja zawartości białka za pomocą WPC80 lub WPI wpłynęła na zwiększenie wartości odkształcalności i kohezyjności oraz obniżenie adhezyjności i kleistości żelu kwasowego w porównaniu z mlekiem OMP. Zastosowane dodatki białkowe nie wpłynęły natomiast na sprężystość mleka fermentowanego.

Tabela 3. Tekstura mleka fermentowanego

Table 3. Texture of fermented milk

Wyróżnik / Parameter	OMP	WPI	WPC80
Twardość / Hardness [N]	0,65 <sup>b</sup> ± 0,07	0,37 <sup>a</sup> ± 0,07	0,28 <sup>a</sup> ± 0,08
Adhezyjność / Adhesiveness [mJ]	0,62 <sup>b</sup> ± 0,43	0,16 <sup>a</sup> ± 0,05	0,18 <sup>a</sup> ± 0,08
Odształcalność / Resiliency	0,18 <sup>a</sup> ± 0,07	0,69 <sup>b</sup> ± 0,12	0,89 <sup>c</sup> ± 0,05
Kleistość / Stickiness [mm]	7,49 <sup>b</sup> ± 1,39	4,00 <sup>a</sup> ± 0,43	3,80 <sup>a</sup> ± 0,88
Kohezyjność / Cohesiveness	0,60 <sup>a</sup> ± 0,09	0,86 <sup>b</sup> ± 0,09	0,98 <sup>b</sup> ± 0,05
Sprężystość / Springiness [mm]	14,15 <sup>a</sup> ± 0,58	14,15 <sup>a</sup> ± 0,56	14,18 <sup>a</sup> ± 0,45

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

Tabela 4. Wyniki oceny sensorycznej mleka fermentowanego

Table 4. Results of sensory evaluation of fermented milk

Cecha / Attribute	OMP	WPI	WPC80
Konsystencja / Consistency	7,80 <sup>b</sup> ± 0,63	6,70 <sup>b</sup> ± 1,49	4,10 <sup>a</sup> ± 0,79
Barwa / Colour	7,60 <sup>b</sup> ± 1,07	5,30 <sup>a</sup> ± 1,42	5,30 <sup>a</sup> ± 1,57
Smak mleczno-kremowy Milky-cream flavour	6,80 <sup>c</sup> ± 1,93	4,20 <sup>b</sup> ± 0,92	2,40 <sup>a</sup> ± 1,07
Smak kwaśny / Sour taste	1,90 <sup>a</sup> ± 1,10	5,50 <sup>b</sup> ± 1,43	7,60 <sup>c</sup> ± 2,17
Smak słodki / Sweet taste	6,60 <sup>c</sup> ± 1,36	4,80 <sup>b</sup> ± 1,23	1,70 <sup>a</sup> ± 0,25
Smak obcy Strange taste, metallic taste	1,20 <sup>a</sup> ± 0,20	2,60 <sup>b</sup> ± 0,97	4,40 <sup>c</sup> ± 1,08
Zapach fermentacji Fermentation smell	2,30 <sup>a</sup> ± 1,42	3,00 <sup>ab</sup> ± 1,25	4,80 <sup>b</sup> ± 1,15
Zapach obcy Strange smell	1,00 <sup>a</sup> ± 0,00	1,50 <sup>a</sup> ± 0,50	1,50 <sup>a</sup> ± 0,50

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 45. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

W opinii zespołu oceniającego próbki mleka z dodatkiem OMP cechowały się bardziej zwięzłą konsystencją, jaśniejszą barwą, intensywniejszym smakiem słodkim i mleczno-kremowym niż próbki wzbogacone WPI i WPC80. Konsystencję w dużym stopniu kształtowała zawartość suchej masy ( $r = 0,77$ ,  $p < 0,05$ ) i pH ( $r = 0,70$ ,  $p < 0,05$ ), natomiast smak słodki i mleczno-kremowy mleka fermentowanego uzależniony był od stężenia laktozy ( $r > 0,75$ ,  $p < 0,05$ ) i zawartości kwasu mlekowego ( $r > -0,83$ ,  $p < 0,05$ ). Dodatek WPC80 skutkowało intensywniejszą fermentacją i wyższą liczbą komórek bakterii oraz większą zawartością kwasu mlekowego, co w konsekwencji zintensyfikowało smak kwaśny i zapach fermentacji oraz zmniejszyło zawartość laktozy, marginalizując odczucie słodkości. W mleku wzbogaconym WPI i WPC80 wykazano smak i zapach obcy. Najbardziej intensywny smak obcy definio-

wany przez oceniających jako posmak gotowania i tektury stwierdzono w mleku z dodatkiem WPC80 (tab. 4). Jak podają Jørgensen i wsp. [14], profile smakowe komercyjnych koncentratów białek serwatkowych różnią się w zależności od zawartości białka, nadając posmak płatków zbożowych, gotowania i uczucie cierpkości w ustach.

Wyższe końcowe pH po fermentacji (ok. 4,8) może pozytywnie wpływać na cechy jogurtu o zwiększonej zawartości białka ze względu na mniej kwaśny smak i gładszą konsystencję jogurtu [17, 21]. W przeprowadzonych badaniach mleko z dodatkiem OMP cechowało się istotnie wyższą wartością pH niż mleko wzbogacone w WPI i WPC80 (tab. 2), co również wpłynęło na wyniki oceny konsystencji (tab. 4). Jørgensen i wsp. [14] proponują zatrzymanie fermentacji jogurtów o zwiększonej zawartości białka w celu niedopuszczenia do dalszego obniżania poziomu pH produktu. Interesującym pomysłem może być działanie zmierzające do zmniejszenia ziarnistej struktury i kwaśnego smaku.

### Wnioski

1. Próby mleka fermentowanego o podwyższonej zawartości białka (OMP, WPI, WPC80) spełniają kryterium minimum terapeutycznego, tj. zawierają ponad 6 log jtk·g<sup>-1</sup> *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12.
2. Najlepszym stymulatorem wzrostu *Bifidobacterium* jest koncentrat białek serwatkowych WPC80.
3. Poprzez stosowanie WPI, WPC80, OMP do zwiększania zawartości białka w mleku fermentowanym można kształtować jego profil smakowy.
4. Najkorzystniejszym zamiennikiem OMP ze względu na cechy sensoryczne mleka fermentowanego jest izolat białek serwatkowych.

### Literatura

- [1] Agarwal S., Beausire R.L., Patel S., Patel H.: Innovative uses of milk protein concentrates in product development. *J. Food Sci.*, 2015, 80, A23-A29.
- [2] Barylko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania.* Wyd. II. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014.
- [3] Benelam B.: Satiation, satiety and their effects on eating behaviour. *Nutrition Bulletin*, 2009, 34, 126-173.
- [4] Bong D.D., Moraru C.I.: Use of micellar casein concentrate for Greek-style yogurt manufacturing: Effects on processing and product properties. *J. Dairy Sci.*, 2014, 97, 1259-1269.
- [5] Chever S., Guyomarch F., Beaucher E., Famelart M.H.: High-protein fat-free acid milk gels: Control of protein composition and heat treatment. *Int. Dairy J.*, 2014, 37, 95-103.
- [6] Codex Alimentarius: Milk and milk products. WHO and FAO, Rome, 2011, pp. 6-7.
- [7] Damin M.R., Alcantara M.R., Nunes A.P., Oliveira M.N.: Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheolog-

- ical properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2009, 42 (10), 1744-1750.
- [8] Gustaw W., Koziół J., Waško A., Skrzypczak K., Michalak-Majewska M., Nastaj M.: Właściwości fizykochemiczne i przeżywalność *Lactobacillus casei* w mlecznych napojach fermentowanych otrzymanych z dodatkiem wybranych preparatów białek mleka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2015, 6 (103), 129-139.
- [9] Hall W.L., Millward D.J., Long S.J., Morgan L.M.: Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Brit. J. Nutr.*, 2003, 89, 239-248.
- [10] Huppertz T., Fox P.F., Kelly A.L.: The caseins: Structure, stability and functionality. In: *Proteins in food processing*. 2<sup>nd</sup> ed. Ed. R.Y. Yada. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 2018, 49-92.
- [11] Jędrzejczak-Krzepkowska M., Bielecki S.: Bifidobakterie i stymulujące ich wzrost fruktany typu inuliny. *Post Bioch.*, 2011, 57 (4), 392-399.
- [12] Jemaa M.B., Falleh H., Neves M.A., Isoda H., Nakajima M., Ksouri R.: Quality preservation of deliberately contaminated milk using thyme free and nanoemulsified essential oils. *Food Chem.*, 2017, 217, 726-734.
- [13] Jørgensen C.E., Abrahamsen R.K., Rukke E., Johansen A., Schuller R.B., Skeie S.B.: Improving structure and rheology of high protein, low fat yoghurt with undenatured whey proteins. *Int. J. Dairy Technol.*, 2015, 47, 6-18.
- [14] Jørgensen C.E., Abrahamsen R.K., Rukke E.O., Hoffmann T.H., Johansen A.G., Skeie S.B.: Processing of high-protein yoghurt – a review. *Int. Dairy J.*, 2019, 88, 42-59.
- [15] Keogh M.K., O’Kennedy B.T.: Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. *J. Food Sci.*, 1998, 63 (1), 108-112.
- [16] Koziół J., Skrzypczak K., Gustaw W., Waško A.: Wpływ preparatów białek mleka na wzrost bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 3 (88), 83-98.
- [17] Küçükçetin A.: Effect of heat treatment and casein to whey protein ratio of skim milk on graininess and roughness of stirred yoghurt. *Food Res. Int.*, 2008, 41, 165-171.
- [18] Lima K.G., Kruger M.F., Behrens J., Destro M.T., Landgraf M., Franco B.D.G.: Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2009, 42, 491-495.
- [19] Lucas A., Sodini I., Monnet C., Jolivet P., Corrieu G.: Effect of milk base and starter culture on acidification, texture, and probiotic cell counts in fermented milk processing. *J. Dairy Sci.*, 2004, 85, 2479-2488.
- [20] Marafon A.P., Sumi A., Alcântara M.R., Tamime A.Y., de Oliveira M.N.: Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2011, 44 (2), 511-519.
- [21] Martin N.C., Skokanova J., Latrille E., Beal C., Corrieu G.: Influence of fermentation and storage conditions on the sensory properties of plain low fat stirred yogurts. *J. Sens. Stud.*, 1999, 14, 139-160.
- [22] Martínéz C.G., Becerra M., Cháfer M., Albor A., Carot J.M., Chiralt A.: Influence of substituting milk powder for whey powder on yogurt quality. *Food Sci. Technol.*, 2003, 13, 334-340.
- [23] McComas K.A., Gilliland S.E.: Growth of probiotic and traditional yogurt cultures in milk supplemented with whey protein hydrolysate. *J. Food Sci.*, 2003, 68, 2090-2095.
- [24] Meletharayil G.H., Patel H.A., Huppertz T.: Rheological properties and microstructure of high protein acid gels prepared from reconstituted milk protein concentrate powders of different protein contents. *Int. Dairy J.*, 2015, 47, 64-71.



- [25] Mellentin J.: 10 key trends in food, nutrition & health 2017. New Nutrition Business, London, UK, 2016.
- [26] Nastaj M., Sołowiej B.G., Gustaw W., Peréz-Huertas S., Mleko S., Wesołowska-Trojanowska M.: Physicochemical properties of high-protein-set yoghurts obtained with the addition of whey protein preparations. *Int. J. Dairy Technol.*, 2019, 72 (3), 395-402.
- [27] Pacholek B., Żmudziński W., Posiadłowska J.: *Towaroznawstwo żywności*. Wyd. III. Wyd. UE, Poznań 2015.
- [28] Patočka G., Cervenková R., Narine S., Jelen P.: Rheological behaviour of dairy products as affected by soluble whey protein isolate. *Int. Dairy J.*, 2006, 16, 399-405.
- [29] PN-ISO 11035:1999. Analiza sensoryczna. Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalania profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych.
- [30] Salaün F., Mietton B., Gaucheron F.: Buffering capacity of dairy products. *Int. Dairy J.*, 2005, 15 (2), 95-109.
- [31] Skrzypczak K., Gustaw W.: Wpływ dodatku prebiotyków i białek serwatkowych na właściwości fizykochemiczne biojogurtów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 5 (84), 155-165.
- [32] Tipton K.D., Elliott T.A., Cree M.G., Aarsland A.A., Sanford A.P., Wolfe R.R.: Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am. J. Physiol-Endocrinol. Metab.*, 2007, 292(1), E71-E76.
- [33] Vasiljevic T., Shah N.P.: Probiotics – from Metchnikoff to bioactives. *Int. Dairy J.*, 2008, 18, 714-728.
- [34] Vedamuthu E.R.: Starter cultures for yoghurt and fermented milks. In: *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Eds. R.C. Chandan, C.H. White, A. Kilara, Y.H. Hui. Blackwell Publishing Professional, Ames, IA, USA, 2006, pp. 93-119.
- [35] Vinderola C.G., Costa G.A., Regenhardt S., Reinheimer J.A.: Influence of compounds associated with fermented dairy products on the growth of lactic acid starter and probiotic bacteria. *Int. Dairy J.*, 2002, 12 (7), 579-589.
- [36] Zimecki M., Artym J.: Właściwości terapeutyczne białek i peptydów z siary i mleka. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2005, 59, 309-323.

**APPLICATION OF WHEY PROTEIN CONCENTRATE AND ISOLATE  
IN THE PRODUCTION OF MILK FERMENTED BY  
*BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. *LACTIS* BB-12**

S u m m a r y

Fermented milk with an increased protein content could be an attractive product for human nutrition. It is believed that there would be a noticeable increase in the demand for products with higher protein content including beverages. Such beverages can be beneficial when used in calories-reduced diets because the intake of energy from the protein seems to have a greater effect on the feeling of satiety than the intake of fat or carbohydrates.

The objective of the research study was to determine the effect of concentrating milk to approx. 6 % of protein with a concentrate (WPC80) and whey protein isolate (WPI) on the physicochemical and sensory properties of *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12, and on its texture and growth during fermentation. The control sample was milk concentrated by skimmed milk powder (OMP).

The milk was concentrated to a protein content of 6 % using OMP or WPC80, or WPI. After 10-hour fermentation (37 °C, 10 hours) there were determined a significantly lower pH value and a higher total acidity and lactic acid content in milk with WPI and WPC80 added compared to the OMP milk. Concen-

trating milk by adding OMP resulted in a significant increase in hardness, adhesiveness and stickiness. The fermented milk samples containing an increased amount of protein (OMP, WPI, WPC80) met the minimum therapeutic criterion, i.e. they contained more than 6 log of *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 in 1 g of the product. The best stimulator of the *Bifidobacterium* growth was the concentrate of whey proteins (WPC80). By increasing the protein content in fermented milk using WPI, WPC80, OMP it is possible to knowingly shape the taste profile. Concentrating milk with WPC80 resulted in a more intensive fermentation, a higher count of bacterial cells ( $10.52 \log \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ ) and in lactic acid content (0.78 g/l), and as a consequence this intensified the acidic taste and smell of fermentation and reduced the sensation of sweetness. The whey protein isolate (WPI) was found to be the most advantageous replacement for OMP owing to the sensory characteristics of fermented milk.

**Key words:** fermented milk with increased content of protein, WPI, WPC80, *Bifidobacterium* 

ANNA ŁEPECKA, DOROTA ZIELIŃSKA, MONIKA BREJNAK,  
ALEKSANDRA OŁDAK, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA

**TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* K3  
ISOLATED FROM FERMENTED CABBAGE AND ITS POTENTIAL USE AS  
STARTER CULTURE FOR FERMENTED FOOD PRODUCTS**

S u m m a r y

The objective of the research study was to specify technological properties of the *Lactobacillus rhamnosus* K3 strain. This bacterial strain was tested for its ability to grow under the processing conditions, such as temperature [°C]: 10, 15, 45, pH value: 3.9, 6.4, 9.6, and a high NaCl concentration [%]: 5, 8, 10. Biochemical tests (sugar fermentation and enzyme activity) were carried out and the survival of those bacteria was assayed in the medium depending on the type of food (milk, tomato juice, and beef broth). Milk fermented with *Lb. rhamnosus* K3 was subjected to 6-week incubation. The results showed that the *Lb. rhamnosus* K3 strain was able to grow at different temperatures but within a narrow pH range. The bacterial strain did not tolerate high NaCl concentrations, however it grew well in any kind of food medium. A particularly good bacterial growth was observed in milk. *Lb. rhamnosus* K3 was able to metabolize sugars. This strain did not reduce nitrates; no catalase activity was detected either. The  $\beta$ -galactosidase enzyme was identified. The best temperature of milk fermentation was proved to be 37 °C. It was also found that *Lb. rhamnosus* K3 had functional properties allowing its use as a starter culture for milk. The number of bacterial cells remained at a level higher than 8 log CFU/ml throughout the entire 6-week incubation of refrigeration storage (4 °C). The bacteria of *Lactobacillus rhamnosus* K3 were capable of fermenting milk confirming their suitability as a starter culture for milk products.

**Key words:** lactic acid bacteria (LAB), *Lactobacillus rhamnosus*, technological properties, fermented food products

## Introduction

There is an increasing tendency among consumers to prefer food products that contain no chemical additives [1]. This creates a need to explore new technologies or

---

*Dr inż. A. Lepecka, dr hab. inż. D. Zielińska, mgr inż. M. Brejnak, mgr inż. A. Oldak, prof. dr hab. D. Kołożyn-Krajewska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: anna\_lepecka@sggw.pl*

to employ old traditional techniques. Fermentation is one of the oldest methods of food preservation. This process can occur spontaneously when it is run by indigenous microflora present in the raw material or non-spontaneously with starter cultures added. The use of specific strains can result in the significant improvement of the product quality [12].

The main function of starter cultures is to produce fermented products with good sensory characteristics and capable of inhibiting the growth of pathogenic microflora. The fermented food products have high potential as functional foods because of certain LAB, which commonly produce health-promoting agents and bioactive compounds (i.e. organic acids, bioactive peptides, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and bacteriocins) during the fermentation process [6].

A starter culture is defined as a preparation containing large numbers of variable microorganisms, which may be added to food to accelerate the fermentation process [8]. Using lactic acid bacteria strains as starter cultures for food is not a new concept. However, there is a new idea of seeking technologically attractive and health-promoting microorganisms in various natural sources. Major sources of those novel microorganisms comprise fermented and non-fermented milk, meat, cereal and vegetables [6, 9, 21, 28, 29].

Strains isolated directly from food are probably the best to be used as starter cultures for food as they are well-adapted to various conditions. Moreover, a variety of potential probiotic microorganisms, including strains isolated from food, have been successfully applied as starter cultures in various types of food products [1, 9]. The first stage of selecting a strain is to identify it. There are also performed tests to confirm the safety and to assess the usefulness of the technology to be applied. This assessment covers the study on the following: growing temperature and pH level, growing concentrations of NaCl, the ability to cause the fermentation of sugars and metabolism of certain compounds. A safe and functional strain can be used as a starter culture in food. It is also necessary to check the survival of the strain and to confirm its presence in the final product. The successful application of LAB strains in food depends on their intrinsic ability to survive in final products [3].

Considering the potentially probiotic properties of the *Lactobacillus rhamnosus* K3 strain, it was tested, under this research study, for its technological properties. The objective of the research study was to specify technological properties of the *Lactobacillus rhamnosus* K3 strain.

## Material and methods

*Lactobacillus rhamnosus* K3 is a strain isolated from fermented cabbage, although the *Lb. plantarum* and *Lb. brevis* strains are those commonly isolated from this source [13, 15]. The identification (GenBank accession KM186164) and selected pro-

biotic properties were confirmed in the previous studies by Zielińska et al. [29]. *Lb. rhamnosus* K3 presented a high survival rate at a low pH level in a simulated gastrointestinal tract model (GIT), it exhibited resistance to high concentrations of bile salts and showed a moderate hydrophobicity value; also it showed susceptibility to common antibiotics and did not produce harmful enzymes.

The whole culture of bacteria was kept at -80 °C. The bacterial cultures were cultivated for 24 h on MRS broth (LabM, United Kingdom) under the aerobic conditions at 37 °C and tested for their technological properties [29]. Also, while studying the viability of those bacterial cultures, they were cultivated on a solid medium MRS agar (LabM, United Kingdom) according to PN-ISO 15214:2002 [19]. All experiments were performed in 3 replications.

Each time 9 ml of fresh MRS broth was inoculated in 0.1 ml of 24-hour culture on MRS broth. The cell cultures were incubated at [°C]: 10, 15 and 45 [23]. The optical density of the culture was measured after 24 h using a Genesys™ 20 spectrophotometer (Thermo Scientific, USA) at a wavelength of 600 nm. The strain growth was defined as:  $OD_{600} < 2.000$  – very good growth;  $OD_{600} 1.000 - 1.999$  – good growth;  $OD_{600} 0.600 - 0.999$  – moderate growth;  $OD_{600} > 0.599$  – no growth. Each time 0.1 ml of 24-hour culture on MRS broth was added to 9 ml of fresh MRS broth adjusted to a pH level of 3.9, 6.4 and 9.6 with 1 M HCl and 1 M NaOH (Sigma Aldrich, Poland) [23]. The cell cultures were incubated at 37 °C. The optical density of the culture was measured after 24 h by the same spectrophotometer.

Each time 0.1 ml of 24-hour culture on MRS broth was added to 9 ml of fresh MRS broth and supplemented with [%]: 5, 8 and 10 concentrations of NaCl (Sigma Aldrich, Poland). The controls consisted of MRS broth cultures without NaCl added. The cell cultures were incubated at 37 °C. The optical density of the cultures was measured every 3 h during a period of 24 h with the use of the same spectrophotometer [23].

The strain was subjected to sugar fermentation and enzyme activity; HiBacillus (HiMedia, India) test kits were used to perform general screening. The test was done in accordance with the manufacturer's instructions. The cultures were cultivated for 24 h in a 5 ml MRS broth (LabM, United Kingdom) at 37 °C. Then 0.05 ml of MRS broth culture was transferred to the surface of each of 12 substrates. The kits were incubated again at 37 °C for 24 h. After that time reagents were added and after 5 min the results were read. They are presented as (+) positive reaction or (-) negative reaction.

The *Lb. rhamnosus* K3 strain was cultivated for 24 h on MRS broth under the anaerobic conditions at 37 °C. Then 0.1 ml of the MRS broth cultures were centrifuged, washed twice with a PBS solution (BioMaxima, Poland) and transferred to 9 ml of UHT milk 3.2 % fat (Mlekovita, Poland), tomato juice (Hortex, Poland), beef broth

[16] and MRS broth (as control medium; LabM, United Kingdom). The medium tested represented different food matrices. The cell cultures were incubated at 37 °C for 24 h.

Each time a tube containing 10 ml of UHT milk 3.2 % fat (Mlekovita, Poland) was 1 % (v/v) inoculated with the *Lb. rhamnosus* K3 strain. The pH value was measured immediately after inoculation and after 24 h of incubation at 37 °C; it was presented as  $\Delta\text{pH}$  [20]:

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_0 - \text{pH}_{24}$$

$\text{pH}_0$  – pH value after inoculation (time 0);

$\text{pH}_{24}$  – pH value after incubation (time 24).

Each time 0.1 ml of 24-hour MRS broth cultures (at a concentration of  $10^9$  CFU/ml) were centrifuged, washed twice with PBS and added to 200 ml of UHT milk 3.2 % fat. The samples were incubated at three different temperatures [°C]: 25, 30 and 37 for 48 h to select optimal conditions for fermentation. After incubation a bacterial cells enumeration was carried out by spread-plating decimal dilutions onto MRS agar.

The number of bacterial cells of *Lb. rhamnosus* K3 strain was verified immediately after fermentation (at 37 °C for 48 h) and every week during the 6-week storage at [°C]: 4, 25 and 37; then decimal dilutions were spread-plated onto MRS agar. The temperatures were selected to simulate both the storage conditions (in refrigerator at 4 °C and at a temperature of 25 °C) and the extension of the fermentation process. The assay is of a model nature. The pH values of the milk samples were measured using a pH-meter of Elmetron CP-501 type (Elmetron, Poland).

A statistical analysis was performed using Microsoft Excel 2013 and Statistica 13 (StatSoft). The error bars on graphs show the standard deviation. Statistical tests were used to determine the effect of various factors on the survival of bacterial cells. The data were analysed using an analysis of variance (ANOVA) and a Student t-test. The differences were considered significant at  $p < 0.05$ .

## Results and discussion

Temperature affects microorganisms both directly and indirectly. The direct action is the impact on the chemical composition of cells, their growth rate, nutritional requirements and activity of the enzymes. Temperature affects indirectly the growth of microorganisms by changing their osmotic properties, affecting cell membranes and ion transportation, regulating solubility and diffusion of the molecules of chemical substances [27]. The effects of different temperatures on the growth of *Lb. rhamnosus* K3 in MRS broth are presented in Tab. 1.

The largest increase was observed at 37 °C. Low temperatures tend to reduce growth rates, however a good growth was reported at a temperature of 10 °C and 15 °C, and no growth at 45 °C. The optimum temperature for mesophilic bacteria to grow is

20 - 40 °C. Like most mesophilic bacteria, the *Lb. rhamnosus* K3 strain does not grow at 45 °C. The results were similar to those as reported by Sahnouni et al. [21]. The *Lactobacillus* strains were not able to grow at a temperature of 40 °C and 45 °C but their growth at a temperature of 10 °C and 15 °C was good.

Table 1. Effect of temperature and pH value on growth of *Lb. rhamnosus* K3 in MRS broth

Tabela 1. Wpływ temperatury i pH na wzrost *Lb. rhamnosus* K3 w bulionie MRS

Specification Wyszczególnienie	Growth at different temperatures Wzrost w różnych temperaturach				Growth at different pH level Wzrost w różnym pH		
	10 °C	15 °C	37 °C	45 °C	3.9	6.4	9.6
OD <sub>600</sub>	1.700 ± 0.33	1.837 ± 0.36	2.198 ± 0.00	0.530 ± 0.17	0.471 ± 0.05	2.198 ± 0.00	0.800 ± 0.05
Growth / Wzrost	+	+	++	-	-	++	+/-

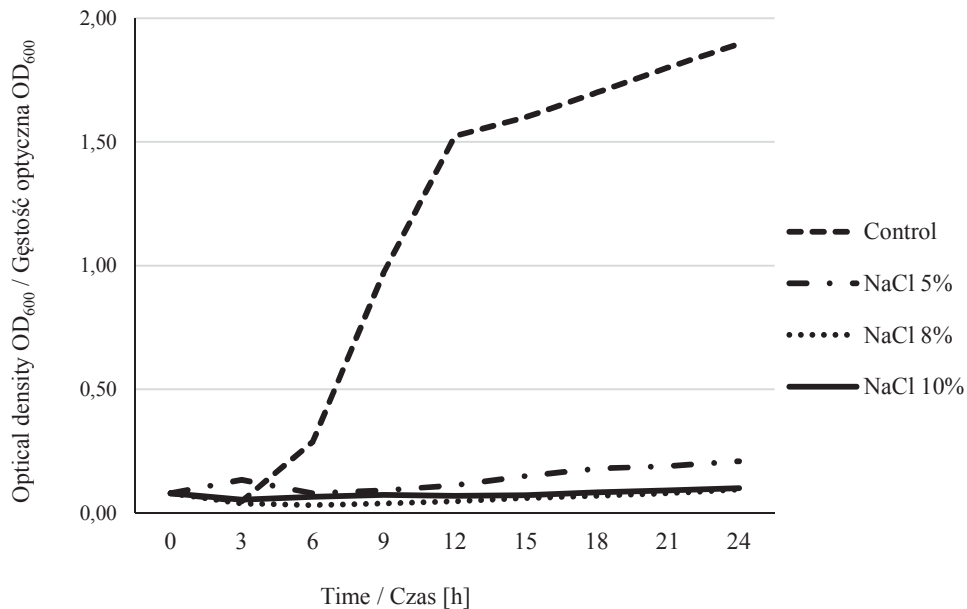
Explanatory notes / objaśnienia:

Table shows mean values ± standard deviations / w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe; n = 3; OD<sub>600</sub> – optic density at wavelength of 600 nm / gęstość optyczna przy długości fali 600 nm; (++) – very good growth / bardzo dobry wzrost, (+) – good growth / dobry wzrost, (+/-) – moderate growth / umiarkowany wzrost, (-) – no growth / brak wzrostu.

Lactic acid bacteria have a great ability to adapt to the environment. The development of microorganisms in the environments of a pH range is possible by maintaining the intracellular concentration of hydrogen ions at a level close to neutral [27]. In this research study no growth of *Lb. rhamnosus* K3 was found at a low pH level (3.9), however this growth was moderate at a basic pH level (9.6). A very good growth was observed at pH equalling 6.4 (pH of MRS broth) – Tab. 1.

Stress tolerance is correlated with the conditions prevalent in a specific habitat of LAB strains [16]. The effect of high NaCl concentration on the growth of *Lb. rhamnosus* K3 is shown in Fig. 1. The addition of 8 % and 10 % NaCl had a significant effect on the growth of the strain. *Lb. rhamnosus* K3 did not tolerate any high NaCl addition. MRS broth culture without NaCl added (control) reached a steady increase in the bacterial cells. The largest growth was recorded after about 12 h of incubation. In the Ng et al. study [17] it was noted that the *Lactobacillus* strains isolated from the Malaysian traditional fermented food were resistant to MRS broth at 4 % NaCl, however a suppression was detected at 6 % NaCl. The ability to tolerate osmotic stress is species- or even strain-specific.

Though the assays were performed under the model conditions, the results could be referred to food matrices. It is possible to use this strain as a starter culture in a close to neutral environment (e.g. meat or milk) at a low salt concentration (< 5 %) and within a broad spectrum of fermentation temperatures (10 - 37 °C).



Explanatory notes / objaśnienia:

n = 3; control – control sample / próba kontrolna.

Fig. 1. Effect of NaCl concentration on growth of *Lb. rhamnosus* K3

Rys. 1. Wpływ stężenia NaCl na wzrost *Lb. rhamnosus* K3

Table 2. Biochemical tests for *Lb. rhamnosus* K3 strain

Tabela 2. Testy biochemiczne dla szczepu *Lb. rhamnosus* K3

Tests / Testy	Results / Wyniki
Malonate utilization / Rozkład malonianu	-
Acetoin production detection / Wykrywanie produkcji acetoiny	-
Citrate utilization / Rozkład cytrynianu	-
$\beta$ -galactosidase activity / Aktywność $\beta$ -galaktozydazy	+
Nitrate reduction detection / Wykrywanie redukcji azotanów	-
Catalase activity detection / Wykrywanie aktywności katalazy	-
Arginine utilization / Rozkład argininy	-
Saccharose utilization / Rozkład sacharozy	+
Mannitol utilization / Rozkład mannitolu	+
Glucose utilization / Rozkład glukozy	+
Arabinose utilization / Rozkład arabinozy	+
Trehalose utilization / Rozkład trehalozy	+
Acidifying activity / Aktywność zakwaszająca $\Delta$ pH	1.49

Explanatory notes / objaśnienia:

n = 3; (+) – positive reaction / reakcja pozytywna, (-) – negative reaction / reakcja negatywna.



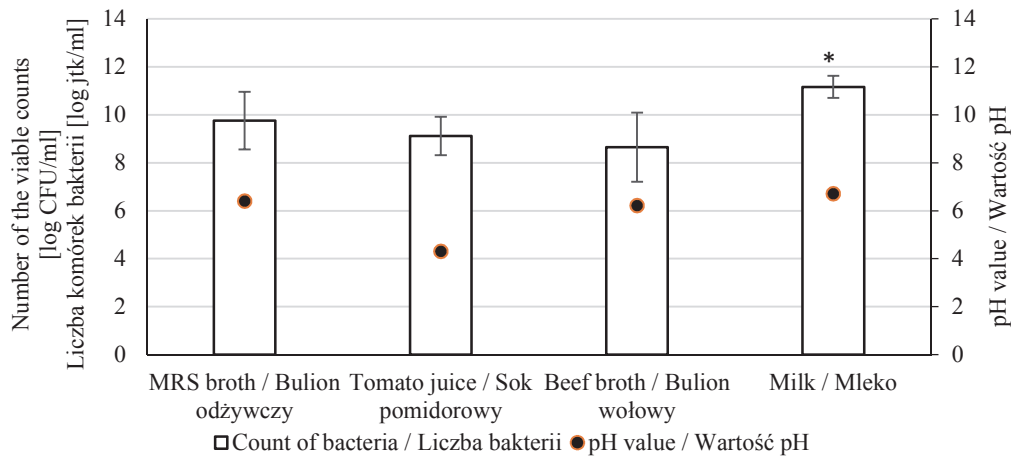
Biochemical tests were applied to define the ability of microorganisms to metabolize, to produce the same compounds or to detect enzyme activity. The results of those biochemical tests are shown in Tab. 2.

The strain tested was able to degrade carbohydrates: sucrose, mannitol, glucose, arabinose and trehalose, which proved its high saccharolytic potential. The results of this research study are in line with the findings by Kuda et al. [14], who, in their paper, reported the ability of *Lactobacillus* to ferment sugars. However, *Lb. rhamnosus* K3 did not metabolize malonate, citrate and arginine. The Voges Proskauer's reaction showed that the strain did not produce acetoin. In their studies, Shakibaie et al. [26] also demonstrated that *Lactobacillus* strains had negative results in the Voges Proskauer's reaction. The  $\beta$ -galactosidase activity is particularly important for the fermentation of milk owing to the metabolism of lactose. Lactose maldigestion can be improved by the consumption of fermented milk products, which contain  $\beta$ -galactosidase in bacteria [18]. A high  $\beta$ -galactosidase activity of *Lb. rhamnosus* K3 was observed and it was similar to the results obtained by Karasu et al. [13]. *Lb. rhamnosus* K3 did not utilize arginine and presented the absence of catalase activity, which was typical for the *Lb. rhamnosus* species [7].

*Lb. rhamnosus* K3 was tested for survival in various environmental food media (Fig. 2). The MRS broth was used as a microbiological medium because it is a typical growth medium for *Lactobacillus* strains [22]. However, the highest viability was observed in milk (more than 11 log CFU/ml, statistically significant). The pH values of milk samples were similar to the pH value of MRS broth. Additionally, a high count of bacteria was found in the tomato juice (more than 9 log CFU/ml) and beef broth samples (more than 8 log CFU/ml, non-significant). Based on the results obtained, it can be concluded that the food medium was a good environment for *Lb. rhamnosus* K3.

Also, the ability of *Lb. rhamnosus* K3 to acidify milk was tested (Tab. 2). The value of  $\Delta$ pH was 1.49 and it indicated moderate properties of milk fermentation. LAB strains of different species are characterized by a different ability to acidify milk. Some LAB strains may exhibit an acidification ability value higher than 1.0 [5].

Due to the highest viability of the *Lb. rhamnosus* K3 strain in milk, this medium was chosen for further analyses. The optimal temperature of milk fermentation was set. The results are shown in Tab. 3. The highest number of bacterial cells was achieved during the fermentation at 37 °C. Also the pH value was the lowest at 37 °C and it dropped from 6.71 to 4.65. Under other temperature conditions of fermentation the numbers of bacterial cells were also high (more than 9 log CFU/ml). However, a product with the good sensory characteristics was expected, so it was decided to assume the highest number of bacterial cells and the lowest pH as a distinguishing quality.



Explanatory notes / objaśnienia:

Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments) / Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków); n = 3; (\*) – statistically significant difference (p < 0.05) / różnica statystycznie istotna (p < 0,05).

Fig. 2. Growth of *Lb. rhamnosus* K3 strain depending on environmental medium  
Rys. 2. Wzrost szczepu *Lb. rhamnosus* K3 w zależności od środowiska

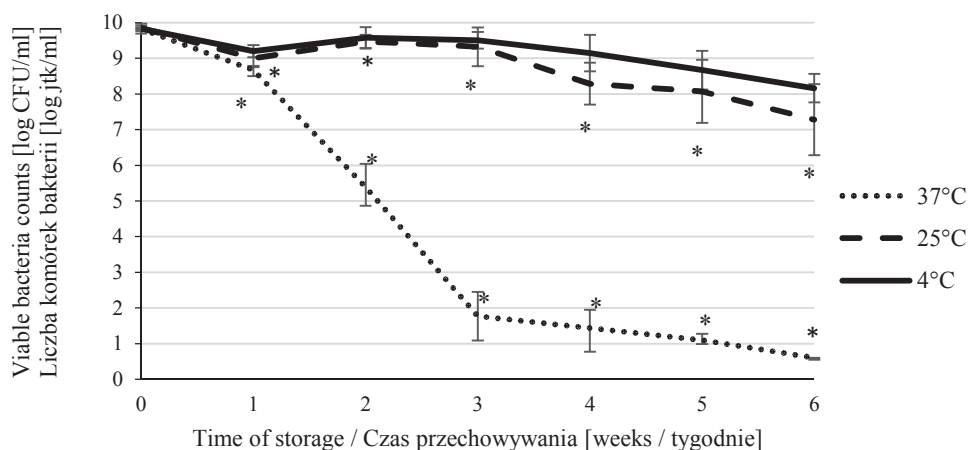
Table 3. Optimal temperature of milk fermentation for *Lb. rhamnosus* K3 strain  
Tabela 3. Optymalna temperatura fermentacji mleka dla szczepu *Lb. rhamnosus* K3

Item / Wyszczególnienie	Temperature / Temperatura [°C]		
	25	30	37
Count of bacterial cells [log CFU/ml] Liczba komórek bakterii [log jtk/ml]	9.47 ± 0.01	9.31 ± 0.07	9.76 ± 0.05
pH value / Wartość pH	5.430 ± 0.002	5.010 ± 0.000	4.650 ± 0.003

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

*Lb. rhamnosus* K3 maintained a statically significant high number of bacterial cells during the whole period of refrigeration storage at 4 °C (8 log CFU/ml) – Fig. 3. A slight decrease was observed in the number of bacterial cells after 4 weeks of storage. According to FIL/IDF [4] and FAO/WHO [2] guidelines, the basic starter microflora (i.e. yoghurt) and additional microflora (i.e. probiotic) must maintain a high number of viable cells. On the last day of shelf life, the count of lactic acid bacteria should not be lower than 6 log CFU/ml. This value is considered and called the “minimum therapeutic” and it applies to refrigerated products. The pH value was maintained at the same level during the whole period of storage and it equalled approximately 4 (Fig. 4). At 25 °C the number of *Lb. rhamnosus* was still high and remained at a level of at 9 log CFU/ml for 3 weeks. Then it slightly decreased to over 7 log CFU/ml after 6-week

storage. Despite a relatively low pH (3.59), the product's quality was still high after 6 weeks of storage. Meanwhile a statistically significant reduction in number of LAB was observed at 37 °C just after 2 weeks of storage. The number of bacteria below 6 log CFU/ml suggested a drop in the milk quality to an unacceptable level. At 37 °C the milk fermentation was continuous. The number of LAB began to sharply drop as a result of the lack of minerals or owing to poisoning by their own metabolites. A continuous production of lactic acid caused a statistically insignificant reduction in pH (3.58). Based on the study results, it was found that the optimum storage temperature was 4 °C, though the temperature of 25 °C also guaranteed a high product quality (Fig. 3).



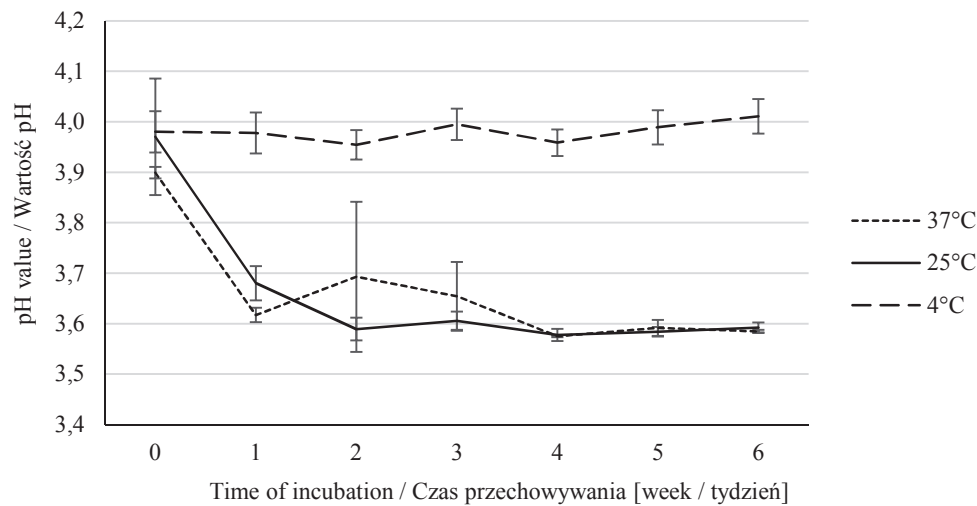
Explanatory notes as in Fig. 2. / objaśnienia jak pod rys. 2.

Fig. 3. Survival rate of *Lb. rhamnosus* K3 strain in fermented milk

Rys. 3. Przeżywalność szczepu *Lb. rhamnosus* K3 w mleku fermentowanym

The study results were similar to those reported by Innocente et al. [9]. The *Lb. rhamnosus* DSA LR1 strain was used with traditional yogurt starter cultures. At 4 °C and after 20 days of storage the viability of the bacteria exceeded 8 log CFU/ml. According to Zamberlin & Samaržija [28] *Lb. rhamnosus* GG in conjunction with the traditional yoghurt starter culture retained a high viability of bacteria at 4 °C after 21 days of storage in the yogurt made from sheep's milk. It was proved that the *Lb. rhamnosus* species could be used as a starter culture or as an addition to the traditional starter culture. In the Settachaimongkon et al. study [24, 25] it was reported that *Lb. rhamnosus* GG showed a very good survival rate in the set-yogurt and its bacterial cells were stable from the beginning of fermentation throughout the entire period of refrigeration storage (at 4 ± 2 °C). According to Jia et al. [11] *Lb. rhamnosus* GG can be

used as a starter culture with a yogurt starter culture in the goat's milk yogurt. Jałosińska [10] conducted research studies on the survival of the probiotic strain of *Lactobacillus casei* KNE-1 in a banana-dairy drink. During storage at a reduced temperature the number of lactic bacteria remained at a high level, while the pH value decreased.



Explanatory notes as in Fig. 2. / objaśnienia jak pod rys. 2.

Fig. 4. pH value of fermented milk with *Lb. rhamnosus* K3 strain

Rys. 4. Wartość pH mleka fermentowanego przez *Lb. rhamnosus* K3

Consumers are looking for foods with added value, which will have a positive impact on the functioning of their bodies. Therefore, research is needed to confirm the positive effect of probiotic bacteria on human health. In addition, with the development of food industry, there is a need to select new bacterial cultures. The bacteria isolated from GIT are often too weak to carry out technological processes. The isolation of bacteria from spontaneously fermented food and testing them for functional properties makes it possible to use beneficial strains as starter cultures. The authors' own study indicated that *Lb. rhamnosus* K3 can be used as a food starter culture owing to its appropriate growth during fermentation and a good survival rate during refrigeration storage. However, further studies should be conducted.

## Conclusions

1. The *Lb. rhamnosus* K3 strain was able to grow at different temperatures, but in a narrow pH range. The bacterial strain did not tolerate high NaCl concentrations, however it grew well in any kind of food medium.
2. *Lb. rhamnosus* K3 was able to metabolize sugars. The strain did not reduce nitrates and no catalase activity was detected. The presence of  $\beta$ -galactosidase enzyme was reported.
3. The best temperature for milk to ferment was 37 °C. The number of bacterial cells maintained at a level higher than 8 log CFU/ml throughout the whole period of refrigeration storage.
4. The research study reveals that the *Lb. rhamnosus* K3 strain isolated from fermented cabbage has high potential for food applications, because the strain proves to be well-adapted to a particular environment and it can be adapted to specific manufacturing technology.

## References

- [1] Casaburi A., Di Martino V., Ferranti P., Picariello L., Villani F.: Technological properties and bacteriocins production by *Lactobacillus curvatus* 54M16 and its use as starter culture for fermented sausage manufacture. *Food Control*, 2016, 59, 31-45.
- [2] FAO/WHO Codex Alimentarius Commission: Annex Proposed Draft Standard for Fermented Milks (A11) CL 1997, MMP 12.
- [3] Ferrando V., Quiberoni A., Reinheimer J., Suárez V.: Functional properties of *Lactobacillus plantarum* strains: A study *in vitro* of heat stress influence. *Food Microbiol.*, 2016, 54, 154-161.
- [4] FIL/IDF, Commission D-Legislation: Standards of Identity Terminology Fermented Milk Products. 1997, Doc. 316.
- [5] Floros G., Hatzikamari M., Litopoulou-Tzanetaki E., Tzanetakis N.: Probiotic and technological properties of facultatively heterofermentative lactobacilli from Greek traditional cheeses. *Food Biotechnol.*, 2012, 26, 85-105.
- [6] Frece J., Vrdoljak M., Filipčić M., Jelić M., Čanak I., Jakopović Ž., Pleadin J., Gobin I., Dragičević T.L., Markov K.: Microbiological quality and variability of natural microbiota in Croatian cheese maturing in lambskin sacks. *Food Technol. Biotechnol.*, 2016, 54(2), 129-134.
- [7] Hammes W.P., Hertel C., Genus I.: *Lactobacillus*. In.: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 3. The Firmicutes. 2<sup>nd</sup> ed. Eds. W.B. Whitman. Springer, New York, USA, 2009, pp. 465-510.
- [8] Holzapfel W.H.: Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *Int. J. Food Microbiol.*, 2002, 75(3), 197-212.
- [9] Innocente N., Biasutti M., Rita F., Brichese R., Comi G., Iacumin L.: Effect of indigenous *Lactobacillus rhamnosus* isolated from bovine milk on microbiological characteristics and aromatic profile of traditional yogurt. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2016, 66, 158-164.
- [10] Jałosińska M.: Przeżywalność szczepu probiotycznego w napoju bananowo-mlecznym w zależności od dodatku różnych prebiotyków. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2007, 6 (55), 127-137.
- [11] Jia R., Chen H., Chen H., Ding W.: Effects of fermentation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on product quality and fatty acids of goat milk yogurt. *J. Dairy Sci.*, 2016, 99 (1), 221-227.

- [12] Jonkuviene D., Vaičiulyte-Funk L., Šalomskiene J., Alenčikiene G., Mieželiene A.: Potential of *Lactobacillus reuteri* from spontaneous sourdough as a starter additive for improving quality parameters of bread. *Food Technol. Biotechnol.*, 2016, 54(3), 342-350.
- [13] Karasu N., Şimşek Ö., Çon A.H.: Technological and probiotic characteristics of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from traditionally produced fermented vegetables. *Ann. Microbiol.*, 2010, 60(2), 227-234.
- [14] Kuda T., Kataoka M., Nemoto M., Kawahara M., Takahashi H., Kimura B.: Isolation of lactic acid bacteria from plants of the coastal Satoumi regions for use as starter cultures in fermented milk and soymilk production. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2016, 68, 202-207.
- [15] Morita H., Toh H., Oshima K., Murakami M., Taylor T.D., Igimi S., Hattori M.: Complete genome sequence of the probiotic *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 53103. *J. Bacteriol.*, 2009, 191(24), 7630-7631.
- [16] Neffe-Skocińska K., Kolożyn-Krajewska D.: Sposób przygotowania szczepionki bakterii probiotycznych jako kultury startowej w produktach mięsnych. Polska, Opis patentowy 2014, 226236.B1.
- [17] Ng S.Y., Koon S.S., Padam B.S., Chye F.Y.: Evaluation of probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from traditional Malaysian fermented Bambangan (*Mangiferapajang*). *CyTA – J. Food*, 2015, 13(4), 563-572.
- [18] Pinto M.G.V., Franz C.M., Schillinger U., Holzapfel W.H.: *Lactobacillus* spp. with *in vitro* probiotic properties from human faeces and traditional fermented products. *Int. J. Food Microbiol.*, 2006, 109(3), 205-214.
- [19] PN-ISO 15214:2002. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
- [20] Ruiz P., Barragán I., Seseña S., Palop M.L.: Functional properties and safety assessment of lactic acid bacteria isolated from goat colostrum for application in food fermentations. *Int. J. Dairy Technol.*, 2016, 69(4), 559-568.
- [21] Sahnouni F., Ringø E., Maizi A., Matallah-Boutiba S.B.A., Chemlal D., Boutiba Z.: Biochemical and antibacterial potential of autochthonous *Carnobacterium* and *Lactobacillus* species isolated from gastrointestinal tract of coastal fish. *J. Anim. Plant Sci.*, 2016, 26(4), 1146-1155.
- [22] Schillinger U., Holzapfel W.H.: Culture media for lactic acid bacteria. In.: *Progress in Industrial Microbiology*. Vol. 37. *Handbook of Culture Media for Food Microbiology*. Elsevier, Amsterdam 2003, pp. 127-140.
- [23] Schillinger U., Lücke F.K.: Identification of lactobacilli from meat and meat products. *Food Microbiol.*, 1987, 4(3), 199-208.
- [24] Settachaimongkon S., Nout M.R., Fernandes E.C.A., van Hooijdonk T.C., Zwietering M.H., Smid E.J., van Valenberg H.J.: The impact of selected strains of probiotic bacteria on metabolite formation in set yoghurt. *Int. Dairy J.*, 2014, 38(1), 1-10.
- [25] Settachaimongkon S., van Valenberg H.J., Gazi I., Nout M.R., van Hooijdonk T.C., Zwietering M.H., Smid E.J.: Influence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1 on post-acidification, metabolite formation and survival of starter bacteria in set-yoghurt. *Food Microbiol.*, 2016, 59, 14-22.
- [26] Shakibaie M., Mohammadi-Khorsand T., Adeli-Sardou M., Jafari M., Amirpour-Rostami S., Ameri A., Forootanfar H.: Probiotic and antioxidant properties of selenium-enriched *Lactobacillus brevis* LSe isolated from an Iranian traditional dairy product. *J. Trace Elem. Med. Bio.*, 2017, 40, 1-9.
- [27] Tortora G.J., Funke B.R., Case C.L.: Microbial growth. In.: *Microbiology and Introduction*. Eds. G.J. Tortora, B.R. Funke., C.L. Case. Pearson, New York, 2013, pp. 153-180.
- [28] Zamberlin Š., Samaržija D.: The effect of non-standard heat treatment of sheep's milk on physico-chemical properties, sensory characteristics, and the bacterial viability of classical and probiotic yogurt. *Food Chem.*, 2017, 225, 62-68.

- [29] Zielińska D., Rzepkowska A., Radawska A., Zieliński K.: *In vitro* screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber. *Curr. Microbiol.*, 2015, 70(2), 183-194.

**WŁAŚCIWOŚCI TECHNOLOGICZNE SZCZEPU *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* K3  
WYIZOLOWANEGO Z KISZONEJ KAPUSTY I JEGO POTENCJALNE WYKORZYSTANIE  
JAKO KULTURY STARTOWEJ DO ŻYWNOŚCI FERMENTOWANEJ**

**Streszczenie**

Celem pracy było określenie właściwości technologicznych szczepu *Lactobacillus rhamnosus* K3. Oceniono zdolność szczepu do wzrostu w warunkach – temperatura [°C]: 10, 15, 45; pH środowiska: 3,9; 6,4; 9,6; stężenie soli [%]: 5, 8, 10. Wykonano testy biochemiczne (fermentacja cukrów, aktywność enzymów), oceniono przeżywalność szczepu w zależności od matrycy żywnościowej (w mleku, soku pomidorowym i bulionie wołowym). Wyznaczono optymalną temperaturę fermentacji mleka i sprawdzono przeżywalność podczas 6-tygodniowego przechowywania. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że szczep *Lb. rhamnosus* K3 był zdolny do wzrostu w szerokim zakresie temperatur, ale w wąskim zakresie pH środowiska. Szczep nie tolerował wysokiego stężenia NaCl, ale był zdolny do wzrostu w każdym rodzaju medium żywnościowego. Największy wzrost bakterii zaobserwowano w mleku. *Lb. rhamnosus* K3 metabolizował większość cukrów. Nie stwierdzono redukcji azotanów. Szczep K3 jest katalazoujemny. Stwierdzono aktywność enzymu  $\beta$ -galaktozydazy. Optymalną temperaturą fermentacji mleka było 37 °C. Stwierdzono przydatność technologiczną szczepu *Lb. rhamnosus* K3 jako kultury startowej do mleka. Podczas chłodniczego przechowywania (w 4 °C) liczba komórek bakterii utrzymywała się powyżej 8 log jtk/ml. Szczep *Lactobacillus rhamnosus* K3 był zdolny do prowadzenia fermentacji, co czyni go przydatnym technologicznie do produkcji mlecznych wyrobów fermentowanych.

**Słowa kluczowe:** bakterie fermentacji mlekowej (LAB), *Lactobacillus rhamnosus*, właściwości technologiczne, żywność fermentowana ☒

ANNA WIRKIJOWSKA, PIOTR ZARZYCKI, KAZIMIERZ NOWOROLNIK,  
DANUTA LESZCZYŃSKA

### EFFECT OF NITROGEN FERTILISATION ON TECHNOLOGICAL VALUE OF SPRING BARLEY GRAIN

#### S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of nitrogen fertilisation level on changes in the technological value of five spring barley cultivars intended for food production. A pot experiment with spring barley was performed in the greenhouse run by the Institute of Soil Science and Plant Cultivation. The barley cultivars studied were compared for the quantity and quality of grain yield including their response to three levels of nitrogen fertilisation ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ): 1, 2 and 3 g N/pot. The nitrogen fertilisation level proved to have a significant effect on the yield and quality of grains of the barley cultivars examined. With the increase in the nitrogen dose levels to 3 g/pot, a significant increase was reported in the grain yield and number of spikes per pot in all the spring barley cultivars, however there was a decrease in the weight of 1000 kernels. The levels of nitrogen fertilisation and the barley cultivars proved to have a significant impact on the contents of total dietary fibre (TDF) and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans but no interaction was found between the level of fertilisation and the cultivar. Significantly higher contents of TDF and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans were reported in the examined spring barley cultivars at a dose of 2 and 3 g N/pot compared to 1 g N/pot. With the increase in the nitrogen dose to 3 g N/pot, a significant increase was reported in the protein content in all the cultivars. Owing to the highest contents of dietary fibre and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans, and to a high protein content, the 'Bordo' and 'Tocada' varieties can be recommended as the best varieties to produce food.

**Key words:** barley, fertilisation, quality, dietary fibre, Mitscherlich pot

#### Introduction

Barley is one of the most important cereal crops in Europe and world-wide. It ranks fourth in the world cereal production (147 Mt per year is the average over the

---

*Dr inż. A. Wirkijowska, dr inż. P. Zarzycki, Zakład Inżynierii i Technologii Zbóż, Katedra Technologii Surowców Pochodzenia Roślinnego i Gastronomii, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, prof. dr hab. K. Noworolnik, dr hab. D. Leszczyńska, Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy.  
Kontakt: piotr.zarzycki@up.lublin.pl*



period from 2015 to 2017) after maize, wheat and rice [7]. Therefore it is important to know the effects of both the agronomic factors and the properties of barley cultivars on the quantity and quality of grain yield in view of using barley cultivars in food production. For example, the level of nitrogen fertilisation proves to have a high effect on both the yield and quality of barley. The nitrogen fertilisation helps increase the size and structure of grains, whereas its chemical composition depends on the environmental conditions and characteristics of the cultivar [17, 18, 21]. An increase in nitrogen fertilisation positively affects the yield of barley grain to a certain limit of N dose, which depends on the nitrogen abundance in the soil. A further increase in the concentration of nitrogen in soil causes the grain yield to stagnate and then to decrease owing to the increase in plants lodging; also it causes pest infestation and other diseases. The nitrogen fertilisation increases the tillering of plants. With an increasing dose of nitrogen the protein content in grain also increases (to varying degrees in different cultivars), even if the grain yield decreases. The effect of nitrogen fertilisation also depends on the characteristics of the cultivar [20]. Those differences result from morphological and physiological features of the cultivar (e.g. capacity of plant tillering, light requirements, efficiency of nitrogen utilization, rigidity and elasticity of blades).

In the reference literature, the effect is known of various agronomic factors and features of cultivars on the quality of barley grain used for brewing purposes, however there are no data regarding the effect of agronomic factors and features of cultivars on the quality of grain designed for use in food products (e.g. grits, flakes, bread). According to the WHO's [25] statistical data reports there is an increase in the incidence of diet-related lifestyle diseases in adults and children, which in turn indicates the need to change eating habits and to increase daily physical activity. The consumption of whole-grain and low-processed cereal products (grits, "hot meals" type flakes, whole-grain bread) is known to be one of the factors to cause overweight and obesity [4, 12, 13, 22]. Dietary fibre plays a crucial role in controlling obesity (at least 30 % of dietary fibre should be represented by a soluble fraction) [9]. The human body requires 20 to 40 g of dietary fibre per day on average to function properly and to maintain life [11, 12]. The actual daily dietary fibre intake ranges from 13.5 to 26.3 g/day as for UK and Germany, respectively, and 20 g/day for the US residents [6, 8]. In the Global Burden of Disease study [10] exposure to a diet low in fibre is defined as an average daily consumption level of less than 23.5 g/day. Therefore high-fibre cereal products with a high content of soluble fraction including (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans are highly recommended and they are considered a desirable food ingredient. Research has shown the beneficial effects of barley fibre and, in particular, of (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans on human health [2, 16].

A proper ratio of insoluble and soluble dietary fibre (IDF and SDF, respectively) in the diet provides comprehensive, preventive and health-promoting effects. IDF pro-

ffects human body primarily against gastric disorders. IDF retains its structure in the colon, thereby supporting the process of intestinal peristalsis and preventing constipation. In turn, in the colon SDF is subjected to fermentation processes resulting in the formation of CO<sub>2</sub>, methane and short-chain fatty acids, such as butyric acid; this causes the pH value of the intestinal content to decrease and for that reason the development of lactobacilli and streptococci is stimulated. This inhibits the growth of spoilage bacteria. The interaction between IDF and SDF provides an anticarcinogenic effect in the treatment and prevention of colorectal cancer [19]. Moreover, IDF and SDF have proved to have a combined effect by decreasing hypercholesterolemia and hypoglycaemia, so they are also applied to treat and prevent overweight, obesity and cardiovascular diseases [2, 13, 14, 22, 26].

Thus, further scientific research is needed on the quality of grain intended for food purposes and for the utilisation in the production of food with functional features. In particular those barley cultivars should be selected that have a fractional composition and contain protein, dietary fibre and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans. Also it is absolutely essential to determine the impact of genetic and agronomic factors on changes in the functional properties of barley grain.

The objective of the research study was to compare the response of novel cultivars of spring barley to the increasing of nitrogen fertilisation level in terms of grain yield and yield components and especially in terms of the content of protein and dietary fibre in the grain.

### **Material and methods**

A pot experiment with spring barley was performed in the greenhouse run by the Institute of Soil Science and Plant Cultivation (IUNG – PIB) in Puławy. Mitscherlich pots were used to study the following barley cultivars: ‘Afrodite’, ‘Bordo’, ‘Henrike’, ‘KWS Olof’ and ‘Tocada’. In particular there were analysed the responses of those barley cultivars to three different levels (1, 2 and 3 g/pot) of nitrogen fertilisation (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Nitrogen doses of 1 and 2 g/pot were divided into two parts: 60 % before sowing + 40 % at the end of tillering. The 3 g N/pot dose was divided into three parts: 60 % before sowing + 25 % at the end of tillering + 15 % before the heading. The pots were fertilised with other mineral components; their doses were as follows: 0.8 g P; 1.7 g K; 0.4 g Mg; 50 mg Fe; 5 mg B and 3 mg Cu per pot. The seeds were sowed at the end of March. The plant density was stable; in every pot there were 10 plants left in two leaf phase stages (after thinning). The soil humidity was kept at 60 % of the field water capacity. The experiment was set up with the use of a method of independent series in four replications.

After harvesting barley the grain yield and the characteristics of its structure were determined. In addition there were determined the chemical composition of the culti-

vars examined, i.e. the content of crude protein (Method AACC 46-08), the total dietary fibre (TDF), IDF and SDF. The determination was performed using an enzymatic method (AOAC 991.43, AACC 32-07, AACC 32-21, AOAC 985.29, AACC 32-05). In addition the content of (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans was analyzed (AACC 32-23, AOAC 995.16) [1, 3]. For the purpose of this research a set of enzymes was utilised and analytical procedures from a Megazyme company (Bray, Ireland). The results obtained were statistically analysed using a two-way analysis of variance with replication (ANOVA, Statistica 13) and with two factors: levels of nitrogen fertilisation and barley cultivar. A Tukey's range test ( $p \leq 0.05$ ) was applied to identify a statistical significance of differences between the mean values.

### Results and discussion

Under the research study, the effect was determined of the nitrogen fertilisation level on the grain yield of spring barley, yield components and grain quality. The increasing of the nitrogen concentration rate to 3 g/pot had a positive effect on the grain yield and the number of spikes per pot (Tab. 1).

Table 1. Grain yield and yield components of spring barley depending on nitrogen dose (N dose)  
Tabela 1. Plon ziarna i składniki plonu jęczmienia jarego w zależności od dawki azotu (dawka N)

N dose [g/pot] Dawka N [g/wazon]	Grain yield [g/pot] Plon ziarna [g/wazon]	Number of spikes per pot / Liczba kłosów na wazon	Number of grains per spike / Liczba ziaren w kłosie	Weight of 1000 grains / Masa 1000 ziaren [g]
1	50.9 <sup>c</sup> ± 3.3	40.2 <sup>c</sup> ± 3.8	24.7 <sup>a</sup> ± 2.1	52.9 <sup>a</sup> ± 1.5
2	62.7 <sup>b</sup> ± 4.2	67.4 <sup>b</sup> ± 3.5	18.8 <sup>b</sup> ± 2.2	51.7 <sup>a</sup> ± 0.9
3	68.0 <sup>a</sup> ± 5.3	75.3 <sup>a</sup> ± 4.1	18.7 <sup>b</sup> ± 1.8	49.3 <sup>b</sup> ± 0.5

Explanatory notes / objaśnienia:

Table shows mean values ± standard deviations / W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe; a, b, c – mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ( $p \leq 0.05$ ) / wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

All the cultivars yielded significantly higher at a nitrogen dose of 2 g compared to 1 g N/pot. There was no interaction between the cultivar and the fertilisation (Fig. 1). An increase in grain yield was reported for all the cultivars studied; however, this increase was not statistically significant for all of them. Compared to a 1 g N/pot dose, at 2 g N/pot the grain yield increased; this increase was higher compared to the grain yield in the case of 3 g N/pot. The above research finding was in line with that as reported by Noworolnik et al. [19] for the 'Basza', 'Skarn' and 'Wanad' cultivars. The increasing of the concentration rate of nitrogen caused the grain yield to increase as

a consequence of the stronger productive tillering of plants that generated an increase in the number of spikes per pot.

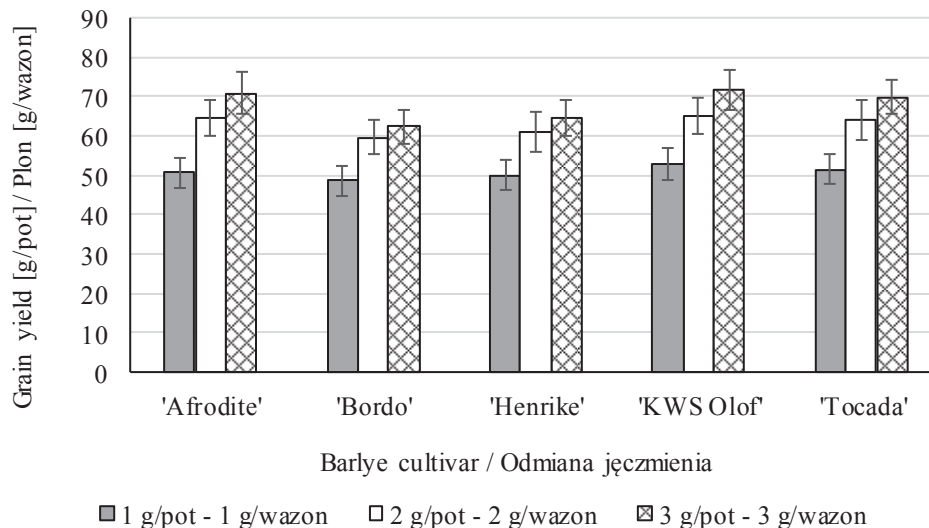


Fig. 1. Effect of barley cultivar and nitrogen dose [g/pot] on grain yield level [g/pot]

Rys. 1. Wpływ odmiany jęczmienia i dawki azotu [g/wazon] na wielkość plonu ziarna [g/wazon]

The characteristics of spring barley spike production were less differentiated under the impact of nitrogen than the number of spikes (Tab. 1). As for all the cultivars studied, a significantly higher number of grains per spike was found in the case of 1 g N/pot compared to higher concentration rates of nitrogen. The weight of 1000 grains was significantly reduced at higher concentration rates of nitrogen.

As yet there are no studies dealing with the response of novel spring barley cultivars (i.e. those examined under the present research) to the increasing of nitrogen fertilisation level in terms of the size and structure of grain. The response of older cultivars of spring barley to the nitrogen fertilisation level was compared in the previous pot experiments conducted by IUNG in Puławy [17, 19]. Those cultivars differed in their response to 3 g N/pot as some of them showed an insignificant increase in the grain yield when compared to 2 g N/pot. Other cultivars yielded significantly higher. Therefore a conclusion is possible that the cultivars that are naturally characterized by lower tillering strongly increase the grain yield and the number of spikes in the pot owing to a greater concentration rate of nitrogen.

Between the examined cultivars of spring barley statistically significant differences were found in the size of grain, the weight of 1000 grains and the number of spikes and kernels in the spike (Tab. 2). The obtained results confirm the findings of Moreno et al. [15] and Wszyński et al. [27]. The highest values of the examined fea-

tures were confirmed for 'Afrodite', 'KWS Olof' and 'Tocada' cultivars. In the reference literature there is lack of information on the elements of grain structure of the examined cultivars.

Table 2. Grain yield components of spring barley cultivars (mean values for N dose)

Tabela 2. Składniki plonu ziarna odmian jęczmienia jarego (wartości średnie dla dawki N)

Cultivar Odmiana	Grain yield [g/pot] Plon ziarna [g/wazon]	Number of spikes per pot / Liczba kłosów na wazon	Number of grains per spike / Liczba ziaren w kłosie	Weight of 1000 grains / Masa 1000 ziaren [g]
'Afrodite'	62.1 <sup>a</sup> ± 9.9	64.3 <sup>a</sup> ± 2.2	19.8 <sup>b</sup> ± 0.8	49.2 <sup>ab</sup> ± 1.2
'Bordo'	57.1 <sup>b</sup> ± 7.3	58.0 <sup>c</sup> ± 1.8	20.2 <sup>ab</sup> ± 1.6	48.7 <sup>b</sup> ± 1.4
'Henrike'	58.2 <sup>b</sup> ± 7.6	58.7 <sup>bc</sup> ± 2.5	19.6 <sup>b</sup> ± 0.9	51.1 <sup>a</sup> ± 1.2
'KWS Olof'	63.5 <sup>a</sup> ± 9.1	61.1 <sup>b</sup> ± 1.7	21.8 <sup>a</sup> ± 1.1	47.6 <sup>b</sup> ± 1.6
'Tocada'	61.8 <sup>ab</sup> ± 9.0	61.3 <sup>b</sup> ± 2.1	20.5 <sup>ab</sup> ± 1.5	49.1 <sup>ab</sup> ± 1.3

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

Research has shown that the chemical composition of spring barley grain was dependent on the applied nitrogen dose (Tab. 3). The protein content in husked spring barley is in the range of 9.6 ÷ 14.4 % d.m. [14, 17, 19]. The average protein content in the cultivars examined ranged from 9.8 to 13.2 % d.m. at 1 and 3 g N/pot, respectively.

Table 3. Content of selected chemical components in grain of spring barley [% d.m.] depending on nitrogen dose

Tabela 3. Zawartość wybranych składników chemicznych ziarna jęczmienia jarego [% s.m.] w zależności od dawki azotu

N dose [g/pot] Dawka N [g/wazon]	TDF	SDF	IDF	(1,3)(1,4)-β-D-glucans (1,3)(1,4)-β-D-glukany	Protein Białko
1	21.2 <sup>b</sup> ± 1.7	4.5 <sup>b</sup> ± 0.3	16.7 <sup>a</sup> ± 0.6	3.4 <sup>b</sup> ± 0.42	9.8 <sup>c</sup> ± 0.8
2	22.1 <sup>ab</sup> ± 1.7	4.9 <sup>a</sup> ± 0.2	17.2 <sup>a</sup> ± 0.8	4.1 <sup>a</sup> ± 0.47	11.7 <sup>b</sup> ± 0.9
3	22.5 <sup>a</sup> ± 1.8	5.0 <sup>a</sup> ± 0.3	17.5 <sup>a</sup> ± 0.6	4.4 <sup>a</sup> ± 0.53	13.2 <sup>a</sup> ± 1.1

Explanatory notes / Objasnienia:

TDF – total dietary fibre / błonnik pokarmowy całkowity; SDF – soluble dietary fibre / błonnik pokarmowy rozpuszczalny; IDF – insoluble dietary fibre / błonnik pokarmowy nierozpuszczalny.

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

The increase in the nitrogen fertilisation level caused the total protein content to increase similarly as in the research studies by Noworolnik [17] and Noworolnik et al. [19]. In the authors' own study the cultivar proved to have a minor effect on the protein content. Compared to other cultivars, the highest amount of protein content was reported in the 'Henrike' cultivar – 12 % d.m. Furthermore, significantly lower protein con-

tent was found in the ‘Afrodite’ and ‘KWS Olof’ cultivars compared to other cultivars (Tab. 4).

Table 4. Content of selected chemical components in grain of spring barley cultivars (average of N dose) [% d.m.]

Tabela 4. Zawartość wybranych składników chemicznych w ziarnie odmian jęczmienia jarego (średnia z dawki N) [% s.m.]

Cultivar Odmiana	TDF	SDF	IDF	(1,3)(1,4)-β-D-glucans (1,3)(1,4)-β-D-glukany	Protein Białko
‘Afrodite’	19.6 <sup>c</sup> ± 0.5	4.4 <sup>c</sup> ± 0.3	15.2 <sup>c</sup> ± 1.1	3.7 <sup>b</sup> ± 0.2	11.6 <sup>b</sup> ± 0.3
‘Bordo’	23.0 <sup>a</sup> ± 0.8	5.2 <sup>a</sup> ± 0.5	17.8 <sup>ab</sup> ± 0.9	4.4 <sup>a</sup> ± 0.7	11.8 <sup>ab</sup> ± 0.2
‘Henrike’	21.2 <sup>b</sup> ± 1.1	4.5 <sup>c</sup> ± 0.2	16.7 <sup>b</sup> ± 0.9	3.4 <sup>c</sup> ± 0.6	12.0 <sup>a</sup> ± 0.2
‘KWS Olof’	21.7 <sup>b</sup> ± 1.1	4.9 <sup>b</sup> ± 0.1	16.8 <sup>b</sup> ± 0.8	4.1 <sup>a</sup> ± 0.3	11.6 <sup>b</sup> ± 0.1
‘Tocada’	24.1 <sup>a</sup> ± 1.2	5.3 <sup>a</sup> ± 0.4	18.8 <sup>a</sup> ± 1.2	4.3 <sup>a</sup> ± 0.6	11.9 <sup>ab</sup> ± 0.1

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

Dietary fibre, its fractional composition and in particular the content of (1,3)(1,4)-β-D-glucans are the main distinguishing features of the quality of cereals intended for the production of food with functional features [23, 24, 28]. In the husked barley the content of those components are as follows: TDF – 20 ÷ 24 % d.m., SDF fraction – 5 ÷ 7 % d.m., IDF – 14 ÷ 20 % d.m. and the amount of (1,3)(1,4)-β-D-glucans in the range of 3.7 ÷ 5.4 % d.m. [26]. In their research study, Cieřlik et al [5] reported a relationship between the content of TDF and the content of (1,3)(1,4)-β-D-glucans both in the cultivar and on the level of nitrogen fertilisation. In the authors’ own study that relationship was confirmed too. Also in the authors’ own analysis an increase was reported in the content of TDF at 3 g N/pot compared to that at 1 g N/pot as was an increase in the content of SDF and β-glucans’ at 2 and 3 g N/pot compared to that at 1 g N/pot. Moreover, no significant effect of nitrogen fertilisation level on the content of IDF fraction was found (Tab. 3).

The authors’ own results are consistent with those presented by Cieřlik et al. [5] and Noworolnik et al. [5, 19]. In all the cultivars examined an increase in the nitrogen dose caused the content of TDF to increase, however there was no interaction between the cultivar and the nitrogen dose in terms of the content of TDF (Fig. 2).

The content of (1,3)(1,4)-β-D-glucans was 3.4 ÷ 4.4 % d.m. and it was similar to the results obtained by Martínez et al. [16] (Tab. 4). Research has shown that both the cultivar and the dose of nitrogen fertilisation affect the content of (1,3)(1,4)-β-D-glucans. A similar response was observed in the case of spring barley, when the nitrogen fertilisation level was increased; this confirms the results of other studies [5, 19, 28]. There was no interaction between the cultivar and the nitrogen dose as regards the content of glucans (Fig. 3).

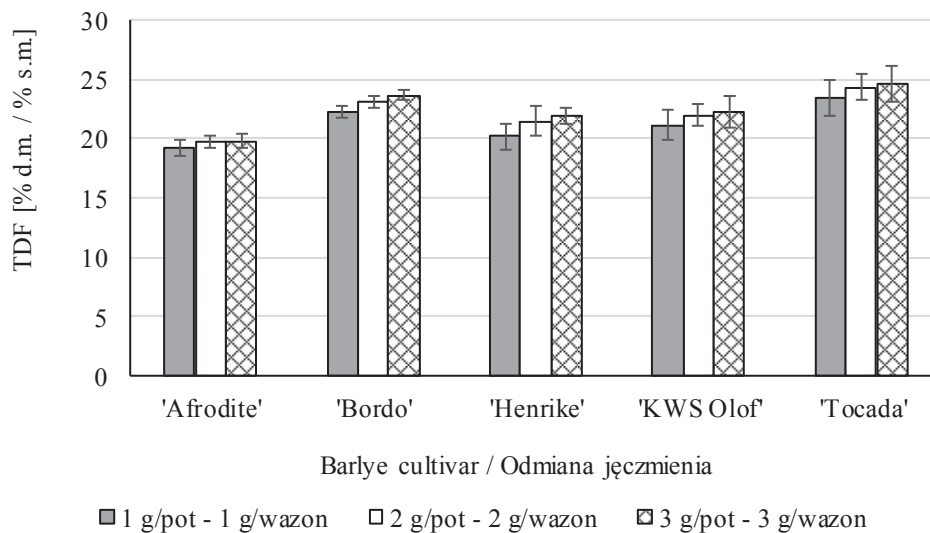


Fig. 2. Effect of barley cultivar and nitrogen dose [g/pot] on content of total dietary fibre (TDF) [% d.m.]

Rys. 2. Wpływ odmiany jęczmienia i dawki azotu [g/wazon] na zawartość błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) [% s.m.]

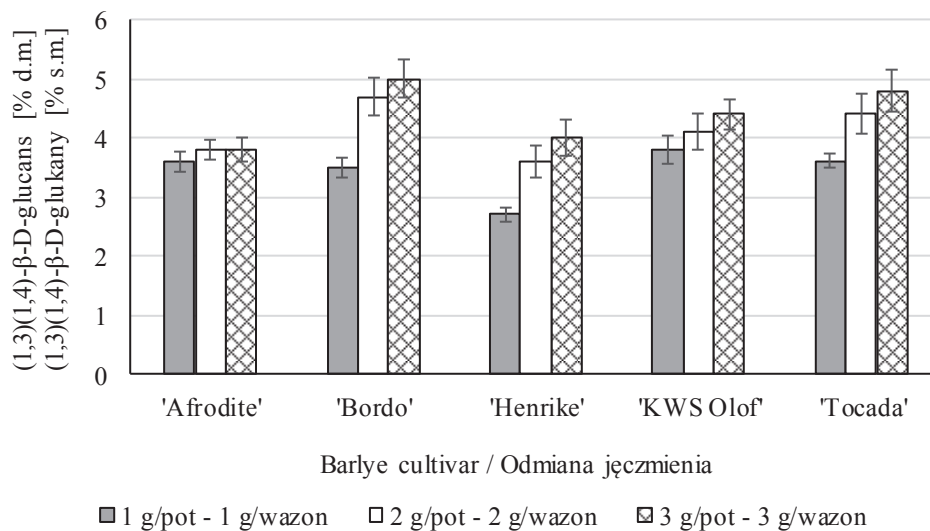


Fig. 3. Effect of barley cultivar and nitrogen dose [g/pot] on content of (1,3)(1,4)-beta-D-glucans [% d.m.]

Rys. 3. Wpływ odmiany jęczmienia i dawki azotu [g/wazon] na zawartość (1,3)(1,4)-beta-D-glukanów [% s.m.]

## Conclusions

1. The research study performed confirmed the significant effect of nitrogen fertilisation level on the grain yield. However, no significant effect of the cultivar was found. Moreover, no interaction between the level of fertilisation and the cultivar was found.
2. The level of nitrogen fertilisation (i.e. the dose of nitrogen fertiliser) had a significant effect on the contents of TDF and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans, but no interaction between the level of fertilisation and the cultivar was found. Significantly higher contents of TDF and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans were reported in the examined spring barley cultivars at 2 and 3 g N/pot compared to 1 g N/pot.
3. The best varieties for functional food are 'Bordo' and 'Tocada' owing to the highest contents of dietary fibre and (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glucans, and a high content of protein.

## References

- [1] AACC International: Approved Methods of Analysis. 11<sup>th</sup> ed. American Association of Cereal Chemistry International, St. Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Ames N., Camille P., Rhymer R.: Issues surrounding health claims for barley. *J. Nutr.*, 2008, 138 (6), 1237S-1243S.
- [3] AOAC: Official Methods of Analysis. 20<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists International, Rockville, Maryland, USA, 2016.
- [4] Brennan C.S.: Dietary fibre, glyceamic response, and diabetes. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2005, 49, 560-570.
- [5] Cieřlik E., Pisulewska E., Kidacka A., Witkowicz R.: Ocena wpływu różnych poziomów agrotechniki na zawartość błonnika i beta-glukanów w ziarnie wybranych odmian jęczmienia jarego. *Acta Agroph.*, 2014, 21(1), 17-26.
- [6] European Commission: Dietary Fibre. [on line]. Dostęp w Internecie [06.07.2019]: <https://ec.europa.eu/jrc/en/health-knowledge-gateway/promotion-prevention/nutrition/fibre>
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations: Sesame seed production in 2016. [on line]. United Nations Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). Dostęp w Internecie [26.11.2018]: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- [8] García-Meseguer M.J., Delicado-Soria A., Serrano-Urrea R.: Fiber patterns in young adults living in different environments (USA, Spain, and Tunisia). *Anthropometric and Lifestyle Characteristics. Nutrients*, 2017, 9(9), #1030.
- [9] Gawęcki J., Roszkowski W.: Rola produktów zbożowych w żywieniu ludzi zdrowych i chorych. W: *Produkty zbożowe. Technologia i rola w żywieniu człowieka*. Red. J. Gawęcki i W. Obuchowski. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2016.
- [10] Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME): Global Burden of Disease study 2017. [on line]. Dostęp w Internecie [26.11.2018]: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
- [11] James S.L., Muir J.G., Curtis S.L., Gibson P.R.: Dietary fibre: A roughage guide. *Int. Med. J.*, 2003, 33, 291-296.
- [12] Kawka A.: Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 3 (70), 25-43.




- [13] Kołodziejczyk P., Michniewicz J.: Ziarno zbóż i produkty zbożowe jako źródła błonnika pokarmowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2018, 25, 3 (116), 5-22.
- [14] Krajewski W.T., Szempliński W., Bielski S.: Plonowanie nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego nawożonego azotem. *Annales UMCS sec. E Agric.*, 2013, 68(1), 18-29.
- [15] Moreno A., Moreno M.M., Ribas F., Cabello M.J.: Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under irrigated conditions. *Span. J. Agric. Res.*, 2003, 1 (1), 91-100.
- [16] Martínez M., Motilva M.J., López de las Hazas M.C., Romero M.P., Vaculova K., Ludwig I.A.: Phytochemical composition and  $\beta$ -glucan content of barley genotypes from two different geographic origins for human health food production. *Food Chem.*, 2018, 245, 61-70.
- [17] Noworolnik K.: Plonowanie i jakość ziarna odmian jęczmienia jarego w zależności od dawki azotu. *Fragm. Agron.*, 2013, 30 (3), 123-131.
- [18] Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T.: Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka jęczmienia jarego nagoziarnistego i oplewionego. *Pam. Puł.*, 2004, 135, 203-211.
- [19] Noworolnik K., Wirkijowska A., Mikos-Szymańska M.: Effect of genotype and nitrogen fertilization on grain yield and quality of spring barley intended for health food use. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 2014, 20, 576-580.
- [20] Noworolnik K., Wirkijowska A., Rzedzicki Z.: Znaczenie błonnika pokarmowego w diecie oraz jego zawartość w ziarnie jęczmienia jarego w zależności od odmian i gęstości siewu. *Fragm. Agron.*, 2013, 30(3), 132-139.
- [21] Pecio A.: Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.*, 2002, 4(76), 4-112.
- [22] Riccioni G., Sblendorio V., Gemello E., Di Bello B., Scotti L., Cusenza S., D'Orazio N.: Dietary fibres and cardiometabolic diseases. *Int. J. Mol. Sci.*, 2012, 13, 1524-1540.
- [23] Rzedzicki Z., Sykut E., Wirkijowska A., Nita Z.: Dietary fibre – the most important factor of food cereals quality. *Fragm. Agron.*, 2008, 1(97), 357-371.
- [24] Rzedzicki Z., Wirkijowska A.: Charakterystyka składu chemicznego przetworów jęczmiennych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 1(56), 52-64.
- [25] World Health Organization: Obesity and overweight. [on line]. WHO, 2018. Dostęp w Internecie [6.07.2019]: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- [26] Wirkijowska A., Rzedzicki Z., Sobota A., Sykut-Domańska E., Zarzycki P., Bartoszek K., Kuzawińska E.: Jęczmień w żywieniu człowieka. *Pol. J. Agron.*, 2016, 25, 41-51.
- [27] Wyszynski Z., Gozdowski D., Pietkiewicz S., Łoboda T.: Plon ziarna jęczmienia jarego i jego składowe w zależności od rodzaju i dawki nawozów azotowych. *Fragm. Agron.*, 2007, 24(2), 418-426.
- [28] Yalçın E., Çelik S., Akar T., Sayim I., Köksel H.: Effects of genotype and environment on beta-glucan and dietary fibre contents of hull-less barleys grown in Turkey. *Food Chem.*, 2007, 101, 171-176.

## WPLYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO NA WARTOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ ZIARNA JĘCZMIENIA JAREGO

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia azotowego na zmiany wartości technologicznej pięciu odmian jęczmienia jarego, z przeznaczeniem na cele spożywcze. Doświadczenie wazonowe z jęczmieniami jarym przeprowadzono w hali wegetacyjnej Instytutu Gleboznawstwa i Uprawy Roślin. Odmiany porównywano pod względem wielkości i jakości plonu oraz reakcji na trzy poziomy nawożenia azotem

( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ): 1, 2 i 3 g N/wazon wegetacyjny. Wykazano istotny wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość ziarna badanych odmian jęczmienia. Wraz ze wzrostem wielkości dawki azotu do 3 g N/wazon istotnie zwiększył się plon ziarna i liczba kłosów z wazonu we wszystkich badanych odmianach jęczmienia jarego, natomiast zmniejszyła się masa 1000 ziaren. Odnotowano istotny wpływ poziomu nawożenia azotem i odmiany jęczmienia na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glukanów, nie stwierdzono natomiast interakcji między poziomem nawożenia a odmianą. Stwierdzono istotnie większą zawartość TDF i (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glukanów przy dawce 2 i 3 g N/wazon w porównaniu z 1 g N/wazon. Wraz ze wzrostem dawki azotu do 3 g N/wazon stwierdzono istotny wzrost zawartości białka w badanych odmianach jęczmienia. Ze względu na największą zawartość błonnika pokarmowego i (1,3)(1,4)- $\beta$ -D-glukanów, jak również dużą zawartość białka zalecane do produkcji żywności mogą być odmiany 'Bordo' i 'Tocada'.

**Słowa kluczowe:** jęczmień, nawożenie, jakość, błonnik pokarmowy, wazon wegetacyjny 

PATRYCJA SOWA, MARIA TARAPATSKYY, CZESŁAW PUCHALSKI,  
MAŁGORZATA DŻUGAN

**QUALITY EVALUATION OF CINNAMON MARKETED IN POLAND  
ON THE BASIS OF DETERMINING RATIO OF  
CINNAMALDEHYDE-TO-COUMARIN CONTENT**

S u m m a r y

There are mainly two varieties of cinnamon available on the European market – Ceylon and Cassia cinnamon. Cassia cinnamon differs from Ceylon cinnamon in the taste, smell, appearance and, most of all, in the content of coumarin. Cassia cinnamon contains up to 10.6 % of this compound, whereas Ceylon cinnamon contains only trace amounts thereof.

The objective of the research study was to assess the quality of cinnamon marketed in Poland using HPLC method. There were analysed twenty-six commercial samples in the form of powder (n = 19), sticks (n = 6) and bark (n = 1) in order to determine the contents of coumarin and cinnamaldehyde therein. Among them 73 % had no information of their botanical origin shown on their labels (they were marked with the “unknown origin” indication). The samples labelled as *Cinnamomum verum* (n = 6) or *Cinnamomum cassia* (n = 1) were used as reference samples. The samples of unknown origin were characterised by the highest content of coumarin (2.3 ÷ 7.7 mg/g) and the *C. verum* and *C. cassia* samples by the lowest content thereof (up to 0.08 mg/g). The cinnamaldehyde content was 38.7 mg/g – *C. cassia*, 19 mg/g – species of unknown origin and 9 mg/g - *C. verum*. The cinnamaldehyde-to-coumarin content ratio was highly differentiated. In the case of the samples with unknown origin that ratio was below 10, and the reference samples were characterised by a ratio 157 ÷ 680. It was proved, that on the Polish market it was Cassia cinnamon, that was predominantly marketed as a low-cost spice with no producer’s declaration of its botanical origin.

**Key words:** *Cinnamomum*, coumarin, cinnamaldehyde, HPLC analysis, verification of origin

---

*Mgr inż. P. Sowa, dr inż. M. Tarapatskyy, prof. dr hab. inż. Cz. Puchalski, Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Żelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, dr hab. inż. M. Dżugan, prof. UR, Zakład Chemii i Toksykologii Żywności, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 1A, 35-601 Rzeszów. Kontakt: psowa@ur.edu.pl*

## Introduction

Cinnamon is one of the oldest spices used in the food, pharmaceutical and cosmetic industries [2]. Its name is derived from the Greek words meaning sweet wood; it is obtained from a dried bark of the cinnamon tree (*Cinnamomum*) belonging to the *Lauraceae* family [5]. The *Cinnamomum* genus consists of 250 species, but only some of them are used for commercial purposes. There are two main varieties of cinnamon available on the European market – Ceylon and Cassia cinnamon. The Ceylon cinnamon, also known as „true cinnamon”, is obtained from *Cinnamomum verum* J.Pres (syn. *Cinnamomum zeylanicum* Ness) cultivated in Sri Lanka, Madagascar and Southern India. Cassia cinnamon has many different botanical sources: Chinese cinnamon is a bark of *Cinnamomum cassia* Blume (syn. *Cinnamomum aromaticum* Ness), which is grown in China, Myanmar and Vietnam; the Indonesian cinnamon (korintje) *Cinnamomum burmannii* Blume originates mainly from Indonesia and Sumatra; and Vietnamese cinnamon (or Saigon cinnamon) from *Cinnamomum loureirii* Nees., mainly from the northern regions of Vietnam and southern China [2, 5, 10, 14]. Cassia cinnamon is cheaper than Ceylon cinnamon and therefore more available on the European market. In addition many producers do not provide information about the botanical origin of those spices [1, 12].

Cassia cinnamon differs from Ceylon cinnamon in the taste, smell, appearance of sticks and most importantly in their chemical composition, predominantly in the content of coumarin [2]. Cassia cinnamon contains up to 10.6 % of coumarin, whereas Ceylon cinnamon only trace amounts thereof [1]. Coumarin (1-benzopyran-2-one) is a compound showing various effects. It is used in the prophylaxis and treatment of lymphedema and chronic venous disease (CVD); it exhibits anti-inflammatory, antithrombotic, sedative and spasmolytic activity [13, 16]. It has been reported that this compound can inhibit lipid peroxidation, lipoxygenase activity and prevent the chemically generated oxidative stress; also it inhibits the proliferation of many cell lines, e.g., malignant prostate cancer (DU145, LNCaP) and kidney cancer (786-O, A-498) [8, 9]. However for some people with a low cytochrome CYP2A6 activity, it can be hepatotoxic [12]. Laboratory tests on rodents have shown that coumarin could have a genotoxic and carcinogenic activity; it has caused liver tumours in rats and mice and lung tumours in mice. Yet, such activity was not confirmed on the human organism [4].

The European Food Safety Authority (EFSA) and German Institute for Risk Assessment (BfR) have set a Tolerable Daily Intake (TDI) level of 0.1 mg coumarin per one kg of body weight [17]. Moreover, the European Parliament and Council have set the maximum level of 2 mg/kg of this compound in food except for cinnamon-containing, traditional and/or seasonal baked goods with a reference to cinnamon on their labelling, chewing gums (50 mg/kg), breakfast cereals including muesli (20 mg/kg), other fine baked goods (15 mg/kg), alcoholic beverages and special cara-

mels (10 mg/kg), and other desserts (5 mg/kg) [3]. There is no legal regulation regarding the coumarin content in cinnamon [12].

Next to coumarin, cinnamaldehyde is another biologically active compound found in cinnamon; it gives the cinnamon its flavour, aroma and some pro-health properties [5]. It exhibits antifungal, antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and antipyretic activity [6]. Cinnamaldehyde can inhibit the growth of eggs and adults of human head lice (*Pediculus humanus capitis*) as well as yeasts and dermatophytes [2]. This substance can be used in the prevention and treatment of diabetes, because it regulates the metabolism of glucose and lipids in the blood and it increases insulin sensitivity [5]. It also inhibits the proliferation of various types of human cancer cells including hepatocellular carcinoma PLC/PRF/5 and HepG2 [11].

The objective of the research study was to evaluate the quality of commercial cinnamon available on the Polish market.

### Material and methods

Commercial samples of cinnamon powder (n = 15) and cinnamon sticks (n = 4) with the indication of unknown botanical origin were purchased in supermarkets localized in southeast Poland. The samples were delivered by various distributors; only in the case of 37 % of all the samples the country of origin was specified (India, Indonesia and Vietnam). The reference samples consisted of powder (n = 4) and sticks (n = 2) samples of Ceylon cinnamon from Sri Lanka and Madagascar, and of bark of Chinese cinnamon from China (n = 1); they were purchased in a special health food store. The details about the cinnamon samples under analysis are shown in Tab. 1.

Coumarin (> 99 %), cinnamaldehyde (99 %), methanol, acetonitrile, ethanol (98 %) and orthophosphoric acid were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, USA). All the solvents used were of a HPLC grade. The ultrapure water was prepared using HLP 5 deionizer (Hydrolab, Poland).

The cinnamon sticks were ground in a laboratory mill (IKA A11, Germany) to produce a fine drug powder. A 2 g sample of ground cinnamon was extracted for 30 min with a 20 ml of 50 % (v/v) ethanol solution using an ultrasound-assisted method (560 W, 40 kHz; U-504 Ultron, Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o, Łódź, Poland). Then the extracts were centrifuged at  $1250 \times g$  (MPW 315R, Med. Instruments, Warszawa, Poland) for 10 min. Prior to injection, the supernatant was filtered through a nylon filter (0.20  $\mu\text{m}$ ). Each sample was prepared in duplicate.

The chromatographic separation was carried out using Young Lin YL 9100 HPLC chromatograph with UV-VIS detector YL9120 (YL Instrument Co., Ltd., Korea). There was used a  $4.6 \times 250$  mm, 2.5  $\mu\text{m}$  Cosmosil C18 MSII column that was thermostated at 40 °C. The mobile phase consisted of water with orthophosphoric acid 0.01 % v/v (phase A), methanol (phase B) and acetonitrile (phase C). A gradient elution at

a constant flow rate of 0.7 ml/min was used according to the following program: 80 % A, 5 % B, 15 % C (10 min); then it was changed to 65 % A, 20 % B, 15 % (20 min) and for the next 20 min it returned to the initial conditions. The chromatograms were recorded at 280 nm and the injection volume was 20  $\mu$ l.

Calibration curves were performed by an external standard method using a standard substance at six different concentrations ranging from 0.01 to 10  $\mu$ g/ml. The standards were dissolved in the same solvent, which was used for the extraction of samples (50 % v/v ethanol solution). The dilution curves showed good linearity ( $r^2 \geq 0.9997$ ). The limit of detection (LOD) and the limit of quantification (LOQ) were determined according to a method as described by Solaiman and Al-Zehouri [14]. The calculated LOD and LOQ were, respectively, 0.05  $\mu$ g/ml and 0.08  $\mu$ g/ml for coumarin, and 0.02  $\mu$ g/ml and 0.06  $\mu$ g/ml for cinnamaldehyde. The analysis repeatability was determined by a triple injection of each cinnamon sample. The relative standard deviations (RSD) were below 1 %. The peak area and retention time-based injection repeatability were the measurements by the RSD of three injections of the same standard solutions. The measurements were conducted on the three consecutive days to check an interday variation of precision. The RSD obtained for the peak area stability was less than 0.4 % and 1.2 % in the intraday and interday measurements, respectively. The RSD for the retention time stability was lower than 0.2 % for the two measurements. This meant that the method developed was suitable for the quantification of the substances chosen. The recovery was investigated by spiking the commercial sample of cinnamon (with a known amount of standards) at the three concentration levels (1.5 mg, 3.0 mg, 6 mg of coumarin, and 6.5 mg, 13 mg and 26 mg of cinnamaldehyde). The recovery values ranged from 90 to 98 %.

The experimental designs and calculations were performed using a StatSoft Statistica 13.0 software (StatSoft, Inc., Tulsa, OK). The results were presented as the mean values with standard deviations (SD). The samples were classified using a Cluster Analysis (CA) and the differences between the groups were calculated by a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a Duncan test ( $p < 0.05$ ). The correlation between the content of the compounds analysed was determined using a Pearson's correlation test.

Table 1. Content of coumarin and cinnamaldehyde in cinnamon available on Polish market  
Tabela 1. Zawartość kumaryny i aldehydu cynamonowego w cynamonie dostępnym na polskim rynku

Sample Próbka	Form Forma	Botanical origin Pochodzenie botaniczne	Country of origin Kraj pochodzenia	Coumarin Kumaryna [mg/g]	Cinnamaldehyde Aldehyd cynamonowy [mg/g]	Cinnamaldehyde to coumarin ratio Stosunek zawartości aldehydu cynamonowego do kumaryny
C1	powder proszek	unknown nieznane	Indonesia Indonezja	2.27 ± 0.04	21.93 ± 0.07	9.66
C2	powder proszek	unknown nieznane	Indonesia / Vietnam Indonezja / Wietnam	2.74 ± 0.02	13.54 ± 0.04	4.94
C3	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	3.57 ± 0.04	15.52 ± 0.11	4.35
C4	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	3.04 ± 0.01	15.89 ± 0.03	5.23
C5	powder proszek	unknown nieznane	Indonesia / Vietnam Indonezja / Wietnam	2.33 ± 0.01	21.20 ± 0.60	9.10
C6	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	4.58 ± 0.02	17.89 ± 0.09	3.91
C7	powder proszek	unknown nieznane	Indonesia Indonezja	7.67 ± 0.01	19.00 ± 0.07	2.48
C8	powder proszek	unknown nieznane	India Indie	2.57 ± 0.04	16.55 ± 0.11	6.44
C9	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	7.01 ± 0.05	15.40 ± 0.11	2.20
C10	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	4.40 ± 0.02	24.02 ± 0.13	5.46
C11	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	5.32 ± 0.04	18.54 ± 0.12	3.48
C12	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	3.38 ± 0.03	19.42 ± 0.15	5.75

C13	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	6.45 ± 0.01	17.22 ± 0.06	2.67
C14	powder proszek	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	3.19 ± 0.02	20.34 ± 0.15	6.38
C15	powder proszek	unknown nieznane	unspecific nieokreślony	2.66 ± 0.02	13.48 ± 0.29	5.07
C16	sticks laski	unknown nieznane	India Indie	8.70 ± 0.03	17.07 ± 0.14	1.96
C17	sticks laski	unknown nieznane	Indonesia Indonezja	2.36 ± 0.01	20.22 ± 0.17	8.57
C18	sticks laski	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	3.07 ± 0.01	18.70 ± 0.06	6.09
C19	sticks laski	unknown nieznane	unspecified nieokreślony	3.28 ± 0.02	19.72 ± 0.08	6.01
C20	powder proszek	Ceylon cejloński	Sri Lanka	0.041 ± 0.00	7.49 ± 0.02	182.68
C21	powder proszek	Ceylon cejloński	Madagascar Madagaskar	0.015 ± 0.00	6.46 ± 0.01	430.67
C22	powder proszek	Ceylon cejloński	Sri Lanka	< LOQ	5.89 ± 0.01	-
C23	powder proszek	Ceylon cejloński	Madagascar Madagaskar	< LOQ	8.82 ± 0.04	-
C24	sticks laski	Ceylon cejlońskie	Sri Lanka	0.083 ± 0.00	13.11 ± 0.06	157.95
C25	sticks laski	Ceylon cejlońskie	Sri Lanka	0.016 ± 0.00	10.89 ± 0.09	680.63
C26	bark kora	cassia kasja	China Chiny	0.066 ± 0.01	38.74 ± 0.19	586.97

Explanatory notes / objaśnienia:

Table shows mean values ± standard deviations / W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe.



## Results and discussion

The contents of coumarin and cinnamaldehyde were determined by the HPLC method. The chromatograms were generated and the peaks of coumarin and cinnamaldehyde were identified based on the corresponding retention time at 20.3 and 39.4 min, respectively (Fig. 1). The coumarin content obtained for each group was presented in Tab. 1. Coumarin was detected in all of the commercial samples excluding two samples of Ceylon cinnamon. The amount of this compound in cinnamon with the unknown botanical origin ranged from 2.27 to 7.67 mg/g in the powder samples and from 2.36 to 8.7 mg/g in the stick samples. Important was that the three samples of the commercial cinnamon sticks with the unknown botanical origin exhibited a very similar value and only in one sample the content of this compound was three times the above indicated amount.

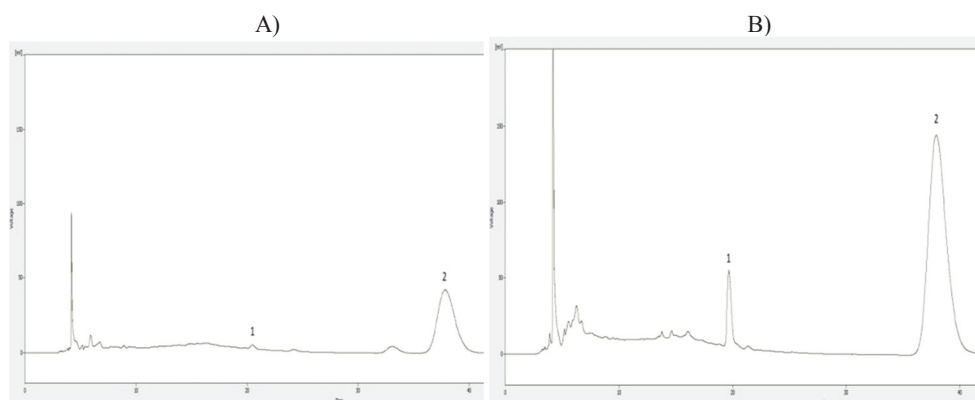


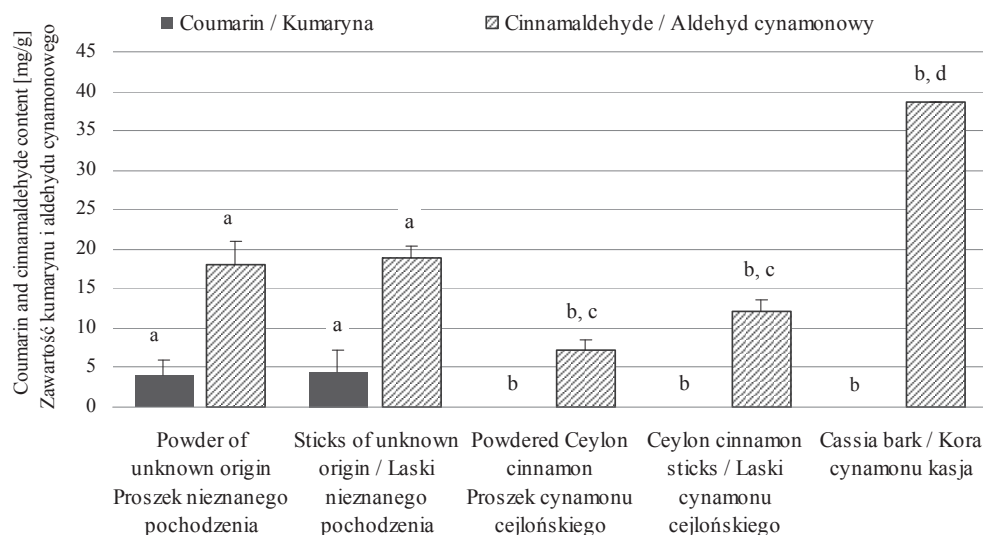
Fig. 1. Chromatograms of Ceylon cinnamon (A) and of cinnamon with unspecified botanical origin (B)  
Rys. 1. Chromatogramy cynamonu cejlońskiego (A) i cynamonu bez określonego pochodzenia botanicznego (B)

The findings of other scientists confirm that the commercial cinnamon highly varies in terms of the coumarin content. Blavova and Svobodova [2] found coumarin in the commercial cinnamon available on Czech market to be on a comparable level that ranged from 2.65 to 7.02 mg/g. Similarly Lungarini et al. [12], who focused on the Italian market, found highly differentiated concentrations of this compound – from 3 to 4.44 mg/g. In the ground cinnamon samples available on the USA market the coumarin content ranged between 2.00 and 6.19 mg/g [17]. In turn, in the samples purchased from retail shops in South India the content of this substance was between 0.82 and 3.46 mg/kg [1]. Sproll et al. [15] and Woehrlin et. al [18] also reported a large diversity

in the content of coumarin in cinnamon available on the German market – from below the detection limit to even 8.79 mg/g and 9.90 mg/g of coumarin, respectively.

In the authors' own study the powdered and stick samples of Ceylon cinnamon (*Cinnamomum verum*) contained on average 0.05 and 0.014 mg/g of coumarin, respectively. This is consistent with the findings of Ananthakrishnan et al. [1], who determined a much lower amount of coumarin in *C. verum* – from below the detection limit to 0.14 mg/g [1]. A small amount (0.066 mg/g) of coumarin was also detected in the bark of Chinese Cassia cinnamon (*C. aromaticum*). This product could be undesirable for customers owing to its bark form, however after grinding it tastes and smells like the commercial cinnamon available on the retail market. In the samples of original *C. cassia* barks He et al. [6] found a coumarin level that ranged between 0.04 and 0.85 mg/g, whereas Wang et al. [17] determined the level of this compound to be 0.31 mg/g in a true sample and 0.17 mg/g, on average, in the commercial cinnamon barks.

Similarly to the content of coumarin, the content of cinnamaldehyde also varied depending on the botanical and geographical origin of the cinnamon samples (Tab. 1). However, the content of this substance was not correlated with the coumarin level (Pearson's coefficient value 0.233). In the commercial cinnamon powder of the unknown cinnamon species its level ranged between 13.48 and 24.02 mg/g, whereas in the sticks it ranged between 17.07 and 20.22 mg/g (Fig. 1). As regards Ceylon cinnamon, that compound was identified at a lower level, i.e. it ranged from 5.89 to 8.82 mg/g in the powdered cinnamon and it was ca. 12 mg/g in the sticks, respectively. A much higher amount of that compound was reported in the bark of Chinese Cassia cinnamon – 38.74 mg/g. The authors' own results were similar to the findings of other researchers. He et al. [6] suggested that the content of cinnamaldehyde could be applied to differentiate *C. cassia* from other species. In their study, the true *C. cassia* contained from 13.05 to 48.29 mg/g of cinnamaldehyde. If compared with other species (*C. wilsonii*, *C. japonicum*, *C. burmannii* and *C. mairei*), the level of this particular compound was below 10 mg/g. According to the information available in the Chinese pharmacopoeia, a quality cortex cinnamon should not contain less than 10 mg/g [6]. Quite different results were obtained by Wang et al. [17]; they determined the highest content of cinnamaldehyde in *C. burmannii* (12.4 ÷ 63.8 mg/g) and *C. loureiroi* (55.8 ÷ 76.1 mg/g). Wang et al. found a relatively lower amount thereof; its average content value was 11.24 mg/g in *C. verum* and 18.45 mg/g in the *C. cassia* barks. As regards the cinnamon available on the Italian market, high variations were reported in the contents of cinnamaldehyde [12]. Additionally, compared to the commercial samples, a lower amount of cinnamaldehyde in the true *C. verum* was found by Ananthakrishnan et al. [1]. Average content values of coumarin and cinnamaldehyde for each group of the product analysed are shown in Fig. 2.



Explanatory notes / objaśnienia:

Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments) / Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków); a - d – mean values denoted by different letters differ statistically significantly between groups of tested products tested ( $p < 0.05$ ) / wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie pomiędzy grupami badanych produktów ( $p < 0,05$ ).

Fig. 2. Content of coumarin and cinnamaldehyde in cinnamon available on Polish market

Rys. 2. Zawartość kumaryny i aldehydu cynamonowego w cynamonie dostępnym na polskim rynku

In order to find similarities among the samples analysed and to classify them, a Cluster Analysis (CA) was carried out. In the cluster scheme the samples were divided into three different groups (Fig. 3). The longest linkage distance was reported in the case of Cassia cinnamon bark (C26 sample, the bond distance to other groups was 2.7). The linkage distance among the cinnamon samples with the unspecified botanical origin and the Ceylon cinnamon samples was 1.03. Within the group studied, it was 0.7 as for the samples with the unspecified origin of cinnamon (C1 - C10 samples) and 0.3 as for the Ceylon cinnamon samples (C20 - C24 samples). Also, it was shown that the cinnamon with the unspecified botanical origin varied as regards the parameters tested.

Following the idea of Wang et al. [17] of using cinnamaldehyde-to-coumarin content ratio to differentiate the *Cinnamomum* species, the values were determined of this indicator for the groups classified by CA method (Tab. 2). A remarkable difference was reported between the ratios of cinnamaldehyde-to-coumarin content: below 10 as for the unknown samples, between 157 and 680 as for *C. verum* and 569 as for *C. cassia*.

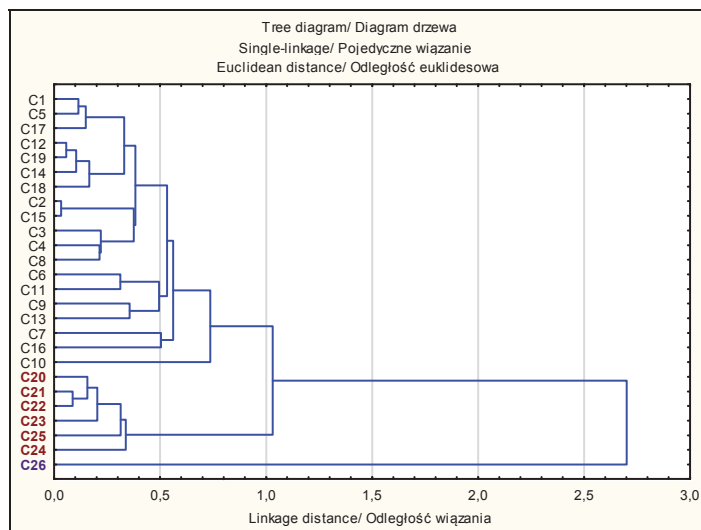


Fig. 3. Classification of cinnamon samples available on Polish market on the basis of Cluster Analysis that covers content of coumarin and of cinnamaldehyde

Rys. 3. Klasyfikacja próbek cynamonu dostępnego na polskim rynku na podstawie analizy skupień obejmującej zawartość kumaryny i aldehydu cynamonowego

Table 2. Separated groups of cinnamon available on Polish market on the basis of results of Cluster Analysis including computed cinnamaldehyde-to-coumarin content ratio

Tabela 2. Wyodrębnione grupy cynamonu dostępnego na polskim rynku na podstawie wyników analizy skupień wraz z obliczonym stosunkiem zawartości aldehydu cynamonowego do kumaryny

Group Grupa	Sample Próbka	Statistical measure Miara statystyczna	Coumarin Kumaryna [mg/g]	Cinnamaldehyde Aldehyd cynamonowy [mg/g]	Cinnamaldehyde vs. coumarin Aldehyd cynamonowy vs. kumaryna
G1	C26	$\bar{X} \pm SD$	$0.07^a \pm 0.01$	$38.74^a \pm 0.19$	$568.97^a \pm 0.00$
G2	C20 - C25	$x_{\min} - x_{\max}$ $\bar{X} \pm SD$	< LOQ - 0.08 $0.03^a \pm 0.03$	5.89 - 13.11 $8.78^b \pm 2.78$	157 - 680 $362.98^b \pm 244.97$
G3	C1 - C19	$x_{\min} - x_{\max}$ $\bar{X} \pm SD$	2.27 - 8.70 $4.41^b \pm 1.97$	13.48 - 24.02 $18.19^c \pm 2.78$	1.96 - 9.66 $5.25^c \pm 2.23$

Explanatory notes / objaśnienia:

$\bar{X}$  – mean value / wartość średnia; SD – standard deviation / odchylenie standardowe; a, b, c – mean values denoted by different letters differ statistically significantly among groups ( $p < 0.05$ ) / wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie pomiędzy grupami ( $p < 0,05$ ).

In most cases in Poland the type and origin of cinnamon are not labelled on the spice package. It is supposed that the commercial cinnamon samples studied are probably *C. burmannii* and *C. loureiroi*; this statement is based on the analysis of the data

received, the comparison of those data with the data reported in other studies, and also on the information of the country of origin (mainly from Indonesia and Vietnam). Considering that the commercial samples contain a significant amount of coumarin, its high consumption could be harmful for the human organism since it exceeds the TDI level. However Iwata et al. [7] studied the correlation between hepatotoxicity and the coumarin intake from Kampo medicines (traditional Japanese medicine containing a cinnamon bark) and they concluded that coumarin contained in those medicines, even if it exceeded the TDI value, was not correlated with hepatotoxicity.

### Conclusions

1. The results obtained proved a high variation in coumarin and cinnamaldehyde contents in the cinnamon available on the Polish market.
2. The highest content of coumarin was reported in the samples without the specified botanical origin of the spice tested; it was much higher than that as reported in the Ceylon cinnamon used as reference. Simultaneously, the samples studied were richer in cinnamaldehyde.
3. Based on the cinnamaldehyde-to-coumarin content ratio it was found that on the Polish market mainly the low-cost cassia cinnamon is available and its botanical and geographical origin is unspecified.

### Acknowledgements

The research was funded from project under the Minister of Science and Higher Education programme “Regionalna Inicjatywa Doskonałości” for the years 2019 - 2022, project no. 026/RID/2018/19, funding amount PLN 9 542 500.00.

### References

- [1] Ananthkrishnan R., Chandra P., Kumar B., Rameshkumar K.B.: Quantification of coumarin and related phenolics in cinnamon samples from south India using UHPLC-ESI-QqQ<sub>LIT</sub>-MS/MS method. *Int. J. Food Prop.*, 2018, 21 (1), 50-57.
- [2] Blahova J., Svobodova Z.: Assesment of coumarin levels in ground cinnamon available in the Czech retail market. *Sci. World J.*, 2012, #263851. DOI: 10.1100/2012/263851.
- [3] Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) No 1601/91, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC. *O. J. L* 354, pp. 34-50, of 31.12.2008.
- [4] Felter S.P., Vassallo J.D., Carlton B.D., Daston G.P.: A safety assessment of coumarin into account species-specificity of toxicokinetics. *Food Chem. Toxicol.*, 2006, 44, 462-475.
- [5] Hamidpour R., Hamidpour M., Hamidpour S., Shahlari M.: Cinnamon from the selection of traditional applications to its novel effects on the inhibition of angiogenesis in cancer cells and prevention of Alzheimer's disease, and a series of functions such as antioxidant, anticholesterol, antidiabe-

- tes, antibacterial, antifungal, nematocidal, acaricidal, and repellent activities. *J. Tradit. Complement. Med.*, 2015, 5(2), 66-70.
- [6] He Z.D., Qiao C.F., Han Q.B., Chieng C.L., Xu H.X., Jiang R.W., But P.H., Shaw P.C.: Authentication and quantitative analysis on the chemical profile of cassia bark (cortex cinnamomi) by high-pressure liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53(7), 2424-2428.
- [7] Iwata N., Kainuma M., Kobayashi D., Kubota T., Sugawara N., Uchida A., Ozono S., Yamamuro Y., Furusyo N., Ueda K., Tahara E., Schimazoe T.: The relation between hepatotoxicity and the total coumarin intake from traditional Japanese medicines containing cinnamon bark. *Front. Pharmacol.*, 2016. DOI: 10.3389/fphar.2016.00174.
- [8] Khan N., Sharma S., Sultana S.: Amelioration of ferric nitrilotriacetate (Fe-NTA) induced renal oxidative stress and tumor promotion response by coumarin (1,2-benzopyrone) in Wistar rats. *Cancer Lett.*, 2004, 210 (1), 17-26.
- [9] Kubrak K., Podgórski R., Stompor M.: Natural and synthetic coumarins and their pharmacological activity. *Eur. J. Clin. Exp. Med.*, 2017, 15 (2), 169-175.
- [10] Li R., Wang Y., Jiang Z., Jiang S.: Chemical composition of the essential oils of *Cinnamomum loureirii* Nees. from China obtained by hydrodistillation and microwave-assisted hydrodistillation. *J. Essent. Oil Res.*, 2010, 22, 129-131.
- [11] Lin L.T., Wu S.J., Lin C.C.: The anticancer properties and apoptosis-inducing mechanisms of cinnamaldehyde and the herbal prescription Huáng Lián Jiě Dú Tang in human hepatoma cells. *J. Tradit. Complement. Med.*, 2013, 3(4), 227-233.
- [12] Lungarini S., Aureli F., Coni E.: Coumarin and cinnamaldehyde in cinnamon marketed in Italy: A natural chemical hazard? *Food Addit. Contam. Part A*, 2008, 25 (11), 1297-1305.
- [13] Perrin M., Ramelet A.A.: Pharmacological treatment of primary chronic venous disease: Rationale, results and unanswered questions. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.*, 2011, 41 (1), 117-125.
- [14] Solaiman R., Al-Zehouri J.: Determination of coumarin in methanol extract of cinnamon (*Cinnamomum cassia* Blume) using reversed-phase high liquid chromatography. *J. Pharmacogn. Phytochem.*, 2017, 6(4), 726-729.
- [15] Sproll C., Winfried R., Andlauer C., Godelmann R., Lachenmeier D.W.: HPLC analysis and safety assessment of coumarin in foods. *Food Chem.*, 2008, 109, 462-469.
- [16] Venugopala K.N., Rashmi V., Odhav B.: Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *Biomed Res. Int.*, 2013, #963248. DOI: 10.1155/2013/963248.
- [17] Wang Y.H., Avula B., Nanayakkara N.P., Zhao J., Khan I.A.: Cassia cinnamon as a source of coumarin in cinnamon-flavored food and food supplements in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, 2013, 61(18), 4470-4476.
- [18] Woehrlin F., Fry H., Abraham K., Preiss-Weigert A.: Quantification of flavouring constituents in cinnamon: High variation of coumarin in cassia bark from the German retail market and in authentic samples from Indonesia. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, 58, 10568-10575.
- [19] Zhu R., Liu H., Liu C., Wang L., Ma R., Chen B., Li L., Niu J., Fu M., Zhang D., Gao S.: Cinnamaldehyde in diabetes: A review of pharmacology pharmacokinetics and safety. *Pharmacol. Res.*, 2017, 122, 78-89.

**OCENA JAKOŚCI CYNAMONU DOSTĘPNEGO NA POLSKIM RYNKU NA PODSTAWIE  
OKREŚLENIA STOSUNKU ZAWARTOŚCI ALDEHYDU CYNAMONOWEGO I KUMARYNY****Streszczenie**

Na europejskim rynku dostępne są głównie dwie odmiany cynamonu – cynamon cejloński i kasja. Cynamon kasja różni się od cynamonu cejlońskiego pod względem smaku, zapachu, postaci, a przede wszystkim zawartości kumaryny. Kasja zawiera nawet do 10,6 % tego związku, podczas gdy cynamon cejloński jedynie śladowe jego ilości.

Celem pracy była ocena jakości cynamonu dostępnego na polskim rynku przy użyciu metody HPLC. Dwadzieścia sześć próbek komercyjnego cynamonu w postaci proszku ( $n = 19$ ), lasek ( $n = 6$ ) i kory ( $n = 1$ ) analizowano pod względem zawartości kumaryny i aldehydu cynamonowego. Spośród analizowanych próbek cynamonu 73 % nie zawierało na etykiecie informacji dotyczącej pochodzenia botanicznego (określone jako „nieznane”). Próbki oznaczone na etykiecie jako *Cinnamomum verum* ( $n = 6$ ) oraz *Cinnamomum cassia* ( $n = 1$ ) użyto jako próbek odniesienia. Największą zawartością kumaryny ( $2,3 \div 7,7$  mg/g) cechowały się próbki o nieznanym pochodzeniu, najmniejszą zaś próbki *C. verum* oraz *C. cassia* (do 0,08 mg/g). Zawartość aldehydu cynamonowego wyniosła 38,7 mg/g – *C. cassia*, 19 mg/g – „nieznane” i 9 mg/g – *C. verum*. Stosunek zawartości aldehydu cynamonowego do zawartości kumaryny był bardzo zróżnicowany. W przypadku próbek o niezidentyfikowanym pochodzeniu wyniósł on poniżej 10, natomiast próbki odniesienia charakteryzowały się stosunkiem  $157 \div 680$ . Wykazano, że na polskim rynku w większości sprzedawany jest cynamon kasja – jako tania przyprawa bez deklaracji producenta o pochodzeniu botanicznym.

**Słowa kluczowe:** cynamon, kumaryna, aldehyd cynamonowy, analiza HPLC, weryfikacja pochodzenia ☒

WACŁAW ADAMCZYK

## THE ROLE OF ECO-INNOVATIONS IN DEVELOPING SUSTAINABLE PRODUCTS

### S u m m a r y

A characteristic feature that is directly or indirectly related to a quality of sustainable product originating from eco-innovation are the relationships with customers, which consist in meeting their needs and expectancies. However, those customer needs and expectancies are not always consistent with the concept of sustainable development. The customer is a very important link in performing the “customer to customer” quality management process for he is a source of information and a recipient of market offers. However, due to their potential and creativity, designers and constructors are those, who finally play a significant role in developing the quality of sustainable product.

The objective of the research study was analysis of the context of sustainable product in the light of the theory of quality management and sustainable development, competitive role of eco-innovations and consumer perception. Based on the reference literature analysis, a thesis has been formulated that the diffusion of eco-innovations is a stimulus to developing a sustainable product. Eco-innovations are perceived by manufacturers as a source of gaining a competitive advantage. On the basis of surveys of the manufacturers of food and electronic equipment, there were established the competitiveness determinants for product eco-innovations. Also, customer surveys were conducted to identify the most common sources of information about eco-innovations. It has been shown that descriptive characteristics of food products and the designation of energy classes for electronic products can be included into those sources.

**Key words:** eco-innovations, diffusion models, sustainable product, quality

### Introduction

In global economic competition, innovation issues play an utmost role. In order to implement the concept of sustainable development and circular economy, it is insufficient to meet customer needs declared as the main objective of activities and a product quality attribute. The quality context can be identified in any fields of science. Economic and technology disciplines play a leading role. Being the subject matter of many

---

*Prof. dr hab. W. Adamczyk, Katedra Technologii i Ekologii Wytrobów, Instytut Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków.  
Kontakt: waclaw.adamczyk@uek.krakow.pl*



science disciplines, the quality of sustainable objects has a complex and multidimensional nature.

The starting point for understanding the term "sustainable product" is the analysis of quality categories in the context of sustainable development guidelines. In the reference literature there are many definitions of quality; they represent a differentiated perspective on the quality – product-man relationships. Garvin [9] presented seven perspectives on those relationships including: transcendent (general), strategic, multidimensional, user-based, manufacturing-based, product-based and value-based.

There are a number of examples of analyses of those definitions in the scientific literature. The quality context can be identified in any field of science and practice, thus at high differentiation and plurality of test objects quality items have a multidimensional nature.

When analysing the context of quality definition both from the manufacturer's and the customer's point of view, it is easy to find the recurring designates:

- quality is the ability to satisfy needs,
- quality is a value,
- quality is a set of characteristics.

Combining those designates leads to the conclusion that, due to a set of characteristics quality is the ability to meet needs through deciding on its value. The definition featured in PN-EN ISO 9001:2015-10 [19] states that the quality of products and services provided by an organisation is determined by its ability to meet customer needs and by the intended or unintended effect on stakeholders. Although customer satisfaction, like preferences, is important in the business sense, it is not consistent even with respect to the product itself. Conducted under the competitive conditions, marketing research has an effect on developing the quality function in the whole life cycle of the product from designing to waste disposal. Meeting customer needs under increasing competition and overproduction leads to an increased resource consumption and wastage of raw materials and energy. Meeting customer needs declared as the main objective of activities and a product quality attribute is insufficient for implementing the concept of sustainable development and circular economy. Apart from depletion of non-renewable raw material resources, the manufacturing processes and product uses are the source of environmental losses and harmful emissions. Thus one may conclude that *homo faber* also means *homo profusus*.

### **Sustainable product quality**

In the Genichi Taguchi theory of quality loss there is presented an original approach to quality that is, after modifying the object features, more compliant with the sustainable development guidelines. Generally positively perceived as a value in the Taguchi theory, the quality is connected with a quality loss of products: "quality as the

loss a product causes to society" [22]. When considering the losses related to the use of the energy and raw material resources as well as the ecological consequences of manufacturing processes and product usage in the form of harmful emissions and waste, the Taguchi theory of quality loss is best suited for assumptions of sustainable development in the economic, ecological and social aspects. The loss costs are borne, to some extent, by consumers. According to Belz and Peattie [3, 4], the total cost born by the consumer includes:

- acquisition (price + purchase costs – manufacturing process and transportation losses),
- usage (energy use, maintenance, repairs),
- after use costs (waste management).

Each of those costs includes the costs resulting from the environmental losses.

An important issue is to reduce losses by minimising process variability, while considering that social losses relate not only to manufacturers and consumers but also to other social groups that do not benefit from quality management, but participate in losses by being exposed to harmful emissions and effects of resource depletion. Therefore it is necessary to include ecological properties in the product quality attributes.

While maintaining the principle of satisfying needs, it is possible to determine the condition with a minimal loss for each quality feature during the product development process. To achieve this assumption, Taguchi proposes the use of a loss function that enables to establish the actual state within accepted tolerances of deviance from optimal values [22].

This is the starting point for designing and creating control processes and for the attempts to determine and verify tolerance limits. This is especially complicated in the case, where it is necessary to take into account the state of environment and ecosystem reaction to changes. Assuming the initial state of environment as a background level, each change causes that its value is described by the loss function in the general form:

$$L(x) = K (x - m)^2$$

where:

L – loss,

K – constant that refers to the loss type and tolerance limits,

x – state of the object,

m – target state of the object.

Due to the target value of quality, its attributes can be the maximum, minimum or nominal values and therefore it is important to choose an appropriate function form [2, 11, 15].

It is characteristic of sustainable products and its manufacturing processes, usage and after use disposal to achieve quality attributes that correspond to the target values specified by the sustainable development requirements while minimising variability.

### **Sustainable product development**

Sustainable products feature an optimal environmental impact throughout their entire life cycle. Due to technological and scientific development, and changing consumer preferences, a continuous improvement is required of sustainable products to achieve goals defined in the triad of sustainable development.

To define a loss function in the context of sustainable problem development, it is necessary to consider that the manufacturing process variability is relatively small compared to changes in the conditions, under which the product should fulfil its function. This requires a comprehensive approach to designing and to environmental assessment of the life cycle; here the economic and social aspects should be included by applying a complex methodology chosen individually for the product specifics. The most commonly used methods comprise LCA and LCC as they represent a comprehensive approach to the environmental aspects and life cycle costs of the sustainable products. QFD (Quality Function Deployment) is used to transform the voice of customer into engineering characteristics, and the AHP method supports decision making processes. Those methods allow the structure of product quality attributes to be modelled and simulated in the context of the sustainable product system.

In general, the sustainable product development can be shown as follows:

1. Identifying technological and market realities and determining the level of eco-innovations.
2. Assessing environmental impact of sustainable products with respect to reference products.
3. Modelling and simulations to optimise environmental impacts with other quality attributes.
4. Developing a product concept, while considering enterprise strategy and cost analysis.
5. Testing the test-version to verify the target quality attributes of sustainable products.
6. Technological and marketing development (ecological development).
7. Launching a sustainable product on the market.
8. Analysing the final product life cycle stages and user opinions.

Sustainable marketing plays an especially important role as it is targeted at the market research and at providing manufacturers and designers with necessary information [3]. This enhances a sustainable production. On the other hand addressing the appropriately prepared information to consumers enhances the sustainable and respon-

sible consumption as does the provision of educational activities related to sustainable products to create the consumer ecological imperative. It is easy to notice that sustainable marketing promotes both the manufacturers and the consumers, while embracing social and economic relations. This requires special care of high ethical standards.

The implementation of sustainable development rules in overproduction and competitive conditions is based primarily on innovative activities.

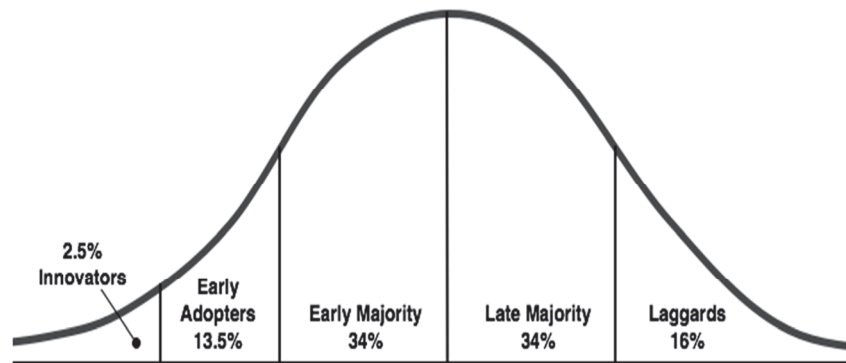
### **Eco-innovation characteristics**

In the twentieth and twenty first centuries the issue of innovation was present in many publications, mainly in the management and technical sciences and it was subject to a gradual evolution. Already in the 1930s Schumpeter [21] deemed innovations to be a driving force of economic growth, while considering innovations as a creative destruction arising from the introduction of a new raw material source, product, manufacturing method or organisational change, or opening a new market. A number of attempts to define innovations undertaken by Whitfield [24], Freeman [8], Drucker [7], Griffin [10], Kotler [14], Rogers [20] preceded the synthetic definition published by OECD [17] and based on the subject criteria [5]. Innovation was simply a new or significantly improved product, process as well as an organisational or marketing method [24].

The increasing importance of environmental issues and their linkages with the economic growth formed into a triad of ecological, economic and social problems is the foundation of sustainable development as a strategic goal of the EU. Within the framework of the Eco-Innovation Action Plan, UE stimulates the eco-innovation by supporting small and medium-sized enterprises in this field [23]. Innovations being a driving force of economic growth must be oriented towards reducing negative environmental impacts compared to those of alternative solutions. While achieving this goal, they become eco-innovations [13]. Thus, the eco-innovations comprise new products, manufacturing methods, resource use procedures, management and servicing methods that reduce the related environmental risks, e.g. resource consumption or harmful emissions throughout the entire life cycle of the product. It should be emphasized that the eco-innovations lead to double externality effects related to sustainable product development, technologies, organisational activities and environmental and social effects. The source of social effects are, in the first place, so called the add-on eco-innovations that include products and services enhancing the ecological awareness of consumers and creating the consumer ecological imperative. In turn, the integrated eco-innovations combine a few eco-innovations of common final effects into an environmentally friendly process and product. The alternative product eco-innovations result in highly reduced environmental impacts of products available on the market. In coincidence with the above mentioned eco-innovations, there are macro-organizational

eco-innovations, i.e. innovative organisational structures promoting effective social life patterns, e.g. sustainable production and consumption. Moreover, the technologies referred to as general purpose eco-innovations play an important indirect role. Drucker highlights the significance of entrepreneurship in the implementation of innovative activities and the multiplication of their effects through innovation diffusion processes [6, 12].

Therefore, the sustainable product development is possible, among other things, by spreading innovations through diffusion processes. Their course is characterised by a model approach developed by Bass and Rogers [quoted after 16]. According to the Rogers' model, there are various categories of customers; some of them seek for novelties and they are the first to purchase innovative products, while other customers prefer proven products (Fig. 1).



Explanatory notes / objaśnienia:

Innovators / Innowatorzy; Early adopters / Wcześni naśladowcy; Early Majority / Wczesna większość; Late Majority / Późna większość; Laggards / Maruderzy.

Fig. 1. Categories of innovation adopters according to Rogers [25]

Rys. 1. Kategorie nabywców innowacji według Rogersa [25]

The Bass' innovation diffusion model describes an increase in the number of innovation adopters by the following equation [18]:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left[ p + q \frac{N(t)}{m} \right] [m - N(t)]$$

here:

$dN(t)/dt$  – increase in the number of innovation adopters,

$m$  – total number of potential and current innovation adopters,

$p$  – coefficient of innovation to indicate the effect of marketing activities on diffusion,

$q$  – coefficient of imitation to indicate the effect of observation and replication of innovations by the users,

$[m - N(t)]$  – number of potential users based on the assumption that the innovation is fully adopted on the market.

The analytical solution of the Bass' model is a bell-shaped curve. Normally, after launching an innovative product on the market, the first group of purchasers inform other customer groups about the product qualities. The condition for diffusion of innovation, and hence the market success, is that  $q$ , the coefficient of imitation, has to be greater than  $p$ , the coefficient of innovation. Also the estimation of the Bass' model parameters is practically applied to forecast sales [1].

### **Perception of eco-innovation by customers and manufacturers**

The sustainable product development requires the research to be performed on the production and consumption and followed by the analysis and synthesis of results to develop a structure of quality attributes necessary in the eco-designing process. An important source of primary information that initiates the sustainable product development process is the perception of eco-innovations by customers and manufacturers. For the manufacturers, it is important to perceive eco-innovations as a source of competitive advantage. The producers should specify, which eco-innovations accompanying factors of competitiveness they prefer.

To evaluate the competitiveness impacting effect of eco-innovations, a survey was conducted among the managers of large and medium-sized industrial enterprises ( $n = 86$ ). The implemented eco-innovations were indicated as a competition determinant by 49 companies, i.e. by 56.9 % of all the respondents. The remaining 37 enterprises indicated the following barriers to the eco-innovation implementation:

- cost and lack of financial means (86.48 %),
- lack of knowledge about the market reaction (81 %),
- lack of management engagement in innovative activities (70.27 %).

Next, there were surveyed the companies, which indicated the eco-innovations as a competition determinant ( $n = 49$ ). The respondents believed that the following key factors determined the competitiveness of enterprises under investigation:

- positive relations with customers (74 %),
- prices (69.38 %),
- product quality (61.22 %).

To determine the source of eco-innovation perception by customers, a survey was conducted on the intentionally selected customer group ( $n = 136$ ). The customers in commercial chains purchased industrial products (electrical and electronic equipment) and the basic food products. The respondents were city residents aged 25 to 45, with secondary or tertiary education.

The survey results indicated that the eco-innovation perception was declared by the purchasers of electrical and electronic equipment through:

- energy efficiency class (84.5 %),
- ecological labels (37.5 %),
- knowledge about the ecological properties of products (36.7 %),
- manufacturer's declarations (29.4 %).

The food purchasers declared that the eco-innovation was perceived through:

- product description (89.2 %),
- knowledge about the ecological properties of products (52.1 %),
- energy value (48.3 %),
- eco-labels (21.4 %).

In the case of the industrial products, special attention was paid to the energy efficiency class assigned to the product eco-innovation that also had an economic context related to lower operating costs.

In the case of the food products, it was easy to find that the product description was the most significant factor in perceiving the eco-innovations. A relatively high position of the knowledge about the food products resulted from the current trends in healthy nutrition and food. Also a greater significance was assigned to the knowledge about the properties of food products. This could be associated with the common knowledge about the traditional food products, which made a specific comeback in a new marketing form of the ecological innovations.

As for the industrial products, to a lesser extent the respondents pointed out the ecological properties of the product as a source of knowledge about the eco-innovation; in their opinions the reason thereof was the dynamic development and the need to have specialized knowledge of how to consciously perceive changes in the products.

The energy value of the food products was linked with the eco-innovations by 48.3 % of the respondents. This factor might be the maximum or minimum value depending on the function the food product fulfilled in the purchaser's dietary pattern. The results showed that the eco-labels on the food products enjoyed little popularity (21.4 %) compared to the typical labelling of the industrial products.

## Conclusions

1. The results obtained indicate that the implementation of eco-innovations, the basis of sustainable product development, is of utmost significance for improving the competitiveness of the enterprise through positive relations with customers as are the product price and quality.
2. In the opinions of the companies surveyed the lack of implementation of eco-innovations results from the lack of financial means, lack of knowledge about sustainable products and the lack of engagement in innovative activities.

3. The principal conclusion resulting from the research carried out is that for the customers the source of knowledge about eco-innovations depends primarily on the kind of product. However the results indicate that the lack of financial means is the main barrier to the eco-innovation implementation. A passive approach to eco-innovations emphasizes this barrier.

#### *Acknowledgements*

*Praca została sfinansowana ze środków przyznanych przez MNiSzW na utrzymanie potencjału badawczego Wydziału Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.*

#### **References**

- [1] Bartłomowicz T.: Prognozowanie sprzedaży z wykorzystaniem modelu dyfuzji oraz programu R. *Ekonometria*, 2012, 4 (38), 210-220.
- [2] Belavendram N.: *Quality by Design*. Prentice Hall, London 1995.
- [3] Belz F.M., Peattie K.: Sustainability marketing – An innovative conception of marketing. *Marketing Rev.* St. Gallen, 2010, 27, 8-15.
- [4] Belz F.M., Peattie K.: *Sustainability marketing: A Global Perspective*. Wiley and Sons, Chichester 2009, pp. 149-243.
- [5] Carrillo-Hermosilla J., del Rio P., Könnölä T.: Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *J. Cleaner Prod.*, 2010, 18 (10-11), 1073-1083.
- [6] Drucker P.: *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady*. PWE, Warszawa 1992, s. 271.
- [7] Drucker P.: *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*. HarperBusiness, New York City 1993.
- [8] Freeman Ch.: *The Economics of Industrial Innovation*. Pinter, London 1982, p. 57.
- [9] Garvin D.A.: What does “product quality” really mean? *MIT Sloan Manag. Rev.*, 1984, 1 (26).
- [10] Griffin R.: *Podstawy zarządzania organizacjami*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1996.
- [11] Hamrol A., Mantura W.: *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2004, ss. 246-247.
- [12] Karakaya E., Hidalgo A., Nuur C.: Diffusion of eco-innovations: A review. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 2014, 33, 392-399.
- [13] Kemp R., Pearson P.: *Final Report Measuring Eco-Innovation Project About Measuring Eco-Innovation*. Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology, Maastricht 2007, pp. 7-8.
- [14] Kotler P.: *Marketing Management*. Pearson Custom Publishing, Boston 2000, p. 355.
- [15] Lofthouse T.: The Taguchi loss function. *Work Study*, 1999, 48 (6), 218-223.
- [16] Meade N., Islam T.: Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review. *Int. J. Forecasting*, 2006, 22 (3), 519-545.
- [17] OECD/Eurostat: *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3<sup>rd</sup> ed. OECD Publishing, Paris 2005.
- [18] Philippas D.T.: *A mathematical Model for Financial Innovation: Empirical Evidence from Financial Markets*. University of Patras, Patras 2011, pp. 33-34.
- [19] PN-EN ISO 9001:2015-10. *Systemy zarządzania jakością. Wymagania*.
- [20] Rogers E.M.: *Diffusion of Innovations*. 5<sup>th</sup> ed. Free Press, New York City 2003, p. 12.



- [21] Schumpeter J.A.: *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. McGraw-Hill Book Company, New York City 1939.
- [22] Taguchi G.: The development of quality engineering. *ASI Journal*, 1988, 1, 1-4.
- [23] Triguero A., Moreno-Mondéjar L., Davia M.A.: Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 2013, 92, 25-33.
- [24] Whitfield P.R.: *Innowacje w przemyśle*. PWE, Warszawa 1979, s. 26.
- [25] Value Based Management [on line]. Dostęp w Internecie [10.03.2019]: [www.valuebasedmanagement.net](http://www.valuebasedmanagement.net)

## ROLA EKOINNOWACJI W ROZWOJU PRODUKTÓW ZRÓWNOWAŻONYCH

### Streszczenie

Cechą charakterystyczną występującą bezpośrednio lub pośrednio w związku z jakością produktu zrównoważonego powstałego w wyniku ekoinnovazione są relacje z klientem, polegające na spełnieniu jego oczekiwań i potrzeb. Nie zawsze jednak oczekiwania i potrzeby konsumentów są zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju. Klient jest bardzo ważnym ogniwem w realizowaniu procesu zarządzania jakością „od klienta do klienta”, będąc źródłem informacji i adresatem oferty rynkowej. Z uwagi jednak na potencjał producentów oraz kreatywność projektantów i konstruktorów, to właśnie im ostatecznie należy przypisać znaczącą rolę w kreowaniu jakości produktu zrównoważonego.

Celem pracy była analiza kontekstu produktu zrównoważonego z uwzględnieniem teorii zarządzania jakością i zrównoważonego rozwoju, a także konkurencyjnej roli ekoinnovazione i ich postrzegania przez konsumentów. Na podstawie analizy literatury sformułowano tezę, że bodźcem do rozwoju produktu zrównoważonego jest dyfuzja ekoinnovazione. Ekoinnovazione postrzegane są przez producentów jako źródło osiągnięcia przewagi konkurencyjnej. Na podstawie badań ankietowych wśród producentów żywności i producentów sprzętu elektronicznego określono determinanty konkurencyjności ekoinnovazione produktowych. Przeprowadzono również badania konsumenckie celem identyfikacji najbardziej popularnych źródeł informacji o ekoinnovazione. Wykazano, że do tych źródeł można zakwalifikować charakterystyki opisowe produktów żywnościowych oraz oznaczenia klas energetycznych produktów elektronicznych.

**Słowa kluczowe:** ekoinnovazione, modele dyfuzji, zrównoważony produkt, jakość ☒

GRAŻYNA MORKIS

## PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 31 grudnia 2019 r.

### **Polskie akty prawne**

1. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 19 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o Inspekcji Handlowej (Dz. U. 2019 r., poz. 1668).  
Został ogłoszony jednolity tekst ustawy z dn. 15 grudnia 2000 r. o Inspekcji Handlowej.  
Inspekcja Handlowa jest wyspecjalizowanym organem kontroli powołanym do ochrony interesów i praw konsumentów oraz interesów gospodarczych państwa. Ustawa reguluje zadania i organizację Inspekcji, prawa i obowiązki przedsiębiorców, zasady postępowania organów Inspekcji oraz prawa i obowiązki pracowników Inspekcji. Do postępowania przed organami Inspekcji w zakresie nieuregulowanym ustawą stosuje się przepisy Kodeksu postępowania administracyjnego.
2. Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o przeciwdziałaniu marnowania żywności (Dz. U. 2019 r., poz. 1672).  
Ustawa określa zasady postępowania z żywnością oraz obowiązki sprzedawców żywności w celu przeciwdziałania marnowaniu żywności oraz negatywnym skutkom społecznym, środowiskowym i gospodarczym wynikającym z marnowania żywności. Zgodnie z ustawą sprzedawca żywności jest obowiązany do zawarcia umowy, w formie pisemnej lub elektronicznej pod rygorem nieważności, z organizacją pozarządową, dotyczącej nieodpłatnego przekazywania żywności spełniają-

cej wymogi prawa żywnościowego, w tym określone w rozporządzeniu (WE) nr 178/2002, a nieprzeznaczonej do sprzedaży, w szczególności ze względu na wady wyglądu tej żywności albo jej opakowań, z wyjątkiem napojów alkoholowych o zawartości alkoholu powyżej 1,2 % oraz napojów alkoholowych będących mieszaniną piwa i napojów bezalkoholowych, w których zawartość alkoholu przekracza 0,5 %.

Umowa powinna zawierać w szczególności postanowienia dotyczące:

- czasu i sposobu przekazywania żywności oraz rodzaju przekazywanej żywności organizacji pozarządowej,
- podziału kosztów odbioru i dystrybucji żywności pomiędzy stronami umowy,
- okresu obowiązywania umowy oraz odpowiedzialności stron za niedotrzymanie warunków umowy, w tym warunków wypowiedzenia.

Sprzedawca żywności jest obowiązany do prowadzenia w jednostce handlu kampanii edukacyjno-informacyjnych w zakresie racjonalnego gospodarowania żywnością oraz przeciwdziałania marnowaniu żywności co najmniej raz w roku, przez co najmniej dwa kolejne tygodnie, w każdym dniu działalności jednostki handlu.

3. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 18 października 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych (Dz. U. 2019 r., poz. 2178).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 21 grudnia 2019 r. o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych. Ustawa reguluje sprawy jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych oraz organizację i zasady działania Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych.

Wprowadzane do obrotu artykuły rolno-spożywcze powinny spełniać wymagania w zakresie jakości handlowej, jeżeli w przepisach o jakości handlowej zostały określone takie wymagania, oraz dodatkowe wymagania dotyczące tych artykułów, jeżeli ich spełnienie zostało zadeklarowane przez producenta. Określenie wymagań w zakresie jakości handlowej artykułu rolno-spożywczego może nastąpić w szczególności przez ustalenie jego klasy jakości. Opakowania artykułów rolno-spożywczych wprowadzanych do obrotu powinny zapewniać zachowanie cech istotnych dla danego rodzaju artykułu rolno-spożywczego, decydujących o jego tożsamości. Artykuły rolno-spożywcze wprowadzane do obrotu powinny być oznakowane co najmniej w języku polskim.

4. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 4 listopada 2019 r. w sprawie znaków graficznych, które stosuje się w celu oznakowania żywności i pasz jako wolnych od organizmów genetycznie zmodyfikowanych (Dz. U. 2019 r., poz. 2236).

Rozporządzenie określa opis i wzory znaków graficznych, które stosuje się w celu oznakowania jako wolnych od organizmów genetycznie zmodyfikowanych w ro-

zumieniu art. 3 pkt 13 ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. o mikroorganizmach i organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz. U. 2019 r., poz. 706):

- żywności pochodzenia roślinnego i żywności składającej się więcej niż z jednego składnika, w skład której nie wchodzi produkt pochodzenia zwierzęcego, oraz pasz,
- produktów pochodzenia zwierzęcego i żywności składającej się więcej niż z jednego składnika, w skład której wchodzi produkt pochodzenia zwierzęcego.

Wzory znaków zawarte są w załączniku do rozporządzenia.

### Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1381 z dn. 20 czerwca 2019 r. w sprawie przejrzystości i zrównoważonego charakteru unijnej oceny ryzyka w łańcuchu żywnościowym oraz zmieniające rozporządzenia (WE) nr 178/2002, (WE) nr 1829/2003, (WE) nr 1831/2003, (WE) nr 2065/2003, (WE) nr 1935/2004, (WE) nr 1331/2008, (WE) nr 1107/2009, (UE) 2015/2283 oraz dyrektywę 2001/18/WE. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2019 r., 231, s. 1).

Parlament Europejski i Rada Europy wprowadziły zmiany, których celem jest wzrost poziomu przejrzystości i zrównoważonego charakteru unijnej oceny ryzyka w łańcuchu żywnościowym, w następujących rozporządzeniach: (WE) nr 178/2002, (WE) nr 1829/2003, (WE) nr 1831/2003, (WE) nr 2065/2003, (WE) nr 1935/2004, (WE) nr 1331/2008, (WE) nr 1107/2009, (UE) 2015/2283 oraz w dyrektywie 2001/18/WE.

Zmiany w ww. rozporządzeniach polegają m.in. na wprowadzeniu lub rozszerzeniu artykułów rozporządzeń o:

- cele informowania o ryzyku,
- ogólne zasady informowania o ryzyku,
- ogólny plan informowania o ryzyku,
- poradę na etapie poprzedzającym złożenie wniosku lub zgłoszenia,
- powiadamianie o badaniach,
- konsultacje z osobami trzecimi,
- badania weryfikujące,
- wnioski o zachowanie poufności,
- decyzję w sprawie zachowania poufności,
- weryfikację poufności,
- obowiązki w odniesieniu do poufności,

- ochronę danych osobowych,
  - standardowe formaty danych,
  - systemy informatyczne,
  - klauzulę przeglądowną,
  - misje informacyjne.
2. Rozporządzenie Komisji (UE) 2019/1561 z dn. 17 września 2019 r. zmieniające załączniki II i III do rozporządzenia (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości chloromekwatu w grzybach uprawnych (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2019 r., 240, s. 1).

Wprowadzone zmiany w rozporządzenia (WE) nr 396/2005 dotyczą dopuszczalnych poziomów pozostałości chloromekwatu w grzybach uprawnych. W załączniku II do niniejszego rozporządzenia skreślono kolumnę dotyczącą chlormekwatu, natomiast w części A załącznika III dodano kolumnę dotyczącą chloromekwatu w brzmieniu „Chloromekwat (suma chloromekwatu i jego soli, wyrażona jako chlorek chloromekwatu)”. ☒

## NOWE KSIĄŻKI

### **Food Safety & Mycotoxins**

[Bezpieczeństwo żywności i mykotoksyny]

Aibo Wu (Ed.)

Wydawnictwo: Springer Singapore, 2019, ISBN 978-981-32-9037-2, liczba stron 169, cena 117,69 EUR

Zamówienia: <https://link.springer.com>

Mykotoksyny nieustannie są przedmiotem zainteresowania naukowców, organów prowadzących oraz instytucji odpowiedzialnych za urzędową kontrolę żywności na całym świecie ze względu na coraz częstsze i poważniejsze zanieczyszczenie żywności i pasz. Stanowią one poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i produkcji zwierzęcej. W opracowaniu zawarto przegląd najnowszych wyników badań nad mykotoksynami, które bezpośrednio dotyczą bezpieczeństwa żywności. W głównej mierze skoncentrowano się na technologiach wykrywania, ocenie ryzyka oraz stosowanych strategiach kontroli mykotoksyn. Książka przeznaczona jest dla badaczy różnych dyscyplin, w tym nauk o żywności i technologii, chemii analitycznej, patologii roślin, zdrowia publicznego.

### **Advanced Gas Chromatography in Food Analysis**

[Zaawansowana chromatografia gazowa w analizie żywności]

Peter Q. Tranchida (Ed.)

Wydawnictwo: Royal Society of Chemistry, 2019, ISBN 978-1-78801-127-3, liczba stron 478, cena 179,00 GBP

Zamówienia: <http://pubs.rsc.org/bookshop>

Chromatografia gazowa jest techniką szeroko stosowaną w analityce żywnościowej. Typowe zastosowania dotyczą analizy ilościowej i/lub jakościowej składu żywności, produktów naturalnych, dodatków do żywności, składników smakowych i zapachowych, różnorodnych produktów przemiany i zanieczyszczeń, takich jak pestycydy, fumiganty, zanieczyszczenia środowiskowe, naturalne toksyny, leki weterynaryjne i materiały opakowaniowe. W książce przedstawiono znaczące postępy w technologii.

Jest polecana dla profesjonalistów, laborantów i studentów doskonalących swoją wiedzę na temat badań żywności z użyciem chromatografii gazowej.

**Biogenic Amines in Food: Analysis, Occurrence and Toxicity**

[Aminy biogenne w żywności: Analiza, występowanie i toksyczność]

Bahrudin Saad, Rosanna Tofalo (Eds.)

Wydawnictwo: Royal Society of Chemistry, 2019, ISBN 978-1-78801-436-6, liczba stron 329, cena 169,00 GBP

Zamówienia: <http://pubs.rsc.org/bookshop>

Obecność i zawartość amin biogennych ma istotne znaczenie jako wskaźnik świeżości żywności lub jej psucia się, które może powodować poważną toksyczność. W podręczniku podano wyczerpujące informacje na temat amin biogennych i ich występowania w różnych produktach spożywczych oraz napojach. Przedstawiono szczegółowy opis zarówno standardowych metod analitycznych, jak i nowo powstających technik ich analizy. Mają one pomóc we wdrożeniu nowatorskich testów przydatnych zarówno dla produktów fermentowanych, jak i niefermentowanych. Jako nowe opracowanie na temat wykrywania amin biogennych we wszystkich rodzajach żywności ma wskazywać i pomagać w zrozumieniu zagrożeń i sposobów ich uniknięcia. Książka przeznaczona jest dla naukowców zajmujących się żywnością, chemików i specjalistów ds. bezpieczeństwa żywności.

**Legumes: Nutritional Quality, Processing and Potential Health Benefits**

[Rośliny strączkowe: Jakość odżywcza, przetwarzanie i potencjalne korzyści zdrowotne]

Maria Ángeles Martín-Cabrejas (Ed.)

Wydawnictwo: Royal Society of Chemistry, 2019, ISBN 978-1-78801-161-7, liczba stron 353, cena 169,00 GBP

Zamówienia: <http://pubs.rsc.org/bookshop>

Rośliny strączkowe charakteryzuje duży potencjał składników mogących podwyższyć jakość odżywczą żywności, ale w literaturze przedmiotu dane na temat ich związków bioaktywnych są ograniczone. W książce dokonano kompleksowego przeglądu aspektów zdrowotnych roślin strączkowych, w tym aktywności przeciwutleniającej. W opracowaniu podkreślono, że odpowiednia promocja roślin strączkowych o określonych właściwościach funkcjonalnych jako źródła składników bioaktywnych powinna zwiększyć zainteresowanie i akceptację takich produktów przez konsumentów. Książka będzie cennym źródłem aktualnej wiedzy dla naukowców zajmujących się żywnością, technologów, chemików spożywczych i dietetyków.

**Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation**

[Postępy w zastosowaniach zimnej plazmy w zakresie bezpieczeństwa żywności i konserwowania]

Daniela Bermudez-Aguirre (Ed.)

Wydawnictwo: Academic Press, 2019, ISBN 978-012-814-921-8, liczba stron 410, cena: 240.00 USD

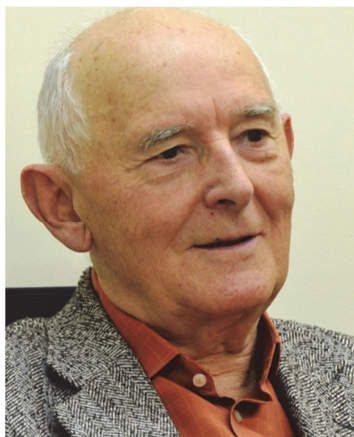
Zamówienia: <https://www.elsevier.com/>

Zimna plazma jest jedną z najnowszych technologii testowanych w celu przedłużenia trwałości żywności. W ostatniej dekadzie uzyskano obiecujące wyniki w związku z zastosowaniem tego nowatorskiego rozwiązania jako środka dezynfekującego w stosunku do produktów spożywczych i ich opakowań. Zimna plazma jest stosunkowo niedroga, pozbawiona odpadów i nie pozostawia na produkcie żadnych pozostałości chemicznych. W książce przedstawiono podstawowe zasady zimnej plazmy, przykłady produktów żywnościowych dezynfekowanych zimną plazmą oraz wyzwania związane z jej użyciem w celu maksymalizacji inaktywacji drobnoustrojów, ich zarodników oraz enzymów.

*Opracował: Lesław Juszcak*



## JUBILEUSZ 90-LECIA URODZIN PROF. DR HAB. ZDZISŁAWA EDMUNDA SIKORSKIEGO



Profesor dr hab. Zdzisław E. Sikorski obchodzi szczególny Jubileusz – 90-lecie urodzin. Pan Profesor jest w znakomitej formie, którą, jak twierdzi, zawdzięcza intensywnej pracy oraz codziennym dwugodzinnym spacerom z żoną nad Zatoką Gdańską. Pan Profesor czynnie uczestniczy w życiu zawodowym i naukowym, co jest całkowicie wyjątkowe. Urodziny Pana Profesora będą uroczyście obchodzone podczas XXVIII Ogólnopolskiego Sympozjum Bromatologicznego nt. „Innowacyjne podejście do bezpiecznej żywności i racjonalnego żywienia”, które odbędzie się w Gdańsku w dniach 15 - 16 czerwca 2020 roku.

Zdzisław E. Sikorski urodził się 29 października 1930 roku w Wilnie. W wieku 3 lat zamieszkał z rodzicami w Toruniu, gdzie spędził lata szkolne. Maturę zdał w Liceum im. Mikołaja Kopernika w 1950 roku i uzyskał dyplom uprawniający do przyjęcia na polskie wyższe uczelnie bez egzaminu wstępnego. W tym samym roku Profesor Sikorski podjął studia na Politechnice Gdańskiej. Pierwotnie studiował na Wydziale Agrotechnicznym (1950 - 1951), a po jego rozwiązaniu – na Wydziale Chemicznym (1951 - 1956). W 1954 roku uzyskał tytuł inżyniera i został asystentem prof. Damazego J. Tilgnera, a w 1956 roku otrzymał tytuł magistra inżyniera chemii. Po 5 latach pracy na stanowisku asystenta na macierzystym wydziale uzyskał stopień doktora nauk technicznych, następnie doktora habilitowanego (1965), tytuł profesora nadzwyczajnego (1973) oraz profesora zwyczajnego (1980).

W trakcie studiów i pracy na Politechnice Gdańskiej Pan Profesor odbył wiele praktyk zawodowych, m.in. w Zakładach Piwowarsko-Słodowniczych w Okocimiu, Zakładach Rybnych w Szczecinie, Przedsiębiorstwie Połowów i Usług Rybackich "Arka" w Gdyni, w Centralnym Zarządzie Rybołówstwa Morskiego w Szczecinie, Zakładach Mięsnych w Gdańsku, na trawlerze rybackim na Morzu Północnym, w za-

mrażalni owoców i warzyw w Wiesloch koło Heidelbergu i w fabryce konserw rybnych w Hamburgu-Altonie oraz w Browarze Union w Dortmundzie.

Profesor Zdzisław Sikorski poszerzał swoją wiedzę z zakresu technologii żywności także podczas krótkotrwałych staży naukowych w takich uniwersytetach i instytutach naukowych, jak: Universität Rostock i Technische Universität Dresden, Leninradzki Technologiczny Instytut Przemysłu Chłodniczego, Odesski Instytut Technologiczny oraz Astrachański Technologiczny Instytut Gospodarki i Przemysłu Rybnego, Zakład Doświadczalny firmy Laitram w Marblehead, National Marine Fisheries Service, Atlantic Fishery Products Technology Center, Gloucester, Massachusetts Institute of Technology, Boston, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, Bundesanstalt für Fleischforschung, University of Tasmania w Hobart i Launceston, Australian Maritime College, Launceston, oraz Victoria University of Technology, Melbourne.

W latach 1965 - 2001 Pan Profesor pełnił wiele funkcji kierowniczych w Politechnice Gdańskiej. Od roku 1965 był kierownikiem Katedry Technologii Ryb, od roku 1969 – kierownikiem Zakładu Technologii Utrwalania Żywności i Mikrobiologii Technicznej, następnie – Katedry Technologii Utrwalania Żywności, później (do roku 2001) – Katedry Chemii i Technologii Żywności. Pełnił również funkcje prodziekana (1966 - 1969) i dziekana Wydziału Chemicznego (1973 - 1975, 1978 - 1981). Był organizatorem i kierownikiem kierunku "Technologia utrwalania żywności" na studiach magisterskich oraz kierunku "Technologia i analiza żywności" na studiach inżynierskich, a także jednym z inicjatorów powołania na Wydziale Chemicznym studiów biotechnologicznych. Profesor Sikorski prowadził wykłady z takich przedmiotów, jak: chemia żywności, procesy technologii żywności, technologia utrwalania żywności, technologia ryb, zasady projektowania zakładów przemysłu żywnościowego i technologia preparatów enzymatycznych.

Pan Profesor pracował również w innych placówkach, takich jak: Technikum Wychowania Fizycznego w Gdańsku – jako nauczyciel przysposobienia wojskowego (1953 - 1957), Technikum Przetwórstwa Rybnego w Gdyni – jako nauczyciel technologii żywności pochodzenia morskiego (1959 - 1960), Biuro Projektów Budownictwa Morskiego w Gdańsku – jako projektant (1958), Ohio State University, Department of Agricultural Biochemistry, Columbus, USA – jako profesor wizytujący (1964 - 1965), Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Hobart, Tasmania – jako pracownik naukowy (1975 - 1976), Department of Scientific and Industrial Research, Mount Albert Research Centre, Auckland – jako pracownik naukowy (1981 - 1982), National Taiwan Ocean University, Keelung – jako profesor wizytujący (1990 - 1991).

Od 1969 roku Pan Profesor jest członkiem początkowo Komitetu Technologii i Chemii Żywności PAN, a obecnie Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN.

W latach 1996 - 2003 jako przewodniczący KTiCHŻ PAN kierował pracami Komitetu, a w latach 1972 - 1975 pracował w Wydz. V PAN jako sekretarz Komitetu Technologii i Chemii Żywności. Jest członkiem-założycielem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, był wiceprezesem jego Zarządu Głównego (1991 - 1994) i prezesem Zarządu Oddziału Gdańskiego (1994 - 1997). W roku 2003 mianowany został członkiem honorowym Towarzystwa. Jest również członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Brał udział w radach naukowych kilku instytutów, m.in. Instytutu Przemysłu Mięsnego oraz Morskiego Instytutu Rybackiego (1971 - 2003), w którym przez trzy kadencje przewodniczył Radzie Naukowej. W latach 1977 - 1988 należał do Rady Głównej Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Ponadto od roku 2003 należy do International Academy of Food Science and Technology. Profesor Sikorski bierze udział także w pracach wielu krajowych i zagranicznych rad programowych czasopism związanych z nauką o żywności.

Pan Profesor jest autorem i redaktorem naukowym kilkudziesięciu książek oraz współautorem rozdziałów w książkach z zakresu chemii i technologii żywności. Jest redaktorem i twórcą serii książek pt. „Chemical and Functional Properties of Food Components”, wydawanej przez prestiżowe amerykańskie wydawnictwo CRC Press. Przez wiele lat Pan Profesor zachęcał do współpracy przy tych książkach ludzi nauki z całego świata, a jak twierdzi, „nie jest łatwo nakłonić kogoś, aby podjął się pisanie rozdziału do książki lub został jej redaktorem, kiedy publikacja nie jest punktowana ani płatna”. Profesor Sikorski napisał pierwszą w Polsce książkę dotyczącą chromatografii gazowej pt. „Chromatografia gazowa” (1962) oraz jest redaktorem i współautorem wielokrotnie wznawianej „Chemii żywności”, która jest podstawowym podręcznikiem dla wielu pokoleń studentów wydziałów nauk o żywności w uniwersytetach przyrodniczych i politechnikach.

Prace badawcze Zdzisława Sikorskiego dotyczyły przede wszystkim:

- opracowania technologii i aparatury do elektrostatycznego wędzenia żywności w skali przemysłowej,
- badania składu i właściwości przeciwutleniających dymu wędzarniczego,
- opracowania modyfikacji technologii wytwarzania rybnych preparatów białkowych,
- opracowania elementów technologii przetwarzania kryla oraz otrzymywania chityny i chitozanu,
- opracowania metod osadzania enzymów na nośniku chitynowym,
- modyfikowania reologicznych właściwości preparatów kolagenowych i farszów mięsnych,
- odzyskiwania białek z odcieków produkcyjnych i z mniej wartościowych surowców,

- wyjaśnienia przyczyn zamrażalniczej denaturacji białek ryb i opracowania sposobów jej zapobiegania,
- wykorzystania surowców pochodzenia morskiego do wytwarzania preparatów enzymatycznych i hydrolizatów do celów biotechnologicznych.

Pan Profesor jest autorem lub współautorem około 200 publikacji, które napisał w większości ze swoimi współpracownikami, m.in. w: Journal of Food Science, Journal of Food Biochemistry, Journal of Texture Studies, Food Chemistry, Biotechnology and Bioengineering, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, Nahrung, International Journal of Refrigeration, Fleischwirtschaft, Deutsche Lebensmittel-Rundschau. Wypromował trzynastu doktorów. Pan Profesor cieszy się, że udało mu się zbudować wspaniały zespół badawczy, w którym mógł się rozwijać. Twierdzi, że od każdego współpracownika czegoś się nauczył, także w dziedzinach niezwiązanych z chemią.

Za działalność naukową, dydaktyczną i zawodową Profesor Zdzisław Sikorski był wielokrotnie honorowany nagrodami ministra i najwyższymi odznaczeniami państwowymi. Został wyróżniony m.in. Krzyżami Orderu Odrodzenia Polski: Kawalerskim (1975), Oficerskim (1990) i Komandorskim (1999), jak również Medalem Komisji Edukacji Narodowej (1997) oraz Medalem im. Profesora Kazimierza Demela przyznawanym przez Morski Instytut Rybacki (2001). Ponadto w 1997 roku Pan Profesor został uhonorowany tytułem doktora honoris causa Akademii Rolniczej w Szczecinie.

Szanowny Jubilacie, drogi Panie Profesorze, Twój uczniowie i środowisko technologów żywności życzy Ci zdrowia i wielu lat życia, abyś mógł realizować swoje pomysły i czerpać z nich dużo radości oraz satysfakcji.

*Ad multos annos!*

*Dr inż. Izabela Sinkiewicz  
Katedra Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności  
Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska*

## **PROF. DR HAB. TADEUSZ SIKORA HONOROWYM PROFESOREM UNIwersYTETU PRZYRODNICZEGO W LUBLINIE**



W dniu 9 listopada 2019 roku w Centrum Kongresowym UP w Lublinie miała miejsce uroczystość nadania godności Honorowego Profesora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie Panu Prof. dr hab. Tadeuszowi Sikorze. Uroczystości przewodniczyli JM Rektor UP prof. dr hab. Zygmunt Litwińczuk oraz Dziekan Wydziału Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki prof. dr hab. Joanna Barłowska.

Pan Prof. dr hab. Tadeusz Sikora urodził się 21.01.1950 r. w Dobrzycy. Jest absolwentem kierunku Towaroznawstwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Krakowie. Pracę naukowo-dydaktyczną rozpoczął w roku 1975 w Instytucie Towaroznawstwa Akademii Ekonomicznej w Krakowie (obecnie Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie), przechodząc wszystkie szczeble kariery zawodowej i naukowej – od asystenta stażysty do profesora zwyczajnego (2000).

Działalność naukowa Profesora Sikory koncentruje się w ostatnich latach głównie wokół problematyki związanej z zarządzaniem jakością i bezpieczeństwem żywności. Jest On pionierem w rozwoju tej dziedziny i niekwestionowanym autorytetem w tym zakresie. Ukierunkowana wiedza teoretyczna w połączeniu z kompetencją jej aplikacji w praktyce i umiejętnościami dydaktycznymi spowodowały, że Pan Profesor stał się niezastąpionym konsultantem dla wielu przedsiębiorstw przemysłu spożywczego podczas wdrażania przez nich systemów zarządzania jakością i systemów zapewniających bezpieczeństwo żywności. Doniosły jest również wkład Profesora Sikory w rozwój i promocję nauki o żywności w wymiarze ogólnopolskim. Od roku 1999 jest członkiem, początkowo, Komitetu Chemii i Technologii Żywności PAN, a obecnie – Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN. W latach 2003 - 2009 był członkiem Rady Gospodarki Żywnościowej przy Ministrze Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Był wiceprezesem Klubu Polskie Forum ISO 9000 (2008 - 2016), wiceprezesem Zarządu Polskiego

Stowarzyszenia Jakości Zarządzania POLISOLAB (2010 - 2016) i przewodniczącym Komitetu Chroniącego Bezstronność TÜV Rheinland Polska (2008 - 2018). Od roku 2013 jest członkiem Rady Naukowej Polskiej Federacji Producentów Żywności.

Prof. Sikora jest autorem, współautorem lub redaktorem 26 monografii, podręczników lub książek oraz autorem lub współautorem około 170 artykułów naukowych, 41 rozdziałów w monografiach, 85 komunikatów w materiałach konferencyjnych i około 150 artykułów popularno-naukowych. Był promotorem 18 prac doktorskich oraz recenzentem 20 doktoratów, 19 habilitacji, 13 wydawniczych habilitacji, 12 opinii w postępowaniach na tytuł i 1 na stanowisko profesora zwyczajnego.

Profesor Tadeusz Sikora za swoją działalność naukowo-dydaktyczną i organizacyjną był wielokrotnie nagradzany i honorowany, m.in. jest laureatem Małopolskiej Nagrody Jakości (2008) i Polskiej Indywidualnej Nagrody Jakości im. Prof. Edwarda Kindlarskiego w kategorii nauka (2010), został odznaczony: Złotym Krzyżem Zasługi (1999), Medalem Komisji Edukacji Narodowej (2000), Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski (2012), Złotą Odznaką Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności (2010), medalem „Zasłużony dla Wydziału Nauk o Żywności” Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (2007), medalem Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii (2009), medalem Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (2011), medalem im. Profesora Franciszka Nowotnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (2014), odznaką Honorową za Zasługi dla SGGW (2017), medalem 75-lecia (2001) i 80-lecia (2005) Akademii Ekonomicznej w Krakowie oraz medalem 90-lecia Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie (2015).

Na szczególne podkreślenie zasługuje szeroka działalność Profesora Sikory w Polskim Towarzystwie Technologów Żywności. Był On współzałożycielem, członkiem zarządu a następnie prezesem Oddziału Małopolskiego PTTŻ. W latach 1998 - 2000 pełnił funkcje wiceprezesa, a w latach 2001 - 2006 – prezesa Zarządu Głównego PTTŻ. Z inicjatywy Prof. Tadeusza Sikory w roku 1994 powstał kwartalnik Żywność. Technologia. Jakość (od roku 2000 – Żywność. Nauka. Technologia. Jakość) jako organ naukowy PTTŻ. Przez dwadzieścia jeden lat (do roku 2016) Pan Profesor kierował czasopismem jako jego redaktor naczelny, a od roku 2016 jest przewodniczącym Rady Naukowej kwartalnika. Profesor był również współinicjatorem cyklu konferencji "Żywność XXI wieku", organizowanych przez Oddział Małopolski PTTŻ, które cieszą się ogromnym zainteresowaniem nie tylko środowisk naukowych.

Profesor Tadeusz Sikora przez wiele lat ściśle współpracował z Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie. Wniósł on istotny wkład w kształcenie kadry Wydziału Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, jak również Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu. Od piętnastu lat współpracuje z Instytutem Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych w zakresie towaroznawstwa, a szczególnie zapewnienia i zarządzania bezpieczeństwem żywności. Od roku 2005 prowadzi cyklicznie zajęcia

z zarządzania jakością i bezpieczeństwem żywności na studiach podyplomowych „Analityka, bezpieczeństwo i certyfikacja żywności” (wcześniej „Towaroznawstwo i obrót żywności”). Jest autorem opinii dotyczących koncepcji programu studiów I i II stopnia na kierunku „Bezpieczeństwo i certyfikacja żywności”. Opiniował także program kierunku studiów „Zarządzanie jakością w produkcji roślinnej” na Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu. Ponadto opracował jedną recenzję habilitacyjną i trzy wydawnicze, a także zaopiniował wniosek w postępowaniu o nadanie tytułu profesora. Wykonał również recenzję wydawniczą podręcznika akademickiego pt. „Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych z podstawami przetwórstwa” – pod red. naukową prof. Zygmunta Litwińczuka.

Pan Profesor Tadeusz Sikora osiągnął sukces naukowy dzięki talentowi i ogromnej pracowitości. Lata współpracy z Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie doceniła Rada Wydziału Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, na wniosek której nadano Tadeuszowi Sikorze godność Honorowego Profesora lubelskiej Uczelni.

Panie Profesorze, serdecznie gratulujemy!!

*Redakcja Wydawnictwa Naukowego PTTŻ*

*Opracowano na podstawie folderu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie*



UNIwersytet  
PRZYRODNICZY  
WE WROCLAWIU



Polskie Towarzystwo Technologów Żywności  
Oddział Wrocławski

zaprasza na

**XXV Jubileuszową  
Sesję Naukową Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ  
„Przyszłość w żywności – żywność w przyszłości”**

oraz

**VIII International Session of Young Scientific Staff  
„The future in food - food in the future”**

**Wrocław, 21-22 maja 2020 r.**

Informacje: <https://smkn2020.wordpress.com>

Kontakt: dr inż. Anna Kancelista

tel. (71) 320-77-73 / (71) 320-51-83

e-mail: xxvsmknwroclaw@gmail.com



**XXVIII**  
**Ogólnopolskie Sympozjum Bromatologiczne**

**INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO BEZPIECZNEJ  
ŻYWNOŚCI I RACJONALNEGO ŻYWIENIA**

**Gdańsk, 15-16.06.2020 r.**

**ORGANIZATORZY**

**Katedra i Zakład Bromatologii  
Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego**

**Ogólnopolska Sekcja Bromatologiczna  
Polskiego Towarzystwa Farmaceutycznego**

**Zespół Analityki Żywności**

**Komitetu Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk**

**Zespół Higieny Żywności i Żywienia Komitetu Nauki o Żywieniu Człowieka  
Polskiej Akademii Nauk**

**KONTAKT**

Katedra i Zakład Bromatologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

80-416 Gdańsk, Al. Gen. J. Hallera 107

tel. 58 349 10 89

e-mail: [bromatologia2020@gumed.edu.pl](mailto:bromatologia2020@gumed.edu.pl)

[www.bromatologia2020.gumed.edu.pl](http://www.bromatologia2020.gumed.edu.pl)

## TECHNOLOG ŻYWNOSCI

### INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 29 Nr 4

grudzień 2019

---

#### WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE

##### W 2020 ROKU

#### Marzec

26 - 27 PIEŠŤANY, Slovakia = XVII Scientific Conference with International Participation “Food safety and control”

Organizatorzy: Department of Food Hygiene and Safety, Faculty of Biotechnology and Food Sciences of the Slovak University of Agriculture in Nitra; National Contact Point for Scientific and Technical Cooperation with EFSA – Ministry of Agriculture and Rural Development, Bratislava

Informacje: [www.bezpecnostpotravin.sk](http://www.bezpecnostpotravin.sk)

Kontakt: prof. ing. Jozef Golian; e-mail: [Jozef.Golian@uniag.sk](mailto:Jozef.Golian@uniag.sk)

tel. +42137/6414 325

#### Marzec / Kwiecień

30.03 - 01.04 KIRY k. ZAKOPANEGO = V Sympozjum Naukowe z cyklu “Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności”

Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie, Zarząd Główny PTTŻ oraz Sekcja Bezpieczeństwa Żywności KNoŻiŻ PAN

Kontakt: dr inż. Marzena Tomaszewska; tel. (22) 593-70-75;

e-mail: [sympozjum\\_bezpieczenstwo@sggw.pl](mailto:sympozjum_bezpieczenstwo@sggw.pl)

#### Kwiecień

1 - 3 KIRY k. ZAKOPANEGO = Krokusowe XI Sympozjum Naukowe nt. “Probiotyki i prebiotyki w żywności”

Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie oraz Zarząd Główny PTTŻ

Kontakt: dr inż. Barbara Sionek; tel. (22) 593-70-67;  
e-mail: sympozjumprobiotyki@gmail.com

### Maj

- 13 - 15 **ŠTRBSKÉ PLESO, Slovakia = Hygiene Alimentorum XLI International Scientific Conference**

Organizatorzy: Department of Food Hygiene and Technology of the University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice; State Veterinary and Food Administration of the Slovak Republic; EFSA National Focal Point on Technical and Scientific Matters; Slovak Meat Processors Association; Slovak Society for Agriculture, Forestry, Food and Veterinary Sciences at SAS in Bratislava

Informacje: <http://hygiena-alimentorum.uvlf.sk/>

Kontakt: [hygiena.alimentorum@uvlf.sk](mailto:hygiena.alimentorum@uvlf.sk) ;

tel. +421 905-910-221; +421 915-984-752

- 21 - 22 **WROCLAW = XXV Jubileuszowa Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ pt. „Przyszłość w żywności – żywność w przyszłości” i VIII International Session of Young Scientific Staff**

Organizatorzy: PTTŻ – Oddział Wrocławski, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Sekcja Chemii Żywności Polskiego Towarzystwa Chemicznego

Informacje: <https://smkn2020.wordpress.com>

Kontakt: dr inż. Anna Kancelista; e-mail: [xxvsmknwroclaw@gmail.com](mailto:xxvsmknwroclaw@gmail.com)

tel. (71) 320-77-73 / (71) 320-51-83

- 26 - 27 **KRAKÓW = XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. „Wiedza – Gospodarka – Społeczeństwo”**

Organizatorzy: Kolegium Nauk o Zarządzaniu i Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie

Informacje: <http://cfm.uek.krakow.pl>

Kontakt: Katarzyna Bień, Monika Satora

e-mail: [cmq@uek.krakow.pl](mailto:cmq@uek.krakow.pl) ; tel. (12) 293-57-24; (12) 293-54-64

### Czerwiec

- 15 - 16 **GDAŃSK = XXVIII Ogólnopolskie Sympozjum Bromatologiczne „Innowacyjne podejście do bezpiecznej żywności i racjonalnego żywienia”**

Organizatorzy: Katedra i Zakład Bromatologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Ogólnopolska Sekcja Bromatologiczna Polskiego Towarzystwa Farmaceutyczne-

go, Zespół Analityki Żywności Komitetu Chemii Analitycznej PAN, Zespół Higieny Żywności i Żywnienia Komitetu Nauki o Żywności Człowieka PAN

Informacje: <http://www.bromatologia2020.gumed.edu.pl>

Kontakt: Katedra i Zakład Bromatologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

e-mail: [bromatologia2020@gumed.edu.pl](mailto:bromatologia2020@gumed.edu.pl) ; tel. (58) 349-10-89

**18 - 19 WROCŁAW = The 9<sup>th</sup> International Conference on “Quality and Safety in Food Production Chain”**

Organizator: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Oddział Wrocławski PTTŻ

Informacje: <https://qualityconference.wordpress.com>

Kontakt: [quality@wnoz.up.wroc.pl](mailto:quality@wnoz.up.wroc.pl); tel. (71) 320-77-74 (81)

Lipiec

**6 - 10 WARSZAWA = Konferencja Europejskiego Stowarzyszenia Badaczy Ziemniaka 21<sup>st</sup> EAPR Triennial Conference**

Organizatorzy: European Association for Potato Research, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Informacje: <https://www.eapr2020.pl>

Kontakt: Magdalena Owczarek, tel. (12) 651-90-54

e-mail: [eapr2020@targi.krakow.pl](mailto:eapr2020@targi.krakow.pl)

Wrzesień

**7 - 8 BRNO, Czech Republic = International Conference on Food Science and Technology**

Organizatorzy: University of Veterinary and Pharmaceutical Science Brno

Informacje: [https://fvhe.vfu.cz/files/Dobes\\_days\\_conference.pdf](https://fvhe.vfu.cz/files/Dobes_days_conference.pdf)

Kontakt: [dobesconference@vfu.cz](mailto:dobesconference@vfu.cz)

**17 - 18 KRAKÓW = XIV Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku“ nt. "Żywność a oczekiwania współczesnego konsumenta"**

Organizatorzy: PTTŻ – Oddział Małopolski, Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Informacje: <http://www.pttzm.org>

Kontakt: dr hab. inż. Stanisław Kowalski, prof. UR

e-mail: [zywnoscxxi@pttzm.org](mailto:zywnoscxxi@pttzm.org) ; tel. (12) 662-47-47

Październik

**7 - 8 Vienna, Austria = 24<sup>th</sup> International Conference on Food Technology and Processing with the theme “Explore Advances in the World of Food Processing and Technology”**

---

Organizator: Conferenceseries LLC Ltd  
Informacje: <https://foodtechnology.insightconferences.com>  
Kontakt: [foodtechnology@speakersassembly.org](mailto:foodtechnology@speakersassembly.org); tel. +44 7480-730483

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA  
TECHNOLOGÓW ŻYWNOCI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, HORTIMEX Plus Spółka komandytowa Konin.**

Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o., Bielsko-Biała.**

---

KOMUNIKATY

*Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne* publikujemy na nowej stronie internetowej **<http://www.wydawnictwo.pttz.org>**

Przypominamy Państwu o nowym adresie internetowym Wydawnictwa – e-mail: **[redakcja@pttz.org](mailto:redakcja@pttz.org)**

**SPIS TREŚCI**  
**CZASOPISMA „ŻYWNOSĆ”**  
**NR 118–121**

**Wykaz opublikowanych materiałów**

**Nr 118**

Od Redakcji .....	3
IZABELA KOSS-MIKOŁAJCZYK, AGNIESZKA BARTOSZEK: Bioaktywne fitozwiązki w chemoprewencji przewlekłych chorób niezakaźnych – owoce i warzywa czy suplementy diety? .....	5
ROBERT DULIŃSKI: Wybrane aspekty biotechnologicznej produkcji karotenoidów .....	15
DANUTA ŚWIĘS, TADEUSZ SIKORA: Alergeny – zamierzona i niezamierzona obecność w kontekście wymagań prawa i standardów GFSI .....	30
BARBARA WÓJCIK-STOPCZYŃSKA, PAWEŁ KIEDOS: Wpływ zabiegów wstępnych na zawartość wybranych składników w zamrożonym szpinaku zwyczajnym ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) odmiany ‘Geant d’hiver’ .....	45
BARBARA CHILCZUK, MONIKA STASZOWSKA-KARKUT, MAŁGORZATA MATERSKA, ZENIA MICHAŁOJĆ: Zmiany zawartości witaminy C w owocach czterech odmian papryki – chłodzonych, mrożonych i liofilizowanych w zależności od okresu przechowywania .....	56
PIOTR ZARZYCKI, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA, ALDONA SOBOTA, ANNA WIRKIJOWSKA: Wpływ przechowywania pełnoziarnowej mąki owsianej na zawartość błonnika pokarmowego i właściwości reologiczne .....	67
ANNA ŻBIKOWSKA, IWONA SZYMAŃSKA, KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK, ŻELJKE UDARCIĆ, MAŁGORZATA KOWALSKA: Wpływ udziału zielonej herbaty Matcha na wybrane wyróżniki jakości bezglutenowych biszkoptowo-tłuszczowych wyrobów ciastkarskich .....	79
ELŻBIETA MULAŁKA, IZABELA DMYTRÓW, ANNA MITUNIEWICZ-MAŁEK, KRZYSZTOF GODULA: Rodzaj kultury starterowej a wybrane cechy fizykochemiczne sera twarogowego w czasie przechowywania .....	95
MARIAN FLIS, EUGENIUSZ R. GREŁA, DARIUSZ GUGAŁA, ALBERT KOŁODZIEJSKI: Skład tuszki i profil kwasów tłuszczowych mięśni piersiowych samców i samic bązanta łownego ( <i>Phasianus colchicus</i> ) .....	111
ANNA AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, MAŁGORZATA ORMIAN, ZOFIA SOKOŁOWICZ, ANNA RÓGOWSKA: Wpływ marynowania mięsa kurcząt brojlerów kwaśną serwatką na jakość i akceptację konsumencką produktu .....	125
ANNA D. KONONIUK, MAŁGORZATA KARWOWSKA: Porównanie zmian fizykochemicznych i proteolitycznych zachodzących w kielbasach surowo dojrzewających z mięsa wołowego i z mięsa daniela podczas ich przechowywania .....	137
MARTA SAJDAKOWSKA, SYLWIA ŻAKOWSKA-BIEMANS, KRYSZYNA GUTKOWSKA: Żywność polskiego pochodzenia i jej atrybuty w opinii konsumentów .....	155
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym .....	173
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki .....	179

**Technolog Żywności.....182****Nr 119**

Od Redakcji .....	3
KRZYSZTOF GODULA, BARBARA CZERNIEJEWSKA-SURMA, IZABELA DMYTRÓW, DOMINIKA PLUST, ORINA SURMA: Możliwości zastosowania błonnika pokarmowego do produkcji żywności funkcjonalnej.....	5
ALEKSANDRA HASKA, ELŻBIETA MARTYNIUK: Wybrane metody wyróżniania produktów spożywczych na rynku .....	18
WOJCIECH SAWICKI, ARKADIUSZ ŻYCH: Metoda PCR w ocenie zafałszowań składu surowcowego produktów mięsnych ze strusia ( <i>Struthio camelus</i> ) .....	32
ADAM ZWOLAN, MAŁGORZATA KUDLIK, LECH ADAMCZAK, DOROTA PIETRZAK: Wpływ dodatku czarnuszki ( <i>Nigella sativa</i> ) na wybrane wyróżniki jakości kulek z mięsa drobiowego .....	43
HALINA MAKAŁA: Wpływ żywienia kurcząt brojlerów paszą z dodatkiem nasion lnu i bez ich udziału na wybrane wyróżniki jakości mięsa i tłuszczu .....	55
AGNIESZKA KALINIAK: Wpływ sezonu pozyskania wybranych gatunków ryb z polskiej akwakultury na profil kwasów tłuszczowych i wskaźniki żywieniowe lipidów ich mięsa.....	70
MAŁGORZATA GUMUŁKA, KRZYSZTOF ANDRES, JÓZEFA KRAWCZYK, JOLANTA CALIK, EWELINA WĘSIERSKA, KATARZYNA NIEMCZYŃSKA: Wpływ wieku niosek i warunków przechowywania na jakość jaj kur rasy czubątka polska .....	83
KAROL MIŃKOWSKI, MONIKA BARTOSIAK, DARIUSZ CIEMIŃSKI: Wpływ wydobywania i rafinacji oleju rzepakowego na profil i zawartość barwników chlorofilowych .....	95
MARTINA ŠEVELOVÁ, JOZEF GOLIAN: Wykorzystanie naturalnych substancji do redukcji pH majonezowych produktów na bazie jaj.....	110
MAGDALENA GAJEWSKA, ANNA GŁOWACKA: Ocena zawartości wybranych mykotoksyn w suszonych owocach dostępnych w sprzedaży detalicznej w sklepach ekologicznych i hipermarketach .....	124
JOANNA M. DZIADKOWIEC: Konsumencka ocena jakości potraw oferowanych przez restauracje o charakterze regionalnym.....	136
MAREK ANGOWSKI, TOMASZ KIJEK, ADAM SKRZYPEK: Wpływ jakościowych determinant produktów mleczarskich na wybór dyskontów jako miejsca ich zakupu przez młodych nabywców.....	152
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym .....	162
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki .....	166
Z żałobnej karty: prof. dr hab. dr h.c. Nina Baryłko-Pikielna 1930 – 2019.....	170
<b>Technolog Żywności.....</b>	<b>173</b>

**Nr 120**

Od Redakcji .....	3
BARBARA SIOŃEK, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA: Bezpieczeństwo stosowania probiotyków przez ludzi.....	5
WIOLETA CHAJĘCKA-WIERZCHOWSKA, ANNA ZADERNOWSKA: Bakterie fermentacji mlekowej w tym szczepy probiotyczne jako rezerwuwar genów oporności na antybiotyki.....	22
ELŻBIETA ROSIAK, DANUTA JAWORSKA: Właściwości probiotyczne i prebiotyczne miodów pszczelich w aspekcie ich jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego .....	36
ELŻBIETA ROSIAK, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, ANTONI GORYL, MAŁGORZATA JAŁOŚIŃSKA, KATARZYNA KAJAK-SIEMASZKO, MONIKA TRZĄSKOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA, ILONA TWARDOWSKA, STEFAN RUTKOWSKI, MATEUSZ GEMBA: Szacowanie	

wzrostu i przeżywalności bakterii probiotycznych, psujących i patogennych w żywności z wykorzystaniem prognostycznej bazy danych (ProgBaz SGGW) .....	49
ALEKSANDRA OŁDAK, DOROTA ZIELIŃSKA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA: Porównanie aktywności antagonistycznej wykazywanej przez szczepy bakterii fermentacji mlekowej wyizolowane z różnych rodzajów żywności tradycyjnej .....	60
LIDIA PIEKARSKA-RADZIK, ELŻBIETA KLEWICKA, JOANNA MILALA, ROBERT KLEWICKI, NATALIA ROSÓŁ, BOŻENA MATYSIAK, MICHAŁ SÓJKA, JAROSŁAW MARKOWSKI: Wpływ polifenoli z wyciągów z pseudoowoców <i>Rosa rugosa</i> Thunb. na wzrost bakterii z rodzaju <i>Lactobacillus</i> ....	73
SYLWIA ŚCIESZKA, ELŻBIETA KLEWICKA, DOROTA ŻYŻELEWICZ: Wpływ alg <i>Chlorella vulgaris</i> na przeżywalność bakterii <i>Lactobacillus brevis</i> w obecności wysokich stężeń chlorku sodu .....	88
MARCIN KRUK, TOMASZ WÓJCIK, MONIKA TRZAŚKOWSKA: Zastosowanie naparu herbacianego kombucha i kultury symbiotycznej SCOBY do produkcji fermentowanego napoju mlekowego .....	97
ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA: Wpływ wybranych technologii mrożenia na liczbę bakterii <i>Lactobacillus casei</i> LOCK 0900, aktywność przeciwutleniającą i cechy sensoryczne sorbetów na bazie fermentowanej pulpy dyniowej .....	109
BEATA ŁASZKIEWICZ, PIOTR SZYMAŃSKI, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA: Wpływ wybranych szczepów bakterii kwasu mlekowego na przydatność technologiczną i jakość mikrobiologiczną mięsa drobiowego oddzielonego mechanicznie .....	122
ANNA OKOŃ, PIOTR SZYMAŃSKI, ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI: Wpływ serwatki kwasowej na jakość fizykochemiczną i stabilność barwy fermentowanych kielbas ekologicznych .....	135
DOROTA ZIELIŃSKA, ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, ANNA ŁEPECKA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA: Wpływ wybranych składników żywności na zachowanie żywotności bakterii <i>Lactobacillus</i> spp. w przewodzie pokarmowym – badania <i>in vitro</i> .....	148
ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS, ALICJA DŁUBAŁA, JUSTYNA MALEC: Wiązanie cholesterolu przez bakterie fermentacji mlekowej izolowane od dzieci .....	160
PAULINA MARKOWIAK-KOPEĆ, KATARZYNA ŚLIŻEWSKA: Przeżywalność mikroorganizmów probiotycznych w modelu <i>in vitro</i> układu pokarmowego drobiu .....	171
KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA, KATARZYNA DYBKA-STĘPIEŃ, HUBERT ANTOLAK: Izolacja i identyfikacja szczepów bakterii kwasu octowego o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych .....	183
AGNIESZKA CHLEBICZ-WÓJCIK, KATARZYNA ŚLIŻEWSKA, ADRIANA NOWAK: Właściwości probiotyczne drożdży <i>Saccharomyces cerevisiae</i> LOCK 0119 .....	196
GRAZYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym .....	210
DOROTA ŻYŻELEWICZ: XLIV Sesja Naukowa Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN .....	215
<b>Technolog Żywności</b> .....	<b>219</b>

## Nr 121

Od Redakcji .....	3
MIKOŁAJ NIEDEK, SYLWIA ŁABA, ANNA KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA, KAROL KRAJEWSKI, KRYSTIAN SZCZEPAŃSKI: Definiowanie strat i marnotrawstwa żywności .....	5
PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK: Dojrzewanie mięsa wołowego na sucho – aspekty technologiczne .....	17
HALINA MAKAŁA: Zastosowanie metody wysokich ciśnień w przetwórstwie mięsa i produktów mięsnych .....	38
EWELINA WĘSIERSKA: Ocena ilościowego i jakościowego składu mikroflory surowych wędlin dojrzewających za pomocą nowoczesnych metod diagnostycznych .....	54
MAGDALENA ŚWIĄTEK, WŁODZIMIERZ BEDNARSKI, KAROLINA SZYMAŃSKA, MARIUSZ ŚLIWIŃSKI: Żywieniowe i technologiczne aspekty występowania galaktozy w mleku i produktach mlecznych .....	66



AGATA ZNAMIROWSKA, MAGDALENA BUNIEWSKA, KATARZYNA SZAJNAR: Zastosowanie koncentratu i izolatu białek serwatkowych do produkcji mleka fermentowanego przez <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>Lactis</i> Bb-12 .....	77
ANNA ŁEPECKA, DOROTA ZIELIŃSKA, MONIKA BREJNAK, ALEKSANDRA OŁDAK, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Właściwości technologiczne szczepu <i>Lactobacillus rhamnosus</i> K3 wyizolowanego z kiszzonej kapusty i jego potencjalne wykorzystanie jako kultury startowej do żywności fermentowanej .....	89
ANNA WIRKIJOWSKA, PIOTR ZARZYCKI, <u>KAZIMIERZ NOWOROLNIK</u> , DANUTA LESZCZYŃSKA: Wpływ nawożenia azotowego na wartość technologiczną ziarna jęczmienia jarego .....	102
PATRYCJA SOWA, MARIA TARAPATSKYY, CZESŁAW PUCHALSKI, MAŁGORZATA DŻUGAN: Ocena jakości cynamonu dostępnego na polskim rynku na podstawie określenia stosunku zawartości aldehydu cynamonowego i kumaryny .....	113
WACŁAW ADAMCZYK: Rola ekoinnowacji w rozwoju produktów zrównoważonych .....	126
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym .....	136
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki .....	140
IZABELA SINKIEWICZ: Jubileusz 90-lecia urodzin prof. dr hab. Zdzisława Edmunda Sikorskiego .....	143
Prof. dr hab. Tadeusz Sikora Honorowym Profesorem Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie .....	147
<b>Technolog Żywności</b> .....	<b>152</b>
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 118 - 121 .....	156
Wykaz nazwisk Autorów w 2019 roku .....	160
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2019 roku .....	162

## WYKAZ AUTORÓW W 2019 ROKU

- Adamczak L. 119/43  
Adamczyk W. 121/126  
Andres K. 119/83  
Angowski M. 119/152  
Antolak H. 120/183  
Augustyńska-Prejsnar A. 118/125  
Bartosiak M. 119/95  
Bartoszek A. 118/5  
Bednarski W. 121/66  
Bogusławska-Wąs E. 120/160  
Brejnak M. 121/89  
Buniowska M. 121/77  
Calik J. 119/83  
Chajęcka-Wierzchowska W. 120/22  
Chilczuk B. 118/56  
Chlebicz-Wójcik A. 120/196  
Ciemński D. 119/95  
Czerniejewska-Surma B. 119/5  
Dłubala A. 120/160  
Dmytrów I. 118/95, 119/5  
Dolatowski Z.J. 120/135  
Domaradzki P. 121/17  
Duliński R. 118/15  
Dybka-Stepień K. 120/183  
Dziadkowiec J.M. 119/136  
Dżugan M. 121/113  
Flis M. 118/111  
Florek M. 121/17  
Gajewska M. 119/124  
Gemba M. 120/49  
Głowacka A. 119/124  
Godula K. 118/95, 119/5  
Golian J. 119/110  
Goryl A. 120/49  
Grela E.R. 118/111  
Gugała D. 118/111  
Gumułka M. 119/83  
Gutkowska K. 118/155  
Haska A. 119/18  
Jałosińska M. 120/49  
Jaworska D. 120/36  
Juszczak L. 118/179, 119/166, 121/140  
Kajak-Siemaszko K. 120/49  
Kaliniak A. 119/70  
Kamińska-Dwórznicza A. 121/5  
Karwowska M. 118/137  
Kiedos P. 118/45  
Kijek T. 119/152  
Klewicka E. 120/73, 120/88  
Klewicki R. 120/73  
Kołodziejski A. 118/111  
Kołozyn-Krajewska D. 120/5, 120/49, 120/60, 120/122, 120/148, 121/89  
Kononiuk A.D. 118/137  
Koss-Mikołajczyk I. 118/5  
Kowalska M. 118/79  
Krajewski K. 121/5  
Krawczyk J. 119/83  
Kruk M. 120/97  
Kudlik M. 119/43  
Leszczyńska D. 121/102  
Litwińczuk Z. 121/17  
Łaba S. 121/5  
Łaszkiwicz B. 120/122  
Łepecka A. 120/148, 121/89  
Makala H. 119/55, 121/38  
Malec J. 120/160  
Marciniak-Lukasiak K. 118/79  
Markowiak-Kopeć P. 120/171  
Markowski J. 120/73  
Martyniuk E. 119/18  
Materska M. 118/56  
Matysiak B. 120/73  
Michałojć Z. 118/56  
Milala J. 120/73  
Mińkowski K. 119/95  
Mituniewicz-Malek A. 118/95  
Morkis G. 118/173, 119/162, 120/210, 121/136  
Mulawka E. 118/95  
Neffe-Skocińska K. 120/183  
Niedek M. 121/5  
Niemczyńska K. 119/83  
Nowak A. 120/196  
Noworolnik K. 121/102

- Okoń A. 120/135  
Ołdak A. 120/60, 121/89  
Ormian M. 118/125  
Piekarska-Radzik L. 120/73  
Pietrzak D. 119/43  
Plust D. 119/5  
Puchalski C. 121/113  
Rogowska A. 118/125  
Rosiak E. 120/36, 120/49  
Rosół N. 120/73  
Rutkowski S. 120/49  
Sajdakowska M.  
Sawicki W. 119/32  
Ševelová M. 119/110  
Sikora T. 118/30  
Sinkiewicz I. 121/143  
Sionek B. 120/5  
Skrzypek A. 119/152  
Sobota A. 118/67  
Sokolowicz Z. 118/125  
Sowa P. 121/113  
Sójka M. 120/73  
Staszowska-Karkut M. 118/56  
Surma O. 119/5  
Sykut-Domańska E. 118/67  
Szajnar K. 121/77  
Szczepański K. 121/5  
Szydłowska A. 120/109, 120/148  
Szymańska I. 118/79  
Szymańska K. 121/66  
Szymański P. 120/122, 120/135  
Ścieszka S. 120/88  
Śliwiński M. 121/66  
Śliżewska K. 120/171, 120/196  
Świątek M. 121/66  
Święs D. 118/3  
Tarapatsky M. 121/113  
Trząskowska M. 120/49, 120/97  
Twardowska I. 120/49  
Udarcić Ż. 118/79  
Węsierska E. 119/83, 121/54  
Wirkijowska A. 118/67, 121/102  
Wójcik T. 120/97  
Wójcik-Stopczyńska B. 118/45  
Zadernowska A. 120/22  
Zarzycki P. 118/67, 121/102  
Zielińska D. 120/49, 120/60, 120/109, 120/148,  
121/89  
Znamirowska A. 121/77  
Zwolan A. 119/43  
Żakowska-Biemans S. 118/155  
Żbikowska A. 118/79  
Żych A. 119/32  
Żyżelewicz D. 120/88, 120/215

## WYKAZ RECENZENTÓW W 2019 ROKU

Zamykamy kolejny rok wydawania kwartalnika „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”. Redakcja pragnie przekazać PT Recenzentom wyrazy wdzięczności i szacunku za tegoroczną, społeczną pracę na rzecz naszego czasopisma. Opinie Państwa – Recenzentów są niezmiernie ważne w pracy nad kształtowaniem odpowiedniego poziomu naukowego czasopisma. Serdecznie za nie dziękujemy.

1. Prof. dr hab. inż. Ewa Babicz-Zielińska, Wyższa Szkoła Zdrowia w Gdańsku
2. Dr inż. Maria Baranowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
3. Prof. dr hab. Joanna Barłowska Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
4. Prof. dr hab. Anna Brzozowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
5. Prof. dr hab. Józef Błazewicz, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
6. Dr. inż. Sylwia Bonin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
7. Prof. dr hab. inż. Alicja Ceglińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
8. Dr inż. Wioleta Chajęcka-Wierzchowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
9. Prof. dr hab. inż. Katarzyna Czaczyk, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
10. Prof. dr hab. Janusz Czapski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
11. Dr hab. inż. Ewa Czarniecka-Skubina, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
12. Prof. dr hab. inż. Anna Czubaszek, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
13. Prof. dr hab. Tomasz Daszkiewicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
14. Dr hab. inż., prof. ZUT Izabela Dmytrów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
15. Prof. dr hab. Zbigniew Dolatowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
16. Prof. dr hab. inż. Jacek Domagała, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
17. Dr hab. inż., prof. UR. Małgorzata Dżugan, Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
18. Prof. dr hab. Mariola Friedrich, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
19. Prof. dr hab. inż. Halina Gambuś, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
20. Dr hab. inż., prof. UR Piotr Gębczyński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
21. Dr hab. inż., prof. UP Paweł Glibowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

22. Prof. dr hab. Danuta Górecka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
23. Prof. dr hab. inż. Jan Grajewski, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
24. Dr hab., prof. IERiGŻ. Renata Grochowska, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie
25. Prof. dr hab. Krystyna Gutkowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
26. Prof. dr hab. inż. Waldemar Gustaw, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
27. Dr hab. Danuta Jaworska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
28. Prof. dr hab. inż. Grażyna Jaworska, Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
29. Prof. dr hab. Marzena Jeżewska-Zychowicz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
30. Prof. dr hab. inż. Lesław Juszczak, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
31. Dr hab. inż. Stanisław Kalisz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
32. Prof. dr hab. Małgorzata Karwowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
33. Dr hab., prof. UR Karen Khachatryan, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
34. Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
35. Dr hab. inż., prof. PŁ Elżbieta Klewicka, Politechnika Łódzka w Łodzi
36. Prof. dr hab. Józef Korczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
37. Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
38. Prof. dr hab. Jacek Kondratowicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
39. Dr hab. inż., prof. UWM Iwona Konopka, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
40. Prof. dr hab. Józef Korczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
41. Prof. dr hab. inż. Tomasz Lesiów, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
42. Prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, Politechnika Łódzka w Łodzi
43. Prof. dr hab. inż. Katarzyna Majewska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
44. Dr hab. inż. Katarzyna Marciniak-Łukasiak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
45. Dr hab. inż., prof. SGGW Agata Marzec, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
46. Dr hab. inż. Anna Michalska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
47. Prof. dr hab. Władysław Migdał, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
48. Dr hab. inż., prof. ZUT Anna Mituniewicz-Małek, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

49. Dr hab., prof. UWM Monika Modzelewska-Kapituła, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
50. Dr hab. inż., prof. UWM Waław Mozolewski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
51. Prof. dr hab. inż. Ewa Nebesny, Politechnika Łódzka w Łodzi
52. Dr inż. Katarzyna Neffe-Skocińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
53. Prof. dr hab. Małgorzata Nogala-Kałuca, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
54. Dr inż. Anna Okoń, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie
55. Prof. dr hab. Irena Ozimek, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
56. Prof. dr hab. Jan Oszmiański, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
57. Dr hab. inż. Dorota Piasecka-Kwiatkowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
58. Prof. dr hab. Lucyna Polak-Juszczak, Morski Instytut Rybacki – PIB w Gdyni
59. Dr hab. inż., prof. UEK, Stanisław Popek, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
60. Prof. dr hab. Edward Pospiech, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
61. Dr hab. Aleksander Siger, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
62. Prof. dr hab. inż. Marek Sikora, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
63. Prof. dr hab. Tadeusz Sikora, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
64. Dr hab. inż., prof. UR Sylwester Smoleń, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
65. Dr hab. inż., prof. UR Zofia Sokołowicz, Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
66. Prof. dr hab. Ewa Solarska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
67. Dr hab. inż., prof. UP Bartosz Sołowiej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
68. Prof. dr hab. Joanna Stadnik, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
69. Dr hab. inż., prof. PG Hanna Staroszczyk, Politechnika Gdańska w Gdańsku
70. Dr inż. Tomasz Szablewski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
71. Prof. dr hab. Tadeusz Szmańko, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
72. Dr hab. Krystyna Szymandera-Buszka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
73. Dr inż. Piotr Szymański, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie
74. Dr hab. inż., prof. PŁ Katarzyna Śliżewska, Politechnika Łódzka w Łodzi
75. Prof. dr hab. Maria Śmiechowska, Uniwersytet Morski w Gdyni
76. Prof. dr hab. Michał Świeca, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
77. Prof. dr hab. Agnieszka Tajner-Czopek, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
78. Dr hab. inż., prof. UWM Anna S. Tarczyńska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
79. Dr hab. inż. Monika Trząskowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

80. Prof. dr hab. Tomasz Twardowski, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu
81. Dr inż. Maria Walczycka, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
82. Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
83. Dr hab. Ewelina Węsierska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
84. Dr hab. inż., prof. UR Robert Witkiewicz, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
85. Dr hab. inż., prof. UWM Małgorzata Woźniak, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
86. Dr hab. inż., prof. SGGW Małgorzata Wroniak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
87. Dr hab. inż., prof. UWM Anna Zadernowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
88. Prof. dr hab. inż. Kazimiera Zgórska, Politechnika Koszalińska w Koszalinie
89. Dr hab., prof. SGGW Małgorzata Ziarno, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
90. Dr hab. inż. Dorota Zielińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
91. Dr hab., prof. SGGW Anna Żbikowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
92. Dr hab. inż., prof. ZUT Joanna Żochowska-Kujawska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

**Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji  
Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności**

<b>PREZES / ODDZIAŁ</b>	<b>ADRES</b>
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita Prezes PTTŻ	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: (71) 320-77-62; e-mail: agnieszka.kita@upwr.edu.pl
Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk Sekretarz PTTŻ	PŁ, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ Tel.: (42) 631-27-77; e-mail: krzysztof.kolodziejczyk@p.lodz.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Aleksandra Wilczyńska Oddział Gdański	UM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: (58) 558-62-81; e-mail: a.wilczyńska@wpit.umg.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Małgorzata Karwowska Oddział Lubelski	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: (81) 462-33-41; e-mail: malgorzata.karwowska@up.lublin.pl
Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk Oddział Łódzki	PŁ, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ Tel.: (42) 631-27-77; e-mail: krzysztof.kolodziejczyk@p.lodz.pl
Dr hab. inż. prof. nadzw. Mariusz Witczak Oddział Małopolski	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW Tel.: (12) 662-48-35; e-mail: rrwitcza@cyf-kr.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Iwona Konopka Oddział Olsztyński	UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-726 OLSZTYN Tel.: (89) 523-34-66; e-mail: iwona.konopka@uwm.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Małgorzata Dżugan Oddział Podkarpacki	UR w Rzeszowie, ul. M. Ćwiklińskiej 2, 35-601 RZESZÓW Tel.: (17) 872-16-19; e-mail: mdzugan@ur.edu.pl
Dr hab. prof. nadzw. Izabela Dmytrów Oddział Szczeciński	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: (91) 449-65-00; e-mail: izabela.dmytrow@gmail.com
Dr hab. inż., prof. nadzw. Ewa Jakubczyk Oddział Warszawski	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: (22) 593-75-62; e-mail : ewa_jakubczyk@sggw.pl
Dr hab. inż. Małgorzata Gumienna Oddział Wielkopolski	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 848-72-67; e-mail: gumienna@up.poznan.pl
Prof. dr hab. inż. Joanna Kawa-Rygielska Oddział Wrocławski	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: (71) 320-77-64; e-mail: pttz_ow@wnoz.up.wroc.pl joanna.kawa-rygielska@upwr.edu.pl
<b>SEKCJE</b>	
Dr Karol Krajewski Ekonomiczna	Politechnika Koszalińska, ul. Kwiatkowskiego 6e, 75-343 KOSZALIN Tel.: 609-807-618; e-mail: janjasienczyk@poczta.onet.pl
Dr inż. Arkadiusz Żych Technologii Mięsa	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: (91) 449-66-00 wew. 6583; e-mail: arkadiusz.zych@zut.edu.pl
Dr hab. inż. Magdalena Rudzińska, prof. Chemii i Technologii Tłuszczów	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 848-72-76; e-mail: magdar@up.poznan.pl
Prof. dr hab. inż. Antoni Gołachowski Technologii Węglowodanów	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: (71) 320-77-68; e-mail: antoni.golachowski@upwr.edu.pl
Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak Technologii Owoców i Warzyw	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 846-60-43; e-mail: dorota.walkowiak@up.poznan.pl
Dr inż. Monika Przeor Młodej Kadry Naukowej	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 848-73-30; e-mail: monika.przeor@up.poznan.pl