

ŻYWNOSĆ

Nauka
Technologia
Jakość

FOOD

Science
Technology
Quality



Kwartalnik
Nr 4
Kraków 2024

Nr 4 (141); Rok 31
ISSN 2451-0769
e-ISSN 2451-0777





ŻYWNOSĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 4 (141)

Kraków 2024

Rok 31

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – kwartalnik

Nr 4 (141)

Kraków 2024

Rok 31

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
BARBARA STACHOWIAK, KACPER ZIEMBIKIEWICZ, ANNA KACZMAREK: Wykorzystanie drożdży probiotycznych <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. Boulardii do refermentacji piwa pszenicznego	5
BOHDAN TSIZH, INNA SKULSKA, ORYSIA TSISARYK, NATALYA SLYVKA, LUBOV MUSIY, IRYNA SLYVKA: Charakterystyka przebiegu procesów proteolitycznych w bryndzy o obniżonej zawartości soli kuchennej	23
EWA KULCZYK-MAŁYSA, ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS: Optymalizacja warunków biosyntezy wybranych karotenoidów przez drożdże z rodzaju <i>Rhodotorula</i>	45
VIKAS MAHOR, PRACHI SINGH: Postęp w technologiach głębokiego uczenia się stosowanych w procesach wykrywania i klasyfikacji w przemyśle spożywczym	63
KAROLINIA MROCZEK, MACIEJ KLUZ, MARCIN BAJCAR, BOGDAN SALETNIK, GRZEGORZ ZAGUŁA: Domowe systemy oczyszczania wody domowej jako źródło związków jonowych	83
FREDY PATTIPEILOHY, TRIJUNIANO MONIHARAPON, DOMEY LOWITS MONIHARAPON: Wpływ wielopoziomowego moczenia w roztworze proszku z nasion atung (<i>Parinarium glaberrimum</i> , hassk) i rodzaju opakowania na jakość suszonych solonych ryb	100
LEONID D. TULUSH, NATALIJA H. VYHOVSKA, IVAN V. SVYNOUS, IRYNA A. CHKAN, MARYNA A. MELNIK: Ewolucja geo-ekonomiczna w polityce finansowej i kredytowej przemysłu rolno-spożywczego na Ukrainie	117
ANNA KONIECZNA-MOLENDA: Zastosowanie glukozyłtransferazy cyklodekstrynowej (CGTazy) immobilizowanej na skrobi dialdehydowej (DAS) do otrzymywania cyklodekstryn ..	144
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i innym	155
X Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu ŻYWNOŚĆ – ŻYWIENIE – DIETETYKA nt. „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne”	157
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Zdzisław Targoński 1947-2024	160
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. inż. Piotr Tomasik 1937-2024	164
Z żałobnej karty: Dr hab. Zenon Kędzior 1950-2024	170
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 138 – 141	172
Wykaz nazwisk Autorów w 2024 roku	176
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2024 roku	178
Technolog Żywności	181

Zamieszczone artykuły są recenzowane

Czasopismo jest referowane przez: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef, EBSCO, Electronic Journal Library, JouroScope, ResearchGate

Redaktor naczelny: prof. dr hab. Lesław Juszcak; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl; tel. 12 662-47-78

Zastępca redaktora naczelnego: prof. dr hab. inż. Mariusz Witczak

Sekretarz redakcji (kontakt z autorami): e-mail: redakcja@pttz.org

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 hab. Anna Piechnik, prof. UJ

Redaktor statystyczny: prof. dr hab. Mariusz Witczak

Stali współpracownicy: dr Grażyna Morkis (Kraków)

Rada Naukowa: prof. dr hab. Tadeusz Sikora (*przewodniczący*), prof. dr hab. Grażyna Bortnowska, prof. dr hab. Jacek Domagała, prof. dr hab. Jozef Golian (Słowacja), prof. dr hab. Anna Gramza-Michałowska, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr hab. Grażyna Jaworska, prof. dr hab. Henryk Jeleń, prof. dr hab. Mirosława Kačániová (Słowacja), prof. dr hab. Joanna Kawa-Rygielska, prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr hab. Elżbieta Klewicka, prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, prof. dr hab. Jolanta Król, prof. dr hab. Katarzyna Majewska, prof. dr hab. Stanisław Mleko, prof. dr hab. Mariusz Piskuła, prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, prof. dr hab. Dorota Żyżelewicz.

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTI WYDAWNICTWO
NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994-1999 wydawcą czasopisma był Oddział Małopolski PTTŻ

© *Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2024*
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

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

W grudniu 2024 roku mija trzydzieści lat od wydania pierwszego numeru naszego czasopisma. W grudniu 1994 r. dzięki staraniom i zaangażowaniu prof. dr hab. Tadeusz Sikory, ukazał się pierwszy numer kwartalnika: ŻYWNOŚĆ. Technologia. Jakość. Na przestrzeni lat czasopismo stale doskonaliło swój poziom edytorski i merytoryczny. Był to przykład inicjatywy, która dzięki entuzjazmowi, uporowi i działalności społecznej rozwijała się i dojrzewała.

Obecnie czasopismo pod zmodyfikowanym tytułem: ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość jest wydawane przez Wydawnictwo Naukowe PTTŻ jako czasopismo ogólnopolskie o zasięgu międzynarodowym. Na naszych łamach zamieszczamy artykuły z zakresu nauki o żywności i żywieniu. Czasopismo adresowane jest do pracowników nauki i technologów żywności, a także menedżerów i studentów.

Podziękowania za to, że czasopismo trwa należą się wszystkim życzliwym. Szczególne podziękowania kieruję do członków Rady Naukowej oraz Recenzentów za ich bezinteresowny trud oceny artykułów. Podziękowania należą się również Autorom, którzy chcą w czasopiśmie publikować – bez Autorów żadne czasopismo nie może istnieć.

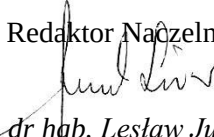
Przekazujemy Państwu nr 4(141) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce z zakresu nauk o żywności i żywieniu.

Zapraszamy również do lektury tzw. stałych działów, w których zamieściliśmy m.in. informacje o wybranych konferencjach, w tym współorganizowanych przez Polskie Towarzystwo Technologów Żywności oraz zmianach w prawie żywnościowym.

Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej: <http://wydawnictwo.pttz.org> oraz strony Zarządu Głównego PTTŻ: <https://pttz.org/pl>

Kraków, grudzień 2024 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszcza

Publikacja dofinansowana z projektu „Rozwój dobrych praktyk wydawniczych i edytorskich oraz digitalizacja publikacji naukowych wydawanych w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w latach 2021-2023” - zadanie finansowane w ramach umowy RCN/SN/0195/2021/1 ze środków Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój czasopism naukowych”.



KATEDRA TECHNOLOGII GASTRONOMICZNEJ I HIGIENY ŻYWNOŚCI
Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie,
KATEDRA DIETETYKI I BADAŃ ŻYWNOŚCI Wydział Nauk Ścisłych,
Przyrodniczych i Technicznych UJD w Częstochowie
POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI - Zarząd Główny
SEKCJA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCI Komitetu Nauk o Żywności
i Żywieniu PAN
zapraszają na:

KROKUSOWE XV SYMPOZJUM NAUKOWE
„Probiotyki i Prebiotyki w Żywności“
02 – 04 kwietnia 2025 KIRY k. ZAKOPANEGO

Zgłoszenia: <https://forms.office.com/e/aKafAn0yB0>
Kontakt: mgr Marcelina Karbowski tel. 22 59 37 068
e-mail: symposium_probiotyki@sggw.edu.pl



KATEDRA TECHNOLOGII GASTRONOMICZNEJ I HIGIENY ŻYWNOŚCI
Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie,
KATEDRA DIETETYKI I BADAŃ ŻYWNOŚCI Wydział Nauk Ścisłych,
Przyrodniczych i Technicznych UJD w Częstochowie
POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI - Zarząd Główny
SEKCJA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCI Komitetu Nauk o Żywności
i Żywieniu PAN
zapraszają na:

IX SYMPOZJUM NAUKOWE z cyklu
“Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności”
07 – 09 kwietnia 2025 KIRY k. ZAKOPANEGO

Zgłoszenia: <https://forms.office.com/e/R4s0TKbjzs>
Kontakt: dr hab. Marzena Tomaszewska tel.: +48 22 593 70 75
e-mail: symposium_bezpieczenstwo@sggw.edu.pl

BARBARA STACHOWIAK, KACPER ZIEMBIKIEWICZ, ANNA KACZMAREK

WYKORZYSTANIE DROŻDŻY PROBIOTYCZNYCH *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* VAR. *BOULARDII* DO REFERMENTACJI PIWA PSZENICZNEGO

Streszczenie

Wprowadzenie. Refermentacja piwa polega na przeprowadzeniu dodatkowej fermentacji w zamkniętym opakowaniu. Warunkiem refermentacji jest obecność cukrów fermentowalnych. Proces ten jest inicjowany poprzez drożdże obecne w piwie lub inne, wprowadzone celowo. Podczas refermentacji drożdże wykorzystują cukry fermentowalne, produkując alkohol i CO₂; jednocześnie zużywany jest tlen odpowiedzialny za niekorzystne zmiany oksydacyjne piwa. Celem niniejszej pracy była ocena przydatności drożdży *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM I-745 (*S. boulardii*) do refermentacji piwa pszenicznego. Piwo wytworzono z udziałem drożdży WB-06, które następnie odseparowano na drodze mikrofiltracji. Otrzymane piwo bazowe rozlano do butelek i zaszczepiono inokulum *S. boulardii* na trzech poziomach 0,1 %, 0,5 % i 1 %. Jako substrat do refermentacji zastosowano glukozę. Refermentację tak przygotowanych piw testowych prowadzono 12 dni w 22 °C, a następnie umieszczono je w chłodni na 90 dni. Kontrolę stanowiły piwa bez dodatku glukozy. Podczas refermentacji i przechowywania piw kontrolowano liczebność drożdży *S. boulardii* oraz parametry fizykochemiczne (alkohol, ekstrakt pozorny i rzeczywisty, pH, barwę, goryczkę, cukry redukujące).

Wyniki i wnioski. Otrzymane wyniki wskazują, że refermentacja piwa pszenicznego z udziałem drożdży *S. boulardii* – bez względu na wariant (kontrolny, testowy) – pozwala uzyskać produkt o parametrach fizykochemicznych typowych dla stylu. Ponadto wykorzystanie tych drożdży do procesu refermentacji umożliwiło otrzymanie produktu o charakterze probiotyku. Najlepszym wariantem piwa w kontekście przeżywalności *S. boulardii* okazał się B-0,1, tj. piwo szczepione 0,1-procentowym dodatkiem inokulum drożdży i z dodatkiem glukozy. W piwie tym liczebność drożdży pozostawała stabilna (w zakresie $5,8 \div 5,9 \log \text{kom./cm}^3$) od 7. dnia refermentacji do 90. dnia przechowywania w warunkach chłodniczych.

Słowa kluczowe: *Saccharomyces boulardii*, drożdże probiotyczne, piwo funkcjonalne, piwo pszeniczne, refermentacja

Wprowadzenie

Do najpopularniejszych metod utrwalenia piwa należą pasteryzacja (w przepływie, tunelowa) i mikrofiltracja. Metody te, choć dobrze poznane i wysoce skuteczne w stabilizacji mikrobiologicznej piwa, nie są pozbawione jednak pewnych wad. Pasteryzacja opracowana w XIX w. przez Ludwika Pasteura, pozwala na inaktywację komórek drożdży i drobnoustrojów „psujących piwo” dzięki zastosowaniu odpowiednio wysokiej temperatury (zwykle w zakresie $60 \div 70$ °C) w określonym czasie [6]. Prawidłowo przeprowadzona pasteryzacja nie ma wpływu na walory sensoryczne piwa, choć negatywnie oddziałuje na obecne w nim termowrażliwe składniki żywieniowe, np. witaminy z grupy B (kwas foliowy, pantotenowy, pirydoksyna). Badania wskazują również na niekorzystny wpływ pasteryzacji na jakość piwa podczas przechowywania, m.in. na jego barwę, goryczkę, zawartość polifenoli i związków lotnych. Z kolei tzw. przepasteryzowanie wnosi do piwa nuty związane z tworzeniem związków melanoidynowych, m.in. przypieczonej skórki chleba, tostowe [4].

Mikrofiltracja, czyli sterylizacja „na zimno”, wskazywana jest często jako metoda zapewniająca lepszą jakość produktu i oszczędność kosztów w porównaniu z pasteryzacją. Polega na odseparowaniu niepożądanych drobnoustrojów z piwa dzięki zastosowaniu membran o porowatości $0,2 \div 1,3$ μm [13]. Technika ta pozwala stosunkowo łatwo osiągnąć stabilność mikrobiologiczną piwa. Jednak podczas mikrofiltracji usuwane są z piwa duże cząsteczki, m.in. białka i produkty ich hydrolizy, zarówno te o charakterze hydrofobowym, jak i hydrofilowym, które są odpowiedzialne odpowiednio za stabilność piany i tworzenie zmętnień zimnych. Ponadto oddzielenie białek z piwa obniża jego wartość żywieniową i negatywnie wpływa na sensorykę (pełnię smakową). Podczas mikrofiltracji z piwa usuwane są również związki polifenolowe o potencjale prozdrowotnym, głównie antyoksydacyjnym [19]. Stąd do poważnych wad mikrofiltracji należą duże różnice w jakości pomiędzy różnymi markami piwa filtrowanego na jednym systemie membranowym [13].

Refermentacja (kondycjonowanie w butelce) to naturalna metoda utrwalenia piwa, która polega na przeprowadzeniu dodatkowej fermentacji w zamkniętym opakowaniu. Rozwój tej metody stał się możliwy dzięki wynalezieniu beczek, a następnie butelek i zamknięć do butelek, co miało miejsce odpowiednio w XVIII i XIX wieku. Pierwotnie proces ten był prowadzony celem wysycenia piwa dwutlenkiem węgla. Warunkiem refermentacji jest dostępność cukrów fermentowalnych, które są dodawane do piwa podczas rozlewu, np. w postaci syropu, czy opcjonalnie soków owocowych oraz obecność żywych i aktywnych metabolicznie komórek drożdży [31].

Refermentacja jest najczęściej inicjowana przez obecne już w piwie drożdże browarnicze lub inne szczepy wprowadzane celowo. Podczas pierwszej fazy refermentacji obecne w piwie drożdże namnażają się i zużywają dostępny tlen. Następnie prowadzą fermentację etanolową. W efekcie wzrasta stężenie alkoholu, piwo wysyca się dwu-

tlenkiem węgla, poprawia się profil smakowo-zapachowy produktu (m.in. obniża się poziom diketonów pokrewnych i aldehydów) [7, 31]. Zatem refermentacja jest również metodą stabilizacji, gdyż zapobiega niekorzystnym zmianom oksydacyjnym, określanym potocznie jako starzenie się piwa. Przejawia się ono zmianą smaku i zapachu, utratą goryczki, aromatu, a nawet destabilizacją koloidalną. Stąd użyty do refermentacji szczep drożdży, jego stan fizjologiczny, liczebność, a także wytwarzana ilość i profil związków lotnych determinują jakość finalnego produktu [16]. Należy podkreślić, że refermentowane piwa charakteryzują się unikalnymi walorami smakowo-zapachowymi oraz znacznie wyższą wartością żywieniową w porównaniu z piwami pasteryzowanymi czy utrwalonymi na drodze mikrofiltracji [6]. To tzw. piwa żywe, zawierające aktywne metabolicznie komórki drożdży odpowiedzialne za przeprowadzenie procesu.

Drożdże odpowiedzialne za refermentację muszą się charakteryzować dobrą przeżywalnością w środowisku piwa, gdyż nie sprzyja ono ich rozwojowi, co można częściowo wytłumaczyć trudnymi warunkami środowiskowymi tj. połączeniem małej dostępności składników odżywczych i tlenu, wahań temperatury, niskiego pH oraz wysokiego stężenia alkoholu i CO₂. Stąd podczas refermentacji liczebność drożdży obniża się, a ich autoliza prowadzi do zmian profilu sensorycznego piwa i stabilności piany [7]. Pewnym niebezpieczeństwem, jakie wiąże się z refermentacją, jest nadmierna produkcja CO₂ i możliwość „wybuchu” butelki na półkach sklepowych lub niedogazowanie piwa. Stąd istotny jest staranny dobór parametrów tego procesu, które obejmują podaż odpowiedniej ilości substratu cukrowego oraz ilości drożdży do jego przeprowadzenia.

W ostatnich latach coraz częściej prowadzone są badania dotyczące opracowania piw z udziałem probiotycznych drożdży *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* [1, 2, 5]. Opracowanie piwa zawierającego drobnoustroje probiotyczne wpisuje się w mocno zaznaczony na rynku nurt premiumizacji. Wynika on ze wzrostu zainteresowania zdrowym stylem życia i świadomą konsumpcją, również alkoholu. Konsumenci są bardziej wymagający i skłonni płacić więcej za piwo o wysokiej jakości i walorach prozdrowotnych. Korzystne oddziaływanie *S. boulardii* wiąże się z profilaktyką i leczeniem zaburzeń jelitowo-żołądkowych i biegunek o różnej etiologii zarówno u dzieci, jaki i u dorosłych (biegunki infekcyjne, poantybiotykowe, podróżne, i in.). Jednak w przeciwieństwie do innych probiotyków drożdże te nie występują naturalnie w układzie pokarmowym i nie są zdolne do adhezji i kolonizacji nabłonka jelitowego, a jedynie bytują tam czasowo zanim ulegną wydaleniu. Pomimo to spełniają szereg wymagań stawianych probiotykom, m.in. charakteryzują się bardzo dużą termoopornością, która pozwala im przeżyć w temperaturze ciała (37 °C), tolerują bardzo dobrze niskie pH żołądka i obecność soli kwasów żółciowych. Są naturalnie odporne na antybiotyki [14, 23].

Drożdże *S. boulardii*, w przeciwieństwie do innych probiotyków (bakterii z rodzajów *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*), są wyjątkowo predysponowane do przetrwania w środowisku piwa. Charakteryzują się dobrą tolerancją na niskie pH i izo- α -kwasy ekstrahowane z chmielu. Stwierdzono również, że przy IBU 30 wpływ goryczy jest wciąż nieistotny dla ich wzrostu [21]. Należy również zaznaczyć, że *S. boulardii* są zdolne do przeprowadzenia fermentacji chmielonej brzeczki piwnej, zarówno w temperaturze 30 °C, jak i w niskich temperaturach (2 °C). Istotny jest fakt, że piwo wyprodukowane z udziałem *S. boulardii* charakteryzuje się sensoryką zbliżoną do piw warzonych z użyciem drożdży piwnych [21, 23].

Celem niniejszych badań była ocena przydatności drożdży *Saccharomyces boulardii* do refermentacji piwa pszenicznego górnej fermentacji w stylu Weizen. Piwo to od szeregu lat cieszy się niesłabnącym zainteresowaniem konsumentów.

Materialy i metody

Materialy

Wykorzystane w badaniach piwo wytworzono z gotowego zestawu surowców pn. „Prawdziwe Pszeniczne 12 °Blg” (Twój Browar S.C., Wrocław). Skład surowcowy w przeliczeniu na 40 l piwa był następujący: ześrutowane słody: pszeniczny – 5 kg, pilzneński – 3 kg, karmelowy jasny – 0,4 kg; chmiel Lubelski (granulat) – 40 g. Do fermentacji brzeczki użyto drożdże górnej fermentacji Fermentis Saffbrew WB-06 (Lessafrre, Francja). Natomiast do refermentacji zastosowano *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* szczep CNCM I-745 (Bart sp. z o.o. spk. Słupno). Drożdże reaktywowano w następujący sposób: w kolbach Erlenmayera poj. 300 cm³ przygotowano 200 cm³ 5 % roztworu ekstraktu słodowego [w/v] (S-0005, BTL, sp. z o. o., Łódź), do którego wprowadzono 5 g suchych drożdży. Całość inkubowano w temperaturze 30 °C przez cztery godziny, w warunkach dynamicznych (120 obr./min.). Tak przygotowane drożdże stanowiły inokulum, które bezpośrednio wprowadzano do brzeczki chmielonej i piwa rozlanego do butelek celem refermentacji. Wszystkie operacje wykonano w warunkach jałowych.

Do dezynfekcji i odkażania linii produkcyjnej wykorzystano preparaty: Star San (Five Star Chemicals[®] Supply Inc, USA) dedykowany do mycia i dezynfekcji urządzeń produkcyjnych ze stali nierdzewnej oraz Larasept Forte (HHS Chemicals sp. z o.o., Ryki) – 20-procentowy roztwór kwasu nadoctowego do dezynfekcji ogólnej układu zamkniętego (przewody transportowe).

Przebieg doświadczeń

Przygotowanie piwa

Do wytworzenia piwa wykorzystano urządzenia produkcyjne z linii Grainfather (Twój Browar S.C., Wrocław): kocioł zacierno-warzelny o objętości 70 dm³ (G70 v2), dwa fermentory stożkowe o objętości 30 dm³ (Grainfather GF30 Conical Fermenter Pro), chłodziarkę glikolową (Grainfather GC4Glycol Chiller) do kontroli temperatury fermentacji. Urządzenia produkcyjne przed warzeniem poddano procesom mycia i dezynfekcji.

Celem przygotowania brzeczki w kotle zacierno-warzelnym podgrzano 32 dm³ wody bieżącej do temperatury 53 °C i wprowadzono ześrutowane słody. Podczas zacierania zastosowano trzy przerwy temperaturowe, aby umożliwić aktywność odpowiednim grupom enzymów: 50 ÷ 52 °C przez 15 minut (przerwa białkowa); 62 °C przez 20 minut (przerwa maltozowa); 72 °C aż do negatywnego wyniku próby jodowej (przerwa dekstrynująca – ok. 40 min.). Celem inaktywacji enzymów zacier podgrzano do temperatury 76 ÷ 78 °C. Wygrzew (*mash out*) prowadzono przez 5 minut.

W kolejnym etapie przeprowadzono filtrację zacieru systemem grawitacyjnym, połączoną z wysładzaniem młota. Do wysładzania zużyto 20 dm³ wody o temperaturze 78 °C. Łączny czas operacji trwał 40 minut. Klarowną brzeczkę odebrano do zbiornika buforowego, a następnie zawrócono do pustego kotła zacierno-warzelnego, zagotowano i dodano chmiel. Całość gotowano 60 minut. Po wybiuciu brzeczkę schłodzono i przetransportowano do dwóch fermentorów stożkowych (po ok. 20 dm³ do każdego) i zaszczepiono drożdżami Fermentis Safbrew WB-06 w ilości 1 % obj., tj. do każdego fermentora wprowadzono po 200 cm³ inokulum. Fermentację prowadzono w 16 °C aż do momentu uzyskania założonego stopnia odfermentowania (70 %), codziennie kontrolując ekstrakt pozorny (E_p) (refraktometr HI 96803, Hanna Instruments, USA). Następnie podniesiono temperaturę do 18 °C i fermentację kontynuowano do momentu aż wartość E_p osiągnęła stały poziom. Następnie temperaturę piwa obniżono do 5 °C i na okres 11 dni pozostawiono celem dojrzewania i stabilizacji koloidalnej. W trakcie procesu ze stożka fermentora dwukrotnie w drugim i piątym dniu oddzielono osad drożdżowy. Piwo z fermentorów przefiltrowano przez filtr płytowy (PLF-SSP2020, Czech Brewery System, republika Czeska) do zbiornika buforowego. Do filtracji zastosowano płyty filtracyjne EUROPOR 400 × 400 K3 (Czech Brewery System, Republika Czeska). Po mikrofiltracji piwo rozlano po 500 cm³ do wysterylizowanych w autoklawie butelek. Do wariantów piw testowych (B) dodano glukozę (D-018, BTL sp. z o.o., Łódź) w ilości 2,5 g do każdej butelki, a następnie wprowadzono inokulum drożdży *S. boulardii* szczep CNCM I-745. Kontrolę stanowiły piwa bez dodatku glukozy.

Przygotowano sześć wariantów piw:

Piwa kontrolne (K)

- (1) K-0,1 – piwo kontrolne z dodatkiem inokulum drożdży *S. boulardii* na poziomie 0,1 % [v/v]
- (2) K-0,5 – piwo kontrolne z dodatkiem inokulum drożdży *S. boulardii* na poziomie 0,5 % [v/v]
- (3) K-1 – piwo kontrolne z dodatkiem inokulum drożdży *S. boulardii* na poziomie 1 % [v/v]

Piwa testowe (B):

- (4) B-0,1 – piwo z dodatkiem inokulum drożdży *S. boulardii* na poziomie 0,1 % [v/v] oraz z dodatkiem glukozy
- (5) B-0,5 – piwo z dodatkiem inokulum drożdży *S. boulardii* na poziomie 0,5 % [v/v] oraz z dodatkiem glukozy
- (6) B-1 – piwo z dodatkiem inokulum drożdży *S. boulardii* na poziomie 1 % [v/v] oraz z dodatkiem glukozy.

Proces refermentacji prowadzono w butelkach z zamknięciem pałkowym przez okres 12 dni w temperaturze pokojowej (22 °C). Następnie piwa przeniesiono do chłodni (4 °C) i przechowywano 90 dni. W badanych piwach kontrolowano liczebność drożdży *S. boulardii* CNCM I-745 oraz zmiany parametrów fizykochemicznych po 7 oraz 12 dniach refermentacji, a następnie podczas przechowywania w warunkach chłodniczych co 30 dni.

Analizy fizykochemiczne

Parametry fizykochemiczne piwa kontrolowano po jego odgazowaniu [10]. Zawartość alkoholu (% obj.) po destylacji (Gibertini Elettronica S.R.L., Italy) oraz ekstrakty pozorny i rzeczywisty mierzono wykorzystując automatyczny gęstościomierz (DDM-2910, Rudolph Research Analytical, USA) [9]. Kwasowość czynną oznaczano za pomocą pH-metru z automatycznym kompensorem temperatury (Elmetron, Poland) [8]. Barwę (C) i goryczkę wyznaczono spektrofotometrycznie (Halo SB-10, Dynamica Scientific Ltd, Wolflabs, UK) po odwirowaniu próbki (4000 obr/min, 25 min). Barwę mierzono przy długości fali 430 nm (A_{430}) wobec wody destylowanej (próba zerowa). Wynik wyrażono w jednostkach EBC, korzystając ze wzoru: $C = 25 \times A_{430}$ [11]. Substancje goryczkowe (izo-kwasy) ekstrahowano z zakwaszonego piwa za pomocą izooktanu. Po odwirowaniu absorbancję warstwy izooktanowej mierzono przy długości fali 275 nm (A_{275}) (Cary 60 UV-VIS, Agilent Technologies, USA) wobec czystego izooktanu (próba zerowa). Wartość goryczki wyrażono w jednostkach goryczy (IBU) według wzoru: $IBU = 50 \times A_{275}$ [12]. Zawartość cukrów redukujących oznaczono metodą kolorymetryczną z kwasem 3,5-dinitrosalicylowym (DNS) według metody opisaną przez Millera [20].

Analizowano również przebieg procesu fermentacji brzezki poprzez kontrolowanie ubytku masy prób (metoda grawimetryczna) [30]. Trzy butelki pojemności

1000 cm³ wyposażone w rurki fermentacyjne z gliceryną (10314830, Honeywell) napełniono 700 cm³ brzeczki inokulowanej drożdżami Fermentis Safbrew WB-06. Fermentację w butelkach prowadzono równolegle z fermentacją w tankofermentorach, zachowując identyczne warunki temperaturowe i czasowe. Codziennie kontrolowano wagę butelek, aż do ustalenia się. Względną zawartość alkoholu (% obj.) wyliczano poprzez pomnożenie ubytku masy (wyrażony w gramach CO₂) przez współczynnik 1,25.

Analizy mikrobiologiczne

W próbach brzeczki i piwa kontrolowano liczebność drożdży (YGC Agar, BTL, Łódź, Poland; 25 °C, 5 dni) [26], bakterii mezofilnych (agar odżywczy, BTL, Łódź, Poland; 30 °C, 3 dni) [24], bakterii kwasu mlekowego (agar MRS, Oxoid 30°C, 3 dni, warunki beztlenowe) [25]. Posiewy mikrobiologiczne wykonano metodą płytkową Kocha (posiew wgłębny) w dwóch powtórzeniach. Wyniki liczebności mikroorganizmów wyrażono jako log kom/ml.

Analiza statystyczna

Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono za pomocą programu Statistica (Wersja 13.3, StatSoft, USA). Dla określenia wpływu wariantu piwa oraz czasu na liczebność drożdży *S. boulardii* i parametry fizykochemiczne piwa zastosowano analizę wariancji dla układów czynnikowych (ANOVA). Następnie, dla określenia, które z grup różnią się między sobą statystycznie istotnie, zastosowano test Tukeya (HSD). Weryfikację hipotez statystycznych przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Przeprowadzono dwie serie doświadczeń. Każdą analizę wykonano w dwóch powtórzeniach. Wyniki podane na wykresie i w tabeli są średnią z czterech oznaczeń.

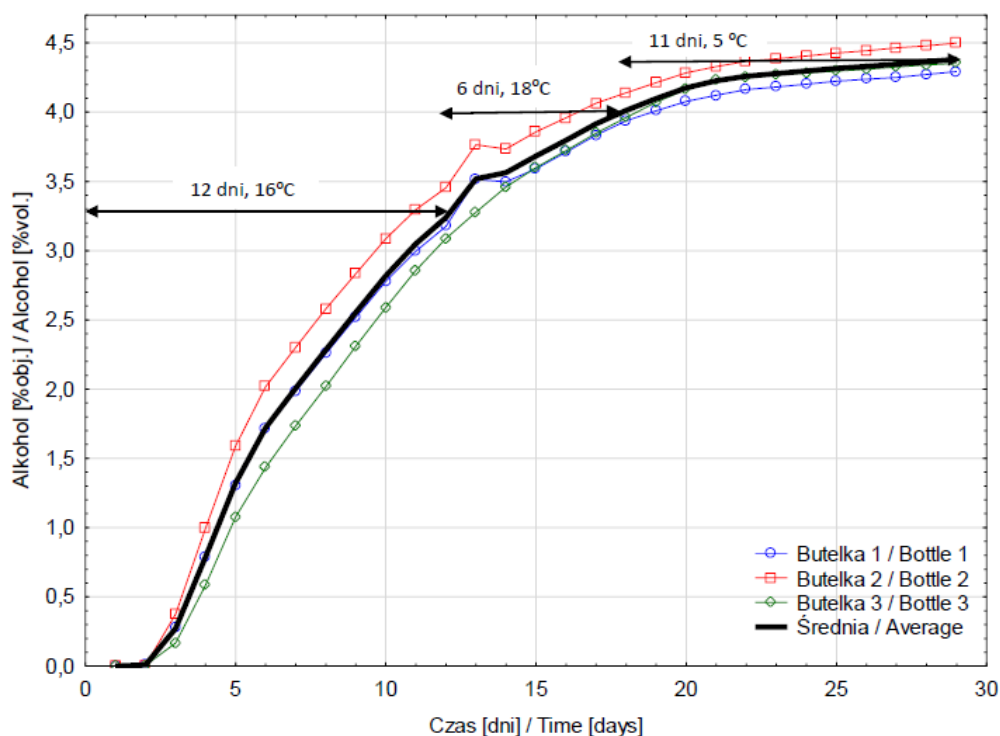
Wyniki i dyskusja

Charakterystyka brzeczki podstawowej i przebieg fermentacji

Ekstrakt wyjściowy brzeczki wynosił 11,8 °Blg, a zawartość cukrów redukujących: 73 g/dm³. Goryczkę odnotowano na poziomie 17 IBU, barwę – 14,3 EBC, a pH – 5,8. Brzeczkę w fermentorach stożkowych oraz w butelkach zaszczerpiono inokulum drożdży Fermentis Safbrew WB-06, w którym liczebność komórek wynosiła 9,19 log/cm³. Fermentację prowadzono w 16 °C. W fermentorach stożkowych w 12 dniu procesu odnotowano 70-procentowe odfermentowanie i temperaturę fermentacji podniesiono do 18 °C celem dofermentowania, a po 6 dniach obniżono do 5 °C. W otrzymanym piwie bazowym (po mikrofiltracji) stężenie alkoholu było na poziomie 4,64 ± 0,02 % obj., wartość E_p była równa 1,81 ± 0,01 °Blg, a E_{tz} 3,67 ± 0,07 °Blg. Tak więc pozorny stopień odfermentowania wynosił 85 %, a rzeczywisty – 69 %. Cukry redukujące zostały wykorzystane w 89 %. Przebieg procesu fermentacji w butelkach

przedstawiono na ryc. 1. Po fazie adaptacyjnej trwającej 2 dni obserwowano intensywną produkcję etanolu. Tak jak w przypadku fermentacji prowadzonej w fermentorach, odfermentowanie na poziomie 70 % odnotowano w 12. dniu procesu – wówczas stężenie alkoholu w piwie wynosiło 3,05 % obj. Po 6 dniach fermentacji w 18 °C poziom alkoholu w piwie osiągnął wartość 3,89 % obj., co stanowiło 89 % uzyskanej wartości maksymalnej (4,38 % obj.).

Należy podkreślić niewielką różnicę pomiędzy stężeniem alkoholu w piwie fermentowanym w fermentorach stożkowych i fermentowanym w butelkach, która wynosiła 0,26 % obj., co pozostaje w granicach dopuszczalnego błędu pomiarowego [28]. Wskazuje to na wysoką przydatność metody grawimetrycznej do kontroli przebiegu fermentacji.



Rycina 1. Dynamika fermentacji brzeczki (metoda grawimetryczna [30])

Figure 1. The wort fermentation dynamics (gravimetric method [30])

Charakterystyka piwa bazowego

Wartości parametrów fizykochemicznych piwa bazowego przedstawiono w tabelach 1 i 2 (dzień 0). Kwasowość czynna piwa bazowego była niższa w porównaniu

z brzeczkami i wynosiła $4,33 \pm 0,2$. Wartość ta jest charakterystyczna dla typowego piwa pszenicznego i nadaje mu orzeźwiający charakter. Obserwowana zmiana świadczy o prawidłowej aktywności metabolicznej drożdży podczas fermentacji, związanej między innymi z tworzeniem kwasów organicznych wskutek deaminacji, pobieraniem jonów amonowych czy uwalnianiem jonów wodorowych do piwa [18].

Goryczka piwa była o 10 % niższa od goryczki brzezki i wynosiła $15,22 \pm 0,03$ IBU. Podczas fermentacji obserwuje się niewielkie obniżenie goryczki spowodowane wytrąceniem niezizomeryzowanych podczas gotowania α -kwasów chmielowych przy pH poniżej 5,0 [3]. Zgodnie z klasyfikacją stylów piwnych opracowaną przez Polskie Stowarzyszenie Piwowarów Domowych [15], styl Weizen charakteryzuje się niską goryczką na poziomie $8 \div 15$ IBU.

Barwa piwa mieściła się w zakresie barwy określonej dla piw jasnych, to jest do 25 jednostek EBC i wynosiła $13,7 \pm 0,05$. Wartość ta jest o 2,5 jednostki EBC niższa w porównaniu z barwą brzezki podstawowej. Rozjaśnienie barwy podczas fermentacji jest zjawiskiem typowym, związanym z adsorpcją barwnych składników brzezki na komórkach drożdżowych, ich wytrącaniem i gromadzeniem w pianie lub na dnie naczyń fermentacyjnych [18]. Piwo Weizen charakteryzuje się barwą w zakresie $4 \div 16$ jednostek EBC [15].

Otrzymane po mikrofiltracji piwo bazowe charakteryzowało się wysoką czystością mikrobiologiczną. Stwierdzono w nim obecność drożdży na poziomie $1,6 \pm 0,09$ log kom/cm³, bakterii mezofilnych w ilości $1,4 \pm 0,01$ log kom/cm³ i bakterii kwasu mlekowego na poziomie $1,8 \pm 0,03$ log kom/cm³. Biorąc pod uwagę wytyczne Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, które rekomendują, do odczytu liczebności badanych grup drobnoustrojów wybór płytek zawierających $15 \div 300$ wyrosłych kolonii [24, 25, 26], otrzymane piwo bazowe można uznać za mikrobiologicznie czyste.

Zmiany liczebności S. boulardii w badanych piwach podczas refermentacji i przechowywania

Zmiany liczebności drożdży *S. boulardii* podczas refermentacji (R) i przechowywania (S) przedstawiono w tabelach 1 i 2. Przebieg tych zmian miał taki sam trend dla wszystkich wariantów badanych piw. Piwo bazowe zaszczerpiono dawką inokulum na trzech poziomach 0,1 %; 0,5 %; 1 % (dzień 0). Do wariantów testowych (B) dodano glukozę. Podczas refermentacji w temperaturze pokojowej (dzień 7 ÷ 12), liczebność drożdży wzrastała, przy czym zaobserwowano zależność, że wraz ze wzrostem dawki inokulum przyrost komórek *S. boulardii* w czasie był niższy bez względu na wariant piwa (kontrolne/testowe). W 12. dniu procesu, w piwach K-0,1 i B-0,1 koncentracja komórek drożdży wzrosła odpowiednio o 23 % i 28 % w porównaniu z dniem wyjściowym (dzień 0), w przypadku piw K-0,5 i B-0,5 wzrost ten wyniósł średnio 21 %,

a K-1 i B-1 – 13 %. Ostatecznie po refermentacji liczebność drożdży w badanych piwach pozostawała w zakresie $5,72 \div 5,96 \log \text{kom./cm}^3$.

Po umieszczeniu piw w warunkach chłodniczych (4°C) w 30. dniu przechowywania odnotowano dalszy, choć niewielki przyrost liczebności komórek *S. bouldarii*. Badania innych autorów [20, 23] potwierdzają, że drożdże te są zdolne do rozwoju i metabolizowania cukrów fermentujących obecnych w środowisku do alkoholu i CO_2 również w warunkach chłodniczych. W 60. dniu przechowywania liczebność komórek *S. bouldarii* wyraźnie obniżyła się – w przypadku wszystkich wariantów piw kontrolnych w sposób bardzo radykalny, o około 40 % w porównaniu z dniem 30. Zdecydowanie łagodniejszą zmianę obserwowano dla piw testowych. W wariantach B-0,5 i B-1 liczebność drożdży obniżyła się o około 20 %, a w przypadku wariantu B-0,1 nie zmieniła się. W 90. dniu przechowywania, stężenie komórek drożdży w piwach nie różniło się istotnie w porównaniu z dniem 60. ($p < 0,05$).

Otrzymane wyniki wskazują, że najlepszym wariantem piwa w kontekście przeżywalności *S. bouldarii* okazał się B-0,1, tj. piwo szczepione najniższą dawką inokulum oraz z dodatkiem glukozy jako substratu do refermentacji. W piwie tym liczebność drożdży *S. bouldarii* była stabilna od 7. dnia refermentacji do końca czasu trwania doświadczenia i pozostawała w zakresie $5,6 \div 5,9 \log \text{kom./cm}^3$. W praktyce przemysłowej wyższa dawka drożdży inokulacyjnych stosowana jest celem skrócenia lag fazy i przyspieszenia procesu zafermentowania, co skutkuje wykorzystaniem w krótkim czasie składników pokarmowych. Okazało się, że to rozwiązanie nie jest jednak właściwe w przypadku refermentacji, gdy istnieje potrzeba utrzymania komórek mikroorganizmów przy życiu w dłuższym okresie czasu. W naszym doświadczeniu dla piw kontrolnych, jak i testowych, przy tym samym wyjściowym stężeniu cukrów fermentujących w środowisku, korzystniejszym rozwiązaniem okazał się dodatek niższej dawki inokulum. Ponadto analiza wariancji wykazała istotny wpływ dodatku glukozy na liczebność komórek *S. bouldarii* dla badanych wariantów piw podczas przechowywania w warunkach chłodniczych ($p < 0,05$). W tym przypadku średnia liczebność drożdży była wyższa w przypadku wszystkich piw testowych w porównaniu z kontrolą, z wyjątkiem dnia 30.

Zmiany parametrów fizykochemicznych badanych piw podczas refermentacji i przechowywania

Zmiany badanych parametrów fizykochemicznych piw testowych i kontrolnych podczas refermentacji (R) i przechowywania (S) przedstawiono w tabelach 1 i 2. Parametry te zmieniały się zgodnie z trendem zaobserwowanym podczas fermentacji, choć były to zmiany minimalne. Zawartość alkoholu w piwach zwiększała się i w ostatnim dniu doświadczenia osiągnęła wartość na poziomie 5 % obj. dla wariantów kontrolnych, a dla testowych około 5,3 % obj., co pozostaje w granicach dopusz-

czalnego błędu pomiarowego [28]. Dla wszystkich wariantów piw odnotowany wzrost stężenia alkoholu był istotnie wyższy w odniesieniu do stężenia wyjściowego oznaczonego w piwie bazowym (4,64 % obj.) ($p < 0,05$).

Na początku refermentacji wartości ekstraktu pozornego i rzeczywistego piw testowych były o 1 °Blg wyższe w porównaniu z kontrolą, co było efektem dodatku glukozy. Zawartości ekstraktów w badanych piwach obniżały się w czasie, a ich końcowe poziomy były wyrównane. W 90. dniu przechowywania, ekstrakt pozorny dla wariantów kontrolnych i testowych pozostawał w zakresie $1,37 \div 1,44$ °Blg, a rzeczywisty w zakresie $3,28 \div 3,42$ °Blg.

Wyjściowa zawartość cukrów redukujących w piwach kontrolnych wynosiła $8,58 \text{ mg/cm}^3$, a w piwach testowych – $13,78 \text{ mg/cm}^3$. Końcowe stężenie cukrów było wyrównane we wszystkich badanych piwach i wynosiło $7,04 \div 7,37 \text{ mg/cm}^3$. Tak więc w przypadku piw testowych wykorzystanie cukrów redukujących było około 5-krotnie wyższe w porównaniu z kontrolą, a największe ich zużycie miało miejsce podczas refermentacji w temperaturze pokojowej. W tym czasie w piwach testowych obserwowano intensywną proliferację komórek (piwo zostało napowietrzone podczas rozlewu ręcznego do butelek), a od 7. dnia – również produkcję etanolu. Chociaż w doświadczeniu nie monitorowano zmian profilu cukrów redukujących, można przypuszczać, że za efekt ten odpowiedzialna była głównie obecna i wprowadzona do piw glukoza. Powszechnie znany jest fakt, że cukier ten jest preferencyjnie asymilowany przez gatunek *Saccharomyces*. Ponadto badania, które prowadzili Pereira de Paula i wsp. [23] nad otrzymywaniem piwa pszenicznego z udziałem *S. boulardii*, wykazały, że asymilacja maltozy jest represjonowana przy stężeniu glukozy powyżej poziomu 8 g/dm^3 . W piwach kontrolnych, do których nie dodano glukozy, odnotowano niewielkie zużycie cukrów redukujących podczas refermentacji. Jednak drożdże, podobnie jak w wariantach testowych, intensywnie namnażały się i produkowały alkohol. Można przypuszczać, że źródłem substratu węglowego w tym przypadku były nie tylko przyswajalne cukry redukujące obecne w piwie, ale drożdże *S. boulardii* mogły wykorzystać również zgromadzony glikogen. Kucharczyk i Tuszyński [17] podają, że w przypadku niedoboru składników odżywczych, wyższa temperatura pobudza przemiany biochemiczne i prowadzi do wzmoczonego zużycia substancji zapasowych komórek drożdży, takich jak wspomniany glikogen, mannan, i lipidy. Osłabione komórki drożdży zaczynają rozkładać również inne grupy związków, przemiana materii staje się nieuporządkowana i biomasa ulega autolizie. Ściana komórkowa zostaje zniszczona i składniki cytoplazmy rozpuszczają się powoli w piwie. Zatem hydroliza glikogenu z udziałem enzymów drożdżowych i uwolnienie niewykorzystanej glukozy do środowiska po obumarciu komórek wyjaśniłaby, obserwowany w doświadczeniu, niewielki wzrost poziomu cukrów redukujących w piwach kontrolnych w 60. dniu przechowywania w warunkach chłodniczych (tab. 1).

Tabela 1. Zmiany badanych parametrów piw kontrolnych podczas refermentacji (R) i przechowywania (S)

Table 1. Changes in studied parameters of the control beers during refermentation (R) and storage (S)

Proces / Process	Czas [dzień] / Time [day]	S. bouldarii [log kom./cm ³] S. bouldarii [log cells/cm ³]	Alkohol [% obj.] / Alcohol [% vol]	Ekstrakt pozorny [°Bgl] / Apparent extract [°Bgl]	Ekstrakt rzeczywisty [°Bgl] / Real extract [°Bgl]	pH / pH	Barwa [EBC] / Color [EBC]	Goryczka [IBU] / Bitterness [IBU]	Cukry redukujące [mg/cm ³] / Reducing sugars [mg/cm ³]
K-0,1									
R (22 °C)	0	4,55 ^b ± 0,01	4,64 ^a ± 0,06	1,81 ⁱ ± 0,01	3,67 ^k ± 0,07	4,33 ^o ± 0,02	13,68 ^j ± 0,05	15,22 ^{abcdefg} ± 0,03	8,58 ^{ef} ± 0,14
	7	4,58 ^b ± 0,03	4,66 ^a ± 0,01	1,86 ^j ± 0,01	3,56 ^{ji} ± 0,01	4,28 ^{klm} ± 0,01	11,16 ^{bcdefg} ± 0,01	15,18 ^{abcdefg} ± 0,25	7,60 ^d ± 0,06
	12	5,72 ^{de} ± 0,05	4,82 ^{bc} ± 0,01	1,58 ^h ± 0,02	3,43 ^{defg} ± 0,02	4,28 ^{klm} ± 0,01	10,99 ^{abcd} ± 0,03	15,29 ^{abcdefg} ± 0,26	6,88 ^{abc} ± 0,00
S (4 °C)	30	5,8 ^{jk} ± 0,08	4,89 ^{bcd} ± 0,02	1,57 ^h ± 0,01	3,40 ^{defg} ± 0,01	4,27 ^{ijklm} ± 0,01	10,88 ^{ab} ± 0,02	15,42 ^{cdefgh} ± 0,19	6,26 ^a ± 0,06
	60	3,75 ^a ± 0,03	4,95 ^{def} ± 0,00	1,52 ^{efg} ± 0,00	3,33 ^{abcd} ± 0,01	4,22 ^{cdef} ± 0,01	11,45 ^{gh} ± 0,02	15,42 ^{cdefgh} ± 0,23	7,62 ^d ± 0,10
	90	3,66 ^a ± 0,03	4,97 ^{def} ± 0,02	1,44 ^d ± 0,01	3,35 ^{bcd} ± 0,02	4,26 ^{hijkl} ± 0,01	11,45 ^{gh} ± 0,02	15,61 ^{fgh} ± 0,40	7,37 ^{bcd} ± 0,03
K-0,5									
R (22 °C)	0	4,81 ^{bc} ± 0,02	4,64 ^a ± 0,06	1,81 ⁱ ± 0,01	3,67 ^k ± 0,07	4,33 ^o ± 0,02	13,68 ^j ± 0,05	15,22 ^{abcdefg} ± 0,03	8,58 ^{ef} ± 0,14
	7	5,22 ^{cde} ± 0,05	4,66 ^a ± 0,01	1,88 ^j ± 0,01	3,58 ^k ± 0,00	4,28 ^{hijkl} ± 0,01	11,19 ^{bcdefg} ± 0,13	15,81 ^{abcdefgh} ± 0,10	7,54 ^{cd} ± 0,03
	12	5,84 ^{ijk} ± 0,04	4,79 ^b ± 0,02	1,58 ^h ± 0,01	3,41 ^{defg} ± 0,02	4,27 ^{klm} ± 0,01	11,05 ^{abcde} ± 0,02	15,64 ^{fg} ± 0,40	6,84 ^{ab} ± 0,00
S (4 °C)	30	6,18 ^{lm} ± 0,02	4,82 ^{bc} ± 0,01	1,55 ^{gh} ± 0,01	3,39 ^{cdefg} ± 0,01	4,26 ^{hijkl} ± 0,01	10,88 ^{ab} ± 0,02	15,54 ^h ± 0,21	6,30 ^a ± 0,20
	60	3,65 ^a ± 0,02	4,91 ^{cde} ± 0,01	1,50 ^{ef} ± 0,01	3,32 ^{abcd} ± 0,01	4,21 ^{bcd} ± 0,01	11,33 ^{cdefgh} ± 0,02	15,68 ^{gh} ± 0,22	7,06 ^{bcd} ± 0,08
	90	3,60 ^a ± 0,03	4,98 ^{def} ± 0,04	1,42 ^{cd} ± 0,01	3,36 ^{bcd} ± 0,03	4,23 ^{cdefg} ± 0,01	11,33 ^{cdefgh} ± 0,02	15,49 ^{defgh} ± 0,31	7,35 ^{bcd} ± 0,11
K-1,0									
R (22 °C)	0	5,24 ^{cde} ± 0,04	4,64 ^a ± 0,06	1,81 ⁱ ± 0,01	3,67 ^k ± 0,07	4,33 ^o ± 0,02	13,68 ^j ± 0,05	15,22 ^{abcdefg} ± 0,03	8,58 ^{ef} ± 0,14
	7	5,41 ^{de} ± 0,02	4,60 ^a ± 0,01	1,86 ^j ± 0,02	3,57 ^k ± 0,01	4,26 ^{hijkl} ± 0,01	11,08 ^{abcde} ± 0,02	15,27 ^{abcdefgh} ± 0,04	7,19 ^{bcd} ± 0,15
	12	5,96 ^{hij} ± 0,06	4,82 ^{bc} ± 0,02	1,59 ^h ± 0,00	3,49 ^{ghi} ± 0,00	4,26 ^{hijkl} ± 0,01	11,00 ^{abcd} ± 0,02	15,29 ^{abcdefg} ± 0,31	6,88 ^{abc} ± 0,00
S (4 °C)	30	6,22 ^m ± 0,02	4,87 ^{bcd} ± 0,01	1,54 ^{gh} ± 0,01	3,46 ^{gh} ± 0,01	4,25 ^{ghijkl} ± 0,01	10,99 ^{abcd} ± 0,04	15,31 ^{abcdefg} ± 0,28	6,33 ^a ± 1,14
	60	3,56 ^a ± 0,03	4,90 ^{bcd} ± 0,01	1,50 ^{ef} ± 0,01	3,26 ^a ± 0,01	4,21 ^{bcd} ± 0,01	11,46 ^{gh} ± 0,03	14,72 ^{abc} ± 0,26	7,20 ^{bcd} ± 0,25
	90	3,46 ^a ± 0,02	4,97 ^{def} ± 0,03	1,40 ^{bcd} ± 0,00	3,33 ^{abcde} ± 0,02	4,20 ^{bc} ± 0,01	11,46 ^{gh} ± 0,03	14,78 ^a ± 0,41	7,26 ^{bcd} ± 0,04

Objaśnienia: wyniki w tabeli są średnią z czterech powtórzeń; a, b- wyniki różnią się istotnie na poziomie $p < 0,05$ w każdej kolumnie; a – wartość najmniejsza; warianty piw: K-0,1 – 0,1-procentowy dodatek inokulum *S. bouldarii*; K-0,5 – 0,5-procentowy dodatek inokulum *S. bouldarii*; K- 1,0 – 1-procentowy dodatek inokulum *S. bouldarii* /

Explanatory notes: results in the table are means from four replications; a, b – represent significant differences at $p < 0.05$ for comparison in each column; a – the lowest value; varieties of beers: K-0.1 – 0.1 % *S. bouldarii* inoculum addition; K-0.5 – 0.5 % *S. bouldarii* inoculum addition; K-1 – 1 % *S. bouldarii* inoculum addition

Tabela 2. Zmiany badanych parametrów piw testowych podczas refermentacji (R) i przechowywania (S)

Table 2. Changes in studied parameters of the tested beers during refermentation (R) and storage (S)

Proces / Process	Czas [dzień] / Time [day]	<i>S. bouldarii</i> [log kom./cm ³] / <i>S. bouldarii</i> [log cells/ml]	Alkohol [% obj.] / Alcohol [% vol.]	Ekstrakt pozorny [°Blg] / Apparent extract [°Blg]	Ekstrakt rzeczywisty [°Blg] / Real extract [°Blg]	pH / pH	Barwa [EBC] / Color [EBC]	Goryczka [IBU] / Bitterness [IBU]	Cukry redukujące [mg/cm ³] / Reducing sugars [mg/cm ³]
B-0,1									
R (22 °C)	0	4,55 ^b ± 0,01	4,64 ^a ± 0,06	2,81 ⁿ ± 0,00	4,67 ^m ± 0,07	4,33 ^o ± 0,02	13,68 ^l ± 0,05	15,22 ^{abcde} ± 0,03	13,78 ^l ± 0,08
	7	5,62 ^{fghi} ± 0,05	4,79 ^b ± 0,00	2,36 ^k ± 0,02	4,10 ^l ± 0,02	4,32 ^{no} ± 0,01	11,29 ^{cdefgh} ± 0,07	15,43 ^{cde} ± 0,89	9,46 ⁱ ± 0,40
	12	5,84 ^k ± 0,05	5,32 [±] 0,03	1,50 ^{ef} ± 0,01	3,68 ^k ± 0,01	4,30 ^{lm} ± 0,00	11,28 ^{cdefg} ± 0,03	15,23 ^{bcde} ± 0,25	8,98 ^{efgh} ± 0,00
S (4 °C)	30	5,78 ^{ghj} ± 0,14	5,31 ⁱ ± 0,02	1,44 ^d ± 0,00	3,55 ^{ij} ± 0,00	4,29 ^{lm} ± 0,01	11,16 ^{bcdefg} ± 0,03	15,05 ^{bcde} ± 0,20	8,66 ^{ef} ± 0,05
	60	5,71 ^{fghj} ± 0,07	5,29 ^{hi} ± 0,13	1,43 ^d ± 0,01	3,37 ^{bcdef} ± 0,03	4,24 ^{defgh} ± 0,01	12,11 ⁱ ± 0,10	15,64 ^{fg} ± 0,17	7,64 ^d ± 0,11
	90	5,87 ^{ijkl} ± 0,06	5,04 ^f ± 0,09	1,40 ^{bcd} ± 0,01	3,42 ^{efg} ± 0,03	4,09 ^a ± 0,01	12,13 ⁱ ± 0,05	15,45 ^{cde} ± 0,34	7,28 ^{bcd} ± 0,10
B-0,5									
R (22 °C)	0	4,81 ^{bc} ± 0,02	4,64 ^a ± 0,06	2,81 ⁿ ± 0,00	4,67 ^m ± 0,07	4,33 ^o ± 0,02	13,68 ^l ± 0,05	15,22 ^{abcde} ± 0,03	13,78 ^l ± 0,08
	7	5,22 ^{cde} ± 0,04	4,63 ^a ± 0,03	2,43 ^l ± 0,06	4,13 ^l ± 0,04	4,27 ^{ijklm} ± 0,01	11,03 ^{abcde} ± 0,06	15,43 ^{cde} ± 0,22	9,46 ^{ghi} ± 0,14
	12	5,85 ^{ijk} ± 0,05	5,32 ⁱ ± 0,03	1,54 ^{fgh} ± 0,01	3,68 ^k ± 0,01	4,24 ^{cdefgh} ± 0,01	11,00 ^{abcd} ± 0,03	15,22 ^{bcde} ± 0,29	8,64 ^{ef} ± 0,00
S (4 °C)	30	5,86 ^{jk} ± 0,05	5,33 ⁱ ± 0,02	1,40 ^{bcd} ± 0,01	3,52 ^{hij} ± 0,01	4,29 ^{nm} ± 0,01	10,95 ^{abc} ± 0,02	15,05 ^{bcde} ± 0,33	8,50 ^e ± 0,10
	60	4,54 ^b ± 0,07	5,36 ⁱ ± 0,01	1,33 ^a ± 0,03	3,29 ^{ab} ± 0,01	4,24 ^{cdefgh} ± 0,01	11,61 ^h ± 0,08	15,54 ^{fg} ± 0,43	7,39 ^{bcd} ± 0,38
	90	4,52 ^b ± 0,05	5,02 ^f ± 0,05	1,39 ^{bc} ± 0,01	3,30 ^{abc} ± 0,01	4,10 ^a ± 0,01	11,94 ^{hi} ± 0,07	15,45 ^{cde} ± 0,48	7,04 ^{bcd} ± 0,07
B-1,0									
R (22 °C)	0	5,24 ^{cde} ± 0,04	4,64 ^a ± 0,06	2,81 ⁿ ± 0,00	4,67 ^m ± 0,07	4,33 ^o ± 0,02	13,68 ^l ± 0,05	15,22 ^{abcde} ± 0,13	13,78 ^l ± 0,08
	7	5,46 ^{efg} ± 0,04	4,60 ^a ± 0,01	2,47 ^m ± 0,02	4,16 ^l ± 0,01	4,25 ^{thguj} ± 0,01	11,03 ^{abcde} ± 0,02	14,92 ^{bcd} ± 0,20	9,46 ^{fghi} ± 0,06
	12	5,90 ^{ijklm} ± 0,03	5,19 ^{gh} ± 0,02	1,52 ^{efg} ± 0,00	3,55 ^{ij} ± 0,01	4,24 ^{efghi} ± 0,01	10,98 ^{abcd} ± 0,04	14,92 [±] 0,22	8,72 ^{efg} ± 0,00
S (4 °C)	30	6,12 ^{klm} ± 0,04	5,18 ^g ± 0,02	1,43 ^d ± 0,01	3,47 ^{ghi} ± 0,00	4,24 ^{efghi} ± 0,01	10,72 ^a ± 0,02	14,92 ^b ± 0,42	8,45 ^e ± 0,12
	60	4,93 ^{cd} ± 0,02	5,25 ^{ghi} ± 0,04	1,37 ^{ab} ± 0,01	3,30 ^{abc} ± 0,01	4,19 ^b ± 0,01	11,36 ^{efgh} ± 0,08	14,59 ^{cde} ± 0,25	7,50 ^{cd} ± 0,31
	90	5,15 ^{cd} ± 0,02	5,01 ^{ef} ± 0,02	1,37 ^{ab} ± 0,01	3,28 ^{ab} ± 0,01	4,11 ^a ± 0,01	11,41 ^{fgh} ± 0,06	14,79 ^{bcd} ± 0,21	7,07 ^{bcd} ± 0,03

Objaśnienia: wyniki w tabeli są średnią z czterech powtórzeń; a, b- wyniki różnią się istotnie na poziomie $p < 0,05$ w każdej kolumnie; a – wartość najmniejsza; warianty piw: K-0,1 – 0,1-procentowy dodatek inokulum *S. boulardii*; K-0,5 – 0,5-procentowy dodatek inokulum *S. boulardii*; K- 1,0 – 1-procentowy dodatek inokulum *S. boulardii* /

Explanatory notes: results in the table are means from four replications; a, b – represent significant differences at $p < 0.05$ for comparison in each column; a – the lowest value; varieties of beers: K-0.1 – 0.1 % *S. boulardii* inoculum addition; K-0.5 – 0.5 % *S. boulardii* inoculum addition; K-1 – 1 % *S. boulardii* inoculum addition

Wyjściowe pH badanych piw wynosiło 4,33 i podczas refermentacji i przechowywania obniżyło się. Finalne wartości pH piw kontrolnych i testowych różniły się istotnie ($p < 0,05$). W przypadku wariantów kontrolnych wartości pH były na poziomie 4,0, a testowych – 4,2. Podczas refermentacji i przechowywania barwa badanych piw uległa dalszemu wyjaśnieniu i wyniosła $11 \div 12$ EBC. Goryczka piwa podczas refermentacji i przechowywania pozostawała stabilna. Jedynie dla wariantów K-1 i B-1 obniżyła się nieznacznie, choć statystycznie istotnie ($p < 0,05$) odpowiednio od 60. dnia przechowywania i 7 dnia refermentacji.

Wnioski

1. Wyniki badań przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy wskazują, że refermentacja piwa pszenicznego z udziałem drożdży *S. boulardii* – bez względu na wariant (kontrolny, testowy) – pozwala uzyskać produkt o parametrach fizykochemicznych typowych dla stylu [15]. Ponadto wykorzystanie tych drożdży do procesu refermentacji umożliwiło otrzymanie produktu o charakterze probiotyku.
2. Najlepszym wariantem piwa w kontekście przeżywalności *S. boulardii* okazał się B-0,1, tj. piwo szczepione 0,1-procentowym dodatkiem inokulum oraz z dodatkiem glukozy. W piwie tym, liczebność drożdży pozostawała stabilna (w zakresie $5,8 \div 5,5 \log \text{kom./cm}^3$) od 7 dnia refermentacji do 90 dnia przechowywania w warunkach chłodniczych. Wyniki te wskazują, że spożycie $0,5 \text{ dm}^3$ piwa dostarczy do organizmu więcej niż wymagane 10^9 komórek/l drożdży *S. boulardii* [22].
3. Otrzymane piwo zawierające żywe komórki probiotycznych drożdży spełnia oczekiwania współczesnych konsumentów, którzy poszukują bezpiecznych produktów spożywczych o wysokiej jakości żywieniowej, niskim stopniu przetworzenia, utrwalonych w sposób maksymalnie naturalny, a jednocześnie posiadających wartość dodaną – walor prozdrowotny/funkcjonalny wpływający na dobrostan i jakość życia.

Finansowanie

Praca ta została współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich; IV nabór Działanie M16 Współpraca (2021-2023); umowa pomocy nr 00053.DDD.6509.00062.2019.15

Literatura

- [1] Barros B., Iwassa I., Reitenbach A.: Production of functional beer with the addition of probiotic: *Saccharomyces boulardii*. Res. Soc. Dev., 2021, 2(10), 1-12.

- [2] Bruner J., Fox G.: Novel non-*cerevisiae* *Saccharomyces* yeast species used in beer and alcoholic beverage fermentations. *Fermentation*, 2020, 6 (116), 1-16.
- [3] Caballero I., Blanco C. A., Porras M.: Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. *Trends Food Sci. Technol.*, 2012, 26, 21-30.
- [4] Cao L., Zhou G., Guo, P., Li Y.: Influence of pasteurising intensity on beer flavour stability. *J. Inst. Brew.*, 2011, 117(4), 587-592.
- [5] Capece A., Romaniello R., Pietrafesa A., Siesto G., Pietrafesa R., Zambuto M., Romano P.: Use of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in co-fermentations with *S. cerevisiae* for the production of craft beers with potential healthy value added. *Int. J. Food Microbiol.*, 2018, 284, 22-30.
- [6] de Lima A.C., Brandao L.R., Botelho B.G., Rosa C.A., Aceña L., Mestres M., Boqué R.: Multivariate analysis of the influence of microfiltration and pasteurisation on the quality of beer during its shelf life. *Foods*, 2024, 13, #122.
- [7] Dilmetz B., Desire Ch.T., Meneses J., Klingler-Hoffmann M., Young C., Hoffmann P.: Impact of propagation time on yeast physiology during bottle conditioning of beer on an industrial scale. *Food Chem.*, 2024, 435, #137655.
- [8] EBC Analytica: 9.35:2004. pH of beer.
- [9] EBC Analytica: 9.4:2004. Original, real and apparent extract and original gravity of beer.
- [10] EBC Analytica: 9.46:2007. Decarbonation of beer.
- [11] EBC Analytica: 9.6:2000. Colour of beer: spectrophotometric method (IM).
- [12] EBC Analytica: 9.8: 2020. Bitterness units (BU) of beer (IM).
- [13] Gan Q., Howell J.A., Field R.W., England M.R., Bird M.R., O'Shaughnessy C.L., McKechnie M.T.: Beer clarification by microfiltration — product quality control and fractionation of particles and macromolecules. *J. Membrane Sci.*, 2001, 194, 185-196.
- [14] Garrido-Mesa J., Algieri F., Rodriguez-Nogales A., Utila P., Rodriguez-Cabezas E., Zarzuelo A., Ocete A., Garrido-Mesa N., Galvez J.: A new therapeutic association to manage relapsing experimental colitis: Doxycycline plus *Saccharomyces boulardii*. *Pharmal. Res.*, 2015, 97, 48-63.
- [15] Kompendium Piwa – style piwne, cechy sensoryczne. Polskie Stowarzyszenie Piwowarów Domoowych (PSPD), 2015, [on line], <https://kompendiumpiwa.pl/style-piwa/>
- [16] Kordialik-Bogacka E.: Referencja piwa w butelkach - niedoceniana technologia z wielkim potencjałem. *Przem. Ferment. Ow.-Warz.*, 2019, 1 (1-2), 32-34.
- [17] Kucharczyk K., Tuszyński T.: Regulacja temperatury w procesach fermentacji i dojrzewania piwa w tankofermentorze. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2017, 1, 121-127.
- [18] Kunze W.: *Technologia piwa i słodu*. Wyd. Piwochmiel Sp. z o.o., Warszawa 1999
- [19] Liu C., Shen Y., Yin X., Peng L., Li Q.: Influence of pasteurization and microfiltration on beer aging and anti-aging levels. *J. Am. Chem. Soc.*, 2014, 72 (4), 285-295.
- [20] Miller L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 1959, 31, 3, 426-428.
- [21] Mulero-Cerezo J., Briz-Redón Á., Serrano-Aroca Á.: *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*: Valuable probiotic starter for craft beer production. *Appl. Sci.*, 2019, 9 (16), #3250.
- [22] Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z.: Probiotyki – historia i mechanizmy działania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 4 (71), 5-19.
- [23] Pereira de Paula B., de Souza Lago H., Firmino L., Lemos Júnior W.J.F., Correa F.D.M., Guerra F.A., Pereira K.S., Coelho Z.M.A.: Technological features of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* for potential probiotic wheat beer development. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2021, 135, #110233.

- [24] PN-EN ISO 4833-1:2013-12 AP1:2016-11. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego – Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów – Część 1: Oznaczanie liczby metodą posiewu wgłębnego w temperaturze 30 °C.
- [25] PN-ISO 15214:2002. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30°C.
- [26] PN-ISO 21527-1:2009. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drożdży i pleśni.
- [27] Puls Biznesu. 2018. Rośnie rynek żywności funkcjonalnej. Dostępne on-line: <https://www.pb.pl/rosnie-rynek-zywnosci-funkcjonalnej-936774>
- [28] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylenia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004. Dz. Urz. UE., L 304/18 z 22.11.2011 r.
- [29] Senkarcinova B., Graa Dias I.A., Nespore J., Branyik T.: Probiotic alcohol-free beer made with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. LWT – Food Sci. Technol., 2019, 100, 362-367.
- [30] Vaughan-Martini A., Martini A.: Determination of ethanol production. In.: The Yeast (Fourth Edition). A taxonomic study. Eds. C. P. Kurtzman, J. W. Fell. Elsevier, 1998, 14, pp. 107.
- [31] Wauters R., Herrera-Malaver B., Schreurs M., Bircham P., Cautereels Ch., Cortebeec J., Duffin P.M., Steensels J., Verstrepen K.J.: Novel *Saccharomyces cerevisiae* variants slow down the accumulation of staling aldehydes and improve beer shelf-life. Food Chem., 2023, 398, #133863.

THE USE OF PROBIOTIC YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* VAR. *BOULARDII* FOR THE REFERMENTATION OF WHEAT BEER

S u m m a r y

Background. Beer refermentation is a preservation method that involves additional fermentation in a closed container. The condition for refermentation is the presence of fermentable sugars. The process is initiated by brewer's yeast, which is present in beer or added intentionally to it. During refermentation, yeast uses sugars, producing alcohol, and CO₂, and at the same time, oxygen, which is responsible for adverse oxidation changes, is consumed. The aim of this study was to assess the usefulness of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM I-745 (*S. boulardii*) yeast for wheat beer refermentation. Beer was produced using WB-06 yeast, which was then separated by microfiltration. The obtained base beer was poured into bottles and inoculated with *S. boulardii* at three levels: 0.1 %, 0.5 %, 1 %. Glucose was used as substrate for refermentation. The refermentation of test beers prepared in the aforesaid manner was carried out for 12 days at 22 °C, and subsequently, the beers were placed in a cold room for 90 days. Beers without glucose were control. During the refermentation and storage of beers, *S. boulardii* number and physicochemical parameters (alcohol, apparent and real extract, pH, color, bitterness, reducing sugars) were controlled.

Results and conclusions. The results achieved indicate that refermentation of wheat beer with *S. boulardii* allows to obtain a product with physicochemical parameters typical of the style. Moreover, the use of this yeast in the refermentation process made it possible to obtain a product having probiotic characteristics. It was demonstrated that the best beer variant in terms of the survival of *S. boulardii* was B-0.1, i.e.

beer inoculated with 0.1 % yeast inoculum and a glucose addition. In this beer, the yeast number remained stable ($5.8 \div 5.9 \log \text{ cell/cm}^3$) from the 7th day of refermentation to the 90th day of cold storage.

Key words: *Saccharomyces boulardii*, probiotic yeast, functional beer, wheat beer, refermentation 

BOHDAN TSIZH, INNA SKULSKA, ORYSIA TSISARYK, NATALYA SLYVKA,
LUBOV MUSIY, IRYNA SLYVKA

CHARACTERISTICS OF THE COURSE OF PROTEOLYTIC PROCESSES IN BRYNZA WITH REDUCED COMMON SALT CONTENT

S u m m a r y

Background. Cheese is the main component of the daily ration of the vast majority of the population as a biologically complete and functional product. Therefore, the formation of its competitive production is one of the most important tasks for solving the country's food security and the successful development of the agrarian sector of the economy. In the world, there is a steady increase in the level of consumption of cheeses, which stimulates an increase in the volume of their production, which, in turn, requires a significant improvement in the quality of cheeses, the creation of new types and innovative technologies, and their scientific substantiation. Salted cheeses are cheeses that are matured and stored in brine – in barrels or containers, where they are tightly packed after forming and filled with a 16 ÷ 20 % solution of common salt. They are made according to the technology of soft, hard or semi-hard cheeses. They have a sharp, salty, sour taste, the dough is rough and brittle. Salted cheeses have no rind and are white in color.

Results and conclusions. Six samples of sheep's milk brynza with 20 and 30 % substitution of kitchen common salt with potassium chloride were made. It was found that the substitution does not have a negative influence on the organoleptic and physicochemical indices of the cheese. The use of the Fresh-Q in parallel with 20 and 30 % substitution with potassium chloride has a positive influence on the course of proteolytic processes, which is evidenced by an increase in casein fragments with a lower molecular weight, an increase in the area of absorption of acetonitrile by water-soluble peptides, and an increase in the concentration of free amino groups and free amino acids. This is also accompanied by a corresponding increase in total soluble nitrogen and nitrogen in soluble protein compounds.

Keywords: salted cheeses, brynza, sodium chloride, potassium chloride, proteolysis, amino acids, cheese technology

Prof. UKW B. TsiZh ORCID: 000-0002-1319-1016, Katedra Materiałów Konstrukcyjnych i Biomateriałów, Wydział Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, ul. Chodkiewicza 30, 85-064, Bydgoszcz; dr inż. I. Skulska ORCID: 0000-0003-4037-0279; dr hab., prof. O. Tsisaryk ORCID: 0000-0002-0286-7463; dr inż. N. Slyvka ORCID: 0000-0002-1792-2082; dr inż. L. Musiy ORCID: 0000-0001-5654-7484; dr I. Slyvka ORCID: 0000-0002-3305-1862, Katedra Technologii Mleka i Wyróbów Mlecznych, Wydział Technologii Żywności i Biotechnologii, Lwowski Narodowy Uniwersytet Medycyny Weterynaryjnej i Biotechnologii im. S.Z. Gżyckiego, ul. Pekarska 50, 79010 Lwów, Ukraina. Kontakt e-mail: tsizhb@ukw.edu.pl

Introduction

Natural cheeses are especially important for providing the human ration with complete nutrients. They have a high biological value due to the concentration and modification of milk components. Cheeses have a wide range of flavors, and their production is characterized by high profitability and, as a result, the growth of annual volumes [6, 12, 22, 25]. Recently, there has been an increase in consumer interest in salted cheeses. This is one of the most dynamically developing segments and occupies a special niche in the cheese industry. The environment (brine of various concentrations) in which cheeses are ripened and further stored determines their specific properties, a peculiar spicy-salty taste and determines the characteristic dense consistency.

Brine cheeses of the traditional assortment include: Chanach, Tushyn, Ossetian, Kobi, Yerevan, Georgian, Suluguni, Brynza, Mozzarella, Chechil and local (national – Bulgarian *Sirene*, Turkish *Beyaz Peynir*, Romanian and Ukrainian *Brynza*; Iranian *Ligvan*, Lebanese *Nabulsi*) types [8, 10, 11]. The international annual consumption of brine cheeses reaches 650 ÷ 700 thousand tons. The profitability of the cheese business reaches 30 ÷ 40 %, which is a strong incentive for increasing the production of brine cheeses [6, 19, 22, 23].

The range of brine cheeses consists of more than 30 items. Brynza is traditionally made from sheep's milk. A raw material for the production of brine cheese can be not only sheep's, but also cow's and goat's milk or their mixture, which is usually used for the production of this type of cheese. The milk composition of different species of mammals is determined by the influence of genetic factors and environmental conditions [6, 25]. Sheep's milk is characterized by a higher content of all its dry matter components compared to cow's and goat's milk [2, 9], the calorie content of sheep's milk is almost twice as high as that of cow's and goat's milk [4, 24].

One of the most important indicators of the suitability of milk for cheese production is the fractional composition of caseins. It is known that individual fractions of casein react differently to the action of rennet enzyme. For processing into brynza, milk needs to have a high casein content of α -, β -, κ -fractions and a small amount of proteose-peptone fraction [15, 18, 27, 28]. Sheep's milk contains the entire complex of vitamins of group B and more than 50 mineral elements [12, 27].

The salt content in brynza is 4 ÷ 7 %. Common salt is an essential ingredient in the production of cheeses. A special feature of the brine cheese technology is ripening in a solution of common salt of a certain concentration. Physico-chemical, biochemical and microbiological processes in cheese and their intensity depend on the concentration of salt in brine. Salt is involved in maintaining and regulating the water-salt balance in the organism, sodium-potassium ion exchange [1, 3]. The recommended dose of NaCl consumption is 6 g (2.4 g Na) [10]. Since the organism does not need salt as such, but sodium ions and chloride ions, the need for salt is influenced by the con-

sumption of other sodium and chlorine salts [8]. The excessive consumption of common salt and the associated risks of diseases cause concern and determine the need to reduce the NaCl content in food products [3, 28]. There is a worldwide tendency to reduce the salt content in food products, including dairy products. At the expense of cheeses, a person consumes $11 \div 20$ % of the daily need for salt. Therefore, there is a growing interest in reducing the salt concentration in cheeses. Average daily sodium consumption in Hungary is decreased by 60 %, in Poland – by 49 %, in Italy – by 41 %, in Ukraine – by 28 %. In Australia, Canada, the EU countries and Japan, voluntary campaigns for reducing salt consumption have been held [3].

One of the ways to reduce the concentration of sodium chloride and at the same time to prevent the deterioration of brynza quality, the reduction of its storage period, is to partially replace it with potassium chloride. The positive results of this replacement are evidenced by data of authors of Australia and the USA [1, 2, 3]. The studies were conducted on hard cheeses, however, it is brine cheese that has the highest sodium chloride content ($4 \div 7$ %), and there is no literature data on the investigation of such a replacement.

The organism of an adult contains from 160 to 250 g of potassium, 98 % of which is inside the cells. The main role of intracellular potassium is to ensure the normal functioning of cell membranes. This happens due to harmonious interaction with sodium. All tissues are characterized by a certain concentration ratio between potassium and sodium. Potassium in the human organism also performs the following functions: it maintains the constant composition of cellular and intercellular fluid; supports acid-base balance; participates in the work of nerve and muscle cells; improves oxygen supply to the brain; participates in the nervous regulation of heart contractions; helps lower blood pressure. The daily need for potassium for a child is $16 \div 30$ mg per 1 kg of body weight, for an adult – $1.5 \div 2.5$ g, while the required minimum is 1 g. A toxic dose of potassium for a person is 6 g, and a lethal dose is 14 g [1, 3]. The human organism's need for this macroelement necessitates its use in the technology of food production, namely in cheese making. Today, the world's leading scientists are engaged in the introduction of various types of crude potassium chloride into technology [1, 2, 3, 11].

One of the ways to extend the shelf life of brynza by reducing the concentration of sodium chloride in it is the use of protective cultures, the use of which in brynza technology is also lacking in scientific reports. To extend the shelf life of brynza, the bacterial preparation Fresh-Q is used, which is the composition of cultures of traditional lactic acid bacteria, which include *Lactobacillus rhamnosus*. The preparation has a harmful action on yeast and molds.

Materials and methods

The experimental part of the work was performed in the laboratory of the department of technology of milk and dairy products of the Stepan Gzhytsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies; the laboratories of the Institute of Animal Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine; the laboratories of the Department of Livestock Product Technology and Quality Management of the Wroclaw University of Natural Sciences of the Republic of Poland. Dairy raw materials were selected from the "Vivcharyk" farm, Nadvirnyan district, Ivano-Frankivsk region, Ukraine by Ukrainian mountain carpathian sheep breed.

The CHY-MAX enzyme preparation manufactured by Chr. Hansen (Denmark). CHY-MAX is a recombinant chymosin produced by fermentation with *Aspergillus niger varietas Awamori*. It does not contain enzymes capable of breaking down starch. The preparation contains lactic enzymes with a high specific action of splitting k-casein, which as a result ensures very good clot formation. CHY-MAX meets the requirements of the World Health Organization of the United Nations and the FCC regarding the degree of purity of enzymes [29]. RSF-742 (Chr. Hansen, Denmark) preparation of direct introduction as a leavening culture was used, which contains the following strains of lactic acid bacteria: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*. To ensure the long-term storage of manufactured cheese, the bacterial preparation Fresh-Q (Chr. Hansen, Denmark) was used, which inhibits yeast and mold in fermented dairy products. This preparation is composed of cultures of traditional lactic acid bacteria, which include *Lactobacillus rhamnosus*.

Six samples of sheep cheese brynza were made: K – control sample using sodium chloride; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride; KF – brynza, which is made with the use of sodium chloride and Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and the use of Fresh-Q; DF2 is brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and the use of Fresh-Q.

The normalization of the milk mixture of sheep's milk was carried out according to the mass fraction of fat, taking into account the mass fraction of protein in milk. The mass fraction of fat in the dry matter of brynza was 45 %. The pasteurization of the normalized mixture was carried out at $(73 \pm 2)^\circ\text{C}$ with a holding time of 15 seconds. CHY-MAX enzyme preparation, calcium chloride, RSF-742 bacterial starter and Fresh-Q were added to milk cooled to $33 \pm 1^\circ\text{C}$, thoroughly mixed for $10 \div 12$ minutes. After mixing, the coagulation of caseins was carried out, the pH was adjusted to 5.3. Next, the clot was cut into $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ cubes and left alone for $12 \div 15$ minutes to separate the serum. The finished curd, which after cutting fell to the bottom

of the cheese-making tub, was submitted for self-pressing, which lasted 12 hours, and pressing for $2 \div 3$ hours. The pressed layer of cheese, having a thickness of $4 \div 5$ cm, was cut into $5 \div 7$ cm² squares and filled with previously prepared brine (aqueous solution of common salt) with a salt concentration of 18 %. The salt content was controlled during the salting period. The salt content in the finished product was 4 %. After salting, the brine was replaced with an isotonic common salt solution, the salt concentration of which corresponded to the salt concentration in the product (4 %). In terms of 1 dm³ of brine, 40 g of common salt was used for the control sample; for samples D1 and DF1, 20 % of sodium chloride was replaced by potassium chloride (32 g of sodium chloride + 8 g of potassium chloride); for samples D2 and DF2, 30 % of sodium chloride was replaced by potassium chloride (28 g of sodium chloride + 12 g of potassium chloride). This will ensure that the necessary salt content is maintained in the product throughout the ripening and storage period. Brynza ripening took place at a temperature of $6 \div 8$ °C for 20 days.

The organoleptic indices of the brynza were investigated – by the organoleptic method; mass fraction of fat – butyrometrically for the 10th and 20th day of ripening (mature cheese); mass fraction of moisture – by the drying method to the 10th and 20th day of ripening; mass fraction of salt – by reaction with silver nitrate during salting, as well as on the 10th and 20th day of ripening; active acidity - by the potentiometric method using the ARN-9 pH meter; titrated acidity – titrometrically (in degrees Turner); mass fraction of protein using the method of Lowry [23], total nitrogen, total soluble nitrogen, nitrogen of non-protein soluble nitrogen-containing compounds, nitrogen of soluble protein compounds – by the Kjeldahl method for the 10th and 20th day of ripening; electrophoretic separation of proteins was carried out by the method of Andrews [19, 20] for the 10th and 20th day of ripening; the protein-peptide content of brynza was investigated using the Chromatograf 1220 Infinity LC Agilent Technologies device; the isolation and identification of free amino acids was carried out with the "Biotronik" LC-2000 amino acid analyzer on the 12th day of maturation; the concentration of free amino groups was determined using the method of Snyder and Sobocinski, Kuchroo and Ramilly [18, 20, 23] in Chrzanowska's modification for the 10th and 20th day of ripening; the determination of the digestibility of mature brynza proteins was carried out using the basic method of Pokrovsky and Yertanov [18], which was improved by Lipatov, Yudina and Lisitsyn [20]; the structural and mechanical parameters of brynza were investigated using the Zwick/Roel Z010 apparatus in mature brynza.

The Statistica©5.XX for Windows program (StatSoft Inc., USA) was used to process the results. The research results were evaluated according to the level of significance R. The research was carried out with five repetitions. The reliability of the re-

sults was accepted at $P < 0.05$. The graphic processing of the results was carried out in the program Microsoft Excel 7.0 Harvard Chart XL for Windows XP Version 2.0.

Results and discussion

In the production of cheese, special requirements are placed on the quality of raw milk. Analyzing the data in Table 1, one can conclude that sheep's milk is characterized by a chemical composition appropriate for this species of milk and provides for the possibility of its use for brynza production. As showed by the results of the study of bacterial contamination of sheep's milk, it belongs to the 1st grade.

The organoleptic indicators of the finished product are formed as a result of the splitting of milk sugar, proteins and fats, during which a whole range of compounds is formed: lactic acid, fermentation products of milk sugar, citrates and citric acid, free amino acids, carbonyl compounds (acetoin, diacetyl), fatty acids, etc.

Table 1. Physico-chemical indices and chemical composition of sheep's milk ($n = 5$)

Tabela 1. Wskaźniki fizykochemiczne i skład chemiczny mleka owczego ($n = 5$)

Properties / Właściwość	Sheep's milk / Mleko owcze
Protein / Białko [%]	5.10 ± 0.11
Fat / Tłuszcz, [%]	5.70 ± 0.12
Lactose / Laktoza [%]	4.63 ± 0.11
Mass fraction of dry substances / Sucha masa, [%]	17.00 ± 0.12
Density / Gęstość [kg/m^3]	1035.2 ± 0.12
pH	6.38 ± 0.11
Titrated acidity / Kwasowość miareczkowa [$^{\circ}\text{T}$]	24 ± 12

The replacement of table salt and the use of Fresh-Q ensures high quality of the product according to organoleptic indicators: such samples have a more pronounced creamy taste. The smell, appearance and consistency of all cheese samples were similar. During the ripening of cheeses, complex biochemical transformations take place, as a result of which, under certain conditions, taste and aromatic compounds accumulate, determining the specific taste and aroma of cheese [2, 29]. Biochemical and microbiological processes occurring during cheese ripening lead to significant changes in all constituent components of fresh cheese, which is reflected in the formation of organoleptic properties.

Tables 2 ÷ 3 show the changes in the physical and chemical indices of brynza during the fresh ripening period. Attention is given to the change in active acidity: samples with the use of Fresh-Q are marked by lower acidity of the curd than similar samples without the preparation. In addition, the mass fraction of moisture is decreasing to-

wards the end of ripening in all experimental samples of cheese. The control sample at the end of ripening has the highest moisture content (53.1 %), and the sample with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride has the lowest. Evaluating the mass fraction of fat, one can see an increase in this indicator until the end of ripening, which is consistent with an increase in the mass fraction of dry substances.

Table 2. Physico-chemical indices of brynza from sheep's milk with partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on the 10th day of ripening (n = 5)

Tabela 2. Wskaźniki fizykochemiczne bryndzy z mleka owczego z częściowym zastąpieniem chlorku sodu chlorkiem potasu w 10 dniu dojrzewania (n = 5)

Samples of brynza / Próbki bryndzy	Indices / Wskaźniki				
	Fat in dry substances / Tłuszcz w suchej masie [%]	Moisture / Wilgotność [%]	Mass fraction of NaCl+KCl / NaCl+KCl [%]	Mass fraction of NaCl / NaCl [%]	pH
K	42.0 ± 0,3	66.0 ± 0,2	4.10 ± 0,1	4.10 ± 0,1	4.30 ± 0,03
D1	41.0 ± 0,3	64.8 ± 0,3*	4.25 ± 0,2	3.40 ± 0,2*	4.27 ± 0,02
D2	42.0 ± 0,2	63.2 ± 0,3*	4.08 ± 0,1	3.26 ± 0,1	4.31 ± 0,03*
KF	43.0 ± 0,4**	65.0 ± 0,2	4.26 ± 0,1	4.26 ± 0,1	4.22 ± 0,02
DF1	41.0 ± 0,3*	58.0 ± 0,3*	4.12 ± 0,2*	3.29 ± 0,2**	4.13 ± 0,02
DF2	42.6 ± 0,4**	58.2 ± 0,2	4.23 ± 0,2	3.38 ± 0,2	4.10 ± 0,03*

Explanation notes / objaśnienia: K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared in-lines /

Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkę porównano w wierszach.

Analyzing the salt content in cheese, it should be noted that its value increases during the entire ripening period. Naturally, the highest content of NaCl in mature cheese was found in the control samples, while it was 0.82 ÷ 0.97 % lower in the experimental samples. This ensures a reduction in the consumption of table salt at the daily rate of cheese consumption (70 g) [3].

Table 3. Physico-chemical indices of brynz from sheep's milk with partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on the 20th day of ripening (mature cheese) (n = 5)

Tabela 3. Parametry fizykochemiczne bryndzy z mleka owczego z częściowym zastąpieniem chlorku sodu chlorkiem potasu w 20 dniu dojrzewania (ser dojrzwały) (n = 5)

Samples of brynz / Próbki bryndzy	Indices / Wskaźniki				
	Fat in dry Substances / Tłuszcz w suchej masie [%]	Moisture / Wilgotność [%]	Mass fraction of NaCl+KCl / NaCl+KCl [%]	Mass fraction of NaCl / NaCl [%]	pH
K	45.9 ± 0.3	53.1 ± 0.2	4.2 ± 0.1	4.2 ± 0.1	4.23 ± 0.03
D1	44.3 ± 0.3	52.2 ± 0.3**	4.3 ± 0.2	3.44 ± 0.2	4.22 ± 0.02
D2	45.8 ± 0.2	52.4 ± 0.3*	4.1 ± 0.1	3.28 ± 0.1*	4.33 ± 0.03*
KF	45.1 ± 0.4	51.7 ± 0.2	4.3 ± 0.1	4.3 ± 0.1	4.12 ± 0.02
DF1	43.9 ± 0.3	51.0 ± 0.3*	4.2 ± 0.2	3.36 ± 0.2*	4.10 ± 0.02**
DF2	44.8 ± 0.4	51.3 ± 0.2	4.3 ± 0.2**	3.44 ± 0.2	4.08 ± 0.03

Explanation notes / objaśnienia: K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynz made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynz made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynz made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynz made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynz made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group:

* – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared in-lines /

Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$;

** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbki porównano w wierszach.

The content of protein compounds determined by the Lowry method is presented in the form of a diagram (Fig. 1 a, b). Brynz made with Fresh-Q has the highest protein content, the replacement of common salt causes a tendency to increase its content. Comparing the content of protein on the 10th and 20th day of ripening, a significant decrease in its content by the end of the ripening period is noticeable, which is a consequence of the redistribution of nitrogenous compounds, namely, an increase in the share of non-protein peptides, amino acids and their transformation products.

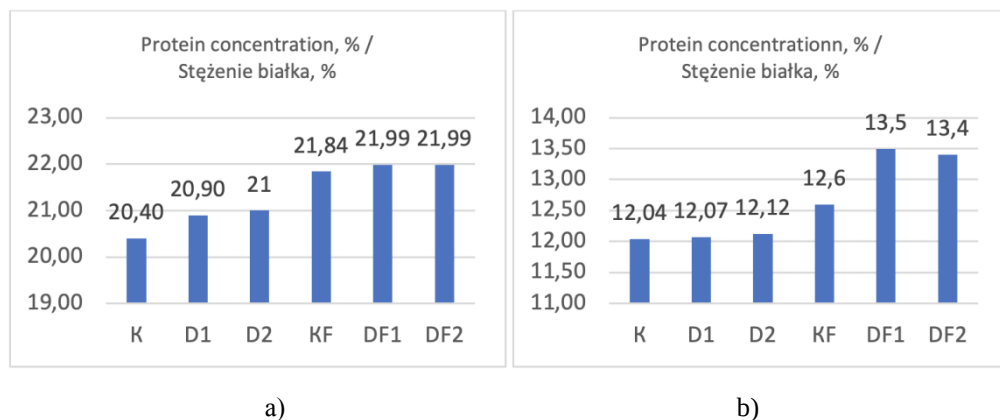


Figure 1. The protein content of brynz made from sheep's milk with 20 and 30 % replacement of common salt with potassium chloride (a – on the 10th day of ripening, b – in mature cheese (on the 20th day of ripening))

Rycina 1. Zawartość białka w bryndzie z mleka owczego z 20 i 30 % zastąpieniem soli kuchennej chlorkiem potasu (a – w 10 dniu dojrzewania, b – w serze dojrzłym (w 20 dniu dojrzewania))

Explanation notes / objaśnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynz made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynz wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynz made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynz wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynz made using sodium chloride and the Fresh-Q / brynz wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynz made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / brynz wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynz made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / brynz powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Table 4. The content of nitrogen-containing compounds of brynz on the 12th day of ripening (n = 5)

Tabela 4. Zawartość związków azotowych w bryndzie w 12 dniu dojrzewania (n = 5)

Samples of brynz / Próbk bryndzy	Total nitrogen / Azot ogółem [mg/g]	Total soluble nitrogen / Azot rozpuszczalny ogółem [mg/g]	Soluble nitrogen of non-protein substances / Rozpuszczalny azot niebiałkowy [mg/g]	Soluble nitrogen protein substances, / Rozpuszczalny azot białkowe [mg/g]
K	28.80±0.12	14.96±0.12	2.32±0.12	12.64±0.11
D1	30.50±0.14**	18.54±0.13**	2.50±0.15**	16.04±0.12**
D2	29.66±0.13**	17.84±0.16**	2.43±0.13**	15.41±0.12**
KF	30.80±0.11	20.02±0.11	2.38±0.14	17.64±0.13
DF1	31.38±0.15**	26.50±0.15**	2.69±0.13**	23.81±0.13
DF2	30.94±0.15**	26.40±0.14**	2.58±0.12**	23.82±0.11**

Explanation notes / objaśnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynz made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynz wytwarzana z 20 %

zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared in-lines /

Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkki porównano w wierszach.

Enzymes of bacterial preparations and microbial cultures play an important role in the hydrolysis of proteins, the formation of low-molecular peptides and amino acids, which serve as precursors for the formation of the taste composition of cheeses and their biological value [14, 20]. The processes of protein cleavage and amino acid conversion can occur both uncontrolled in raw whole and skimmed milk and secondary products, and controlled in the curd mass during cheese ripening, where the deepest hydrolysis of proteins takes place under the action of lactic enzymes and proteolytic enzymes of fermenting microflora. The content of nitrogen-containing compounds of brynza during ripening is shown in Tables 4 ÷ 5. There is a tendency to increase the content of total and total soluble nitrogen in samples with 20 and 30 % replacement of NaCl with KCl compared to the corresponding control on the 12th day of ripening. The use of the Fresh-Q has an influence on the content of both total and soluble nitrogen during this period: it increases compared to brynza produced without Fresh-Q (the content of total nitrogen in DF2 samples is 30.94 against 28.80 mg/g in the control; the content of soluble Nitrogen in DF2 samples is 26.40 against 14.96 mg/g in the control).

Table 5. Nitrogen-containing compounds of brynza on the 20th day of ripening (mature cheese) (n = 5)

Tabela 5. Związki azotowe bryndzy w 20 dniu dojrzewania (ser dojrzwały) (n = 5)

Samples of brynza / Próbki bryndzy	Total Nitrogen / Ogólny azot [mg/g]	General soluble nitrogen / Ogólny rozpuszczalny azot [mg/g]	Nitrogen of non-protein soluble nitrogen-containing compounds / Azot związków nierozpuszczalnych w białkach [mg/g]	Soluble nitrogen protein substances / Rozpuszczalny azot substancje białkowe [mg/g]
K	33.48 ± 0.12	28.50 ± 0.13	7.30 ± 0.12	21.2 ± 0.12
D1	36.16 ± 0.14**	30.02 ± 0.13	8.70 ± 0.14**	21.32 ± 0.14**
D2	35.54 ± 0.11**	29.28 ± 0.11**	8.10 ± 0.11**	21.18 ± 0.1**
KF	36.58 ± 0.12	31.00 ± 0.11	8.28 ± 0.12	22.72 ± 0.12
DF1	37.96 ± 0.15**	32.72 ± 0.12**	9.10 ± 0.15**	23.62 ± 0.15**
DF2	37.66 ± 0.12**	32.14 ± 0.12**	9.06 ± 0.12	23.08 ± 0.12

Explanation notes / Objasnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / brynza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / brynza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / brynza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group:

* – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared in-lines /

Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$;

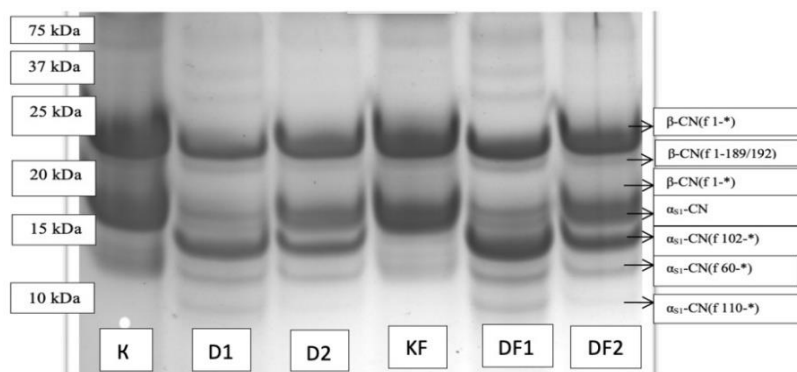
** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkę porównano w wierszach.

In mature brynza, the highest content of total soluble nitrogen was registered for samples DF1 (32.72 mg/g) and D1 (30.02 mg/g), the lowest indicator was characterized by the control sample (28.50 mg/g). As regards the nitrogen of soluble protein compounds, which determines the dietary properties of cheese, it should be emphasized that the highest values for brynza with 20 % replacement of NaCl with KCl and Fresh-Q are 23.62 mg/g. Thus, the partial replacement of sodium ions with potassium ions and the use of protective cultures influence proteolytic processes [13, 17, 20].

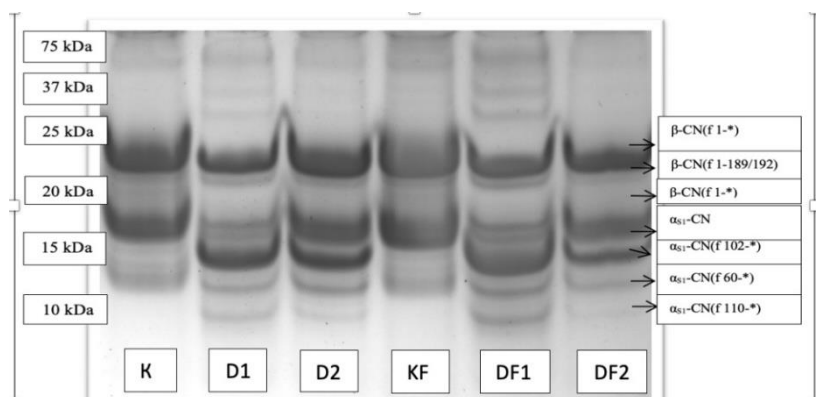
The processes of proteolysis in salted cheeses are more intensive compared to cheeses of other groups, which is associated with a shorter ripening period [5, 17, 21]. They are closely related to the action of rennet enzyme [16], as well as the concentration of common salt [7]. The products of proteolytic processes are a number of compounds: high molecular weight insoluble fragments of casein fractions, water-soluble peptides, free amino acids, as well as amino acid conversion products as a result of deamination, decarboxylation and peramination. The degree of decomposition of protein fractions occurs specifically for each type of cheese. It is known that the maturity of cheeses can be determined by the depth of hydrolysis of these fractions, and their cleavage products, in turn, have a certain correlation with the intensity of taste, aroma and consistency of the product [5, 14]. Rennet enzyme breaks down α_{s1} -casein to a greater extent than β -casein because the former has more chymosin-sensitive bonds. At the same time, a shallow breakdown of casein occurs with the formation of long-chain and medium-chain peptides and peptones, and further breakdown of β -casein is carried out by microbial proteases [1, 5, 13, 15].

Analyzing the proteolytic processes in brynza on the 10th day of ripening (Fig. 2), it should be noted that they are quite active, as evidenced by the presence of fragments of protein fractions, which are shown in electrophoretic images. The fraction with the highest molecular weight β CN (f 1–*) was placed the highest. It is significant that the

control samples K and KF have similar electrophoretic patterns. Brynza with 20 and 30 % replacement is characterized by a deeper breakdown of proteins with a significantly wider fractional content. In particular, the presence of β CN (f1-189/192)(β -1) fragments is evident in all samples with the replacement of sodium chloride with potassium chloride and the Fresh-Q.



a)



b)

Figure 2. Electrophoretic separation of brynza proteins with 20 and 30 % substitution of common salt with potassium chloride for the 10th (a) and 20th (b) day of ripening

Rycina 2. Elektroforetyczna separacja białek bryndzy z 20 i 30 % podstawieniem soli kuchennej chlorkiem potasu na 10 (a) i 20 (b) dni dojrzewania

Explanation notes / Objasnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / brynza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza

made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – bryndza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – bryndza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Electrophoregrams of caseins of mature bryndza demonstrate that similar inter-group features regarding individual fractions and their fragments are preserved compared to those in the samples on the 10th day of ripening. However, differences in the profiles of casein fractions in bryndza samples on the 10th and 20th day of ripening were not set, which is obviously due to the fact that the rennet enzyme, whose action has already been completed, is responsible for the formation of these large peptides.

Only sharper profiles of lower molecular weight peptides can be noted in samples with sodium chloride replacement and with Fresh-Q on the 20th day of maturation. It is obvious that the replacement of sodium chloride with potassium chloride causes a different profile, which is expressed by an increase in the fractions of peptides of lower molecular weight.

Great attention today is focused on the research of water-soluble casein peptides and their biological role. We chromatographically separated the water-soluble peptides of bryndza samples, the duration of the separation was 60 minutes, but the most active phase was between the 30th and 40th minute of retention. Comparing the chromatograms obtained by us with the data of other authors using this method, we identified the received peaks as peptides of β -CN and α_{s1} -CN fractions.

The summary results of the chromatograms of the protein-peptide content of bryndza samples, which characterize their quantity, are presented in Table 6. Comparing the chromatograms of the protein-peptide content for samples without the Fresh-Q, one can note the presence of similar fragments of β -CN f fractions (60-63) and α_{s1} -CN (f 102 -*), however, there are differences regarding the initial fragments of the α_{s1} -CN fraction. In the sample K, the fragment α_{s1} -CN f (4-13) was isolated, and for experimental samples D1 and D2 α_{s1} -CN f (1-5) and α_{s1} -CN f (-*). Regarding the protein-peptide content of the samples using the Fresh-Q, a fragment of the β -CN f fraction (60-63) is present in the KF and DF2 samples, while another β -CN fragment (f 81-86) was identified in the DF1 sample. These fragments of the β -CN fraction (60-63 and 81-86) have opioid properties [24]. As for the identified fragments of the α_{s1} -CN fraction, its final fragments are similar, and the initial fragments are decreasing sequentially from control to DF2 by 1 amino acid residue. As showed in literature data, these fragments of the α_{s1} -CN fraction have antioxidant and immunomodulatory properties [24].

Table 6. Protein-peptide composition of brynza from sheep's milk for 20 and 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride

Tabela 6. Skład białkowo-peptydowy bryndzy z mleka owczego dla 20 i 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu

Samples of brynza / Próbki bryndzy	Peak / Faction / Szczyt / Frakcja	Fragment / Fragment	Coverage area [relative units] / Obszar zasięgu [jednostki względne]	Coverage sequence / Pokrycie sekwencji [%]
K	Pik 1: β -CN	f 60 – 63	560.6	15
	Pik 2: α_{S1} -CN	f 4 – 13	1453.2	17
	Pik 3: α_{S1} -CN	f 102 – *	2221.6	30
D1	Pik 1: β -CN	f 60 – 63	545.1	5
	Pik 2: α_{S1} -CN	f 1 – 5	653.8	4
	Pik 3: α_{S1} -CN	f 102 – *	1980.6	20
D2	Pik 1: β -CN	f 60 – 63	567.7	11
	Pik 2: α_{S1} -CN	f 1 – *	845.9	17
	Pik 3: α_{S1} -CN	f 102 – *	2267.2	35
KF	Pik 1: β -CN	f 60 – 63	564.9	11
	Pik 2: α_{S1} -CN	f 1 – 8	912.9	17
	Pik 3: α_{S1} -CN	f 102 – *	2100	25
DF1	Pik 1: β -CN	f 81 – 86	605.9	11
	Pik 2: α_{S1} -CN	f 1 – 7	868.1	15
	Pik 3: α_{S1} -CN	f 102 – *	2304.6	30
DF2	Pik 1: β -CN	f 60 – 63	561.6	11
	Pik 2: α_{S1} -CN	f 1 – 6	786.3	18
	Pik 3: α_{S1} -CN	f 102 – *	2301.2	32

Explanation notes / Objaśnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: * – undefined remainder / Uwaga: * – reszta niezdefiniowana

The largest coverage area of the acetonitrile fragment of the β -CN fraction in the sample K in the group of cheeses without Fresh-Q is noteworthy, while the coverage area of the fragment from 102 amino acid residues is the largest in the sample with 30 % replacement. In the group with the Fresh-Q, the coverage area of this fragment is

greater in all experimental samples. Considering the similarity of the previous fragments, it can be assumed that the replacement of sodium chloride and the use of the Fresh-Q result in higher antioxidant properties of the cheese. The content of free amino acids (AA) in the cheese samples is presented in Table 7. It should be noted that the combination of RSF and Fresh-Q has an influence on the content of free amino acids. As for their total content, the same dependence remains as when replacing NaCl with KCl without Fresh-Q – their total amount increases significantly in samples with the 30 % replacement of NaCl with KCl [7, 19].

We analyzed the difference in the amount of free amino acids, it can be stated that K was characterized by a lower content of them by 3.75 % compared to D1 and by 50.2 % compared to D2. Similar results were observed in the samples DF1 and DF2 compared to the sample KF. It should be noted that the use of the Fresh-Q increased the content of free amino acids by 66.7 % compared to K. As for the content of the sum of essential amino acids, a significant difference in concentrations was registered for DF2 samples – 133.6 µg/g against 89.97 µg/g in the K control. Given the sum of the content of glutamic acid, proline, valine and leucine, which are responsible for the formation of a pleasant taste, the samples prepared with the replacement of sodium chloride with potassium chloride and the use of a microbial preparation of direct input in combination with Fresh-Q significantly prevailed over K and KF, which is confirmed by the results of the organoleptic evaluation of taste saturation. The content of tyrosine and arginine, which influence the taste, in the control sample K was 9.59 µg/g, and in DF2 – 25.34 µg/g.

As is known, the formation of the bitter taste of cheese is influenced by the concentration of such amino acids as methionine, histidine and lysine [1]. The lowest concentration of these amino acids was in D1, which proves the positive influence of partial replacement of common salt with potassium chloride in the amount of 20 %. When using the Fresh-Q, the content of almost all individual free amino acids increases significantly (by 2 ÷ 2.5 times), but the content of sulfur-containing amino acids almost does not change. Thus, replacing 20 and 30 % of sodium chloride with potassium chloride in the production of brynza has an influence on both the protein content and the course of proteolytic processes. At the same time, the taste and textural properties of cheese do not deteriorate.

The course of proteolytic processes can also be judged by the change of free amino groups using the method of Snyder and Sobocinski and Kuchroo and Ramilly [18, 19], as modified by Chrzanowska, which is shown in the form of a diagram (Fig. 3 a, b). On the 10th day of ripening, the samples prepared using the Fresh-Q and the replacement of common salt had significantly higher results, but no significant intragroup differences were registered. In mature sheep brynza, a different pattern was

Table 7. The content of free amino acids in brynza on the 10th day of ripening [μg/g] (n = 5)

Tabela 7. Zawartość wolnych aminokwasów w bryndzie w 10 dniu dojrzewania [μg/g] (n = 5)

Amino acid / Aminokwas	Samples of brynza / Próbkki bryndzy					
	K	D1	D2	KF	DF1	DF2
Aspartic acid / Kwas asparaginowy	5.81±0.22	5.25±0.07	10.07±0.11**	14.48±0.12	14.48±0.12	14.23±0.12
Threonine / Treonina	0.97±0.15	1.00±0.01	1.26±0.11	1.58±0.12	2.91±0.12**	1.34±0.12
Serin / Seryna	5.36±0.12	4.75±0.24	12.69±0.13***	11.54±0.12	15.73±0.12***	15.81±0.12***
Glutamic acid / Kwas glutaminowy	13.33±0.14	9.79±0.14***	20.61±0.12***	33.41±0.12	33.77±0.12***	26.33±0.12
Proline / Prolina	7.80±0.13	26.05±0.08***	17.35±0.12***	18.42±0.12	15.95±0.12	16.39±0.12***
Glycine / Glicyna	3.01±0.12	1.87±0.08**	5.88±0.12***	9.09±0.09	8.38±0.12**	5.16±0.12***
Alanine / Alanina	7.41±0.11	4.87±0.12***	11.59±0.14***	10.03±0.12	10.16±0.17*	11.59±0.12***
Cysteine / Cysteina	5.41±0.14	2.59±0.09***	6.01±0.12*	2.93±0.12	3.88±0.12**	6.15±0.17***
Valin / Walina	11.21±0.13	10.26±0.16**	17.45±0.12***	12.25±0.12	15.18±0.12**	18.38±0.12***
Methionine / Metionina	5.20±0.14	2.74±0.14***	6.18±0.10	5.12±0.13	6.43±0.12**	5.29±0.12
Isoleucine / Isoleucyna	0.61±0.13	1.24±0.11*	0.86±0.12	0.47±0.12	1.14±0.12	1.32±0.12**
Leucine / Leucyna	10.74 ±0.13	14.73±0.12***	16.72±0.12***	17.24±0.12	14.58±0.12***	18.39±0.12**
Tyrosine / Tyrozyna	6.74±0.13	10.62±0.12***	11.10±0.05***	8.93±0.12	8.78±0.12	14.84±0.12***
Phenylalanine / Fenyloalanina	22.84±0.11	29.56±0.13***	33.73±0.13***	30.13±0.14	31.09±0.12**	38.42±0.12***
Histidine / Histydyna	29.22±0.12	21.49±0.13***	32.19±0.10***	27.67±0.12	23.31±0.12***	29.09±0.14**
Lysine / Lizyna	2.44±0.12	1.77±0.12*	5.72±0.12***	2.20±0.12	3.00±0.12**	6.53±0.12***
Arginine / Arginina	2.85±0.12	1.77±0.13**	6.42±0.12***	5.10±0.12	4.07±0.12**	10.50±0.12***
Ammonia / Amoniak	7.32±0.09	3.49±0.14***	6.84±0.21	6.72±0.12	6.90±0.12**	7.43±0.12*
The sum of essential amino acids / Suma niezbędnych aminokwasów	89.97±0.13	93.41±0.12	125.21±0.12	105.59±0.12	106.42±0.12	133.60±0.12
The sum of free amino acids / Suma wolnych aminokwasów	148.27±0.13	153.84±0.12	222.67±0.12	217.31±0.12	219.74±0.12	247.19±0.12

Explanantial notes / objaśnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20% replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared in-lines / Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkę porównano w wierszach.

registered: deeper proteolysis occurred in the samples where part of sodium chloride was replaced, the level of its growth was correlated with an increase in the percentage of replacement. This was the case with the group of samples without and with Fresh-Q. Also, the number of free amino groups in mature brynza increases compared to unripe cheese, which, in fact, is consistent with the data of previous investigations of the content of free amino acids.

Thus, the Fresh-Q and the use of a partial replacement of common salt intensify deep proteolysis. This is confirmed by the data in Fig. 3. Biological value is an important indicator of quality, as it determines the degree of availability and, accordingly, assimilation of nutrients. The most important indicator of protein quality is its digestibility, that is, the ability to be hydrolyzed by enzymes of the gastrointestinal tract. This property is investigated by *in vitro* and *in vivo* methods, which have a high degree of correlation [23].

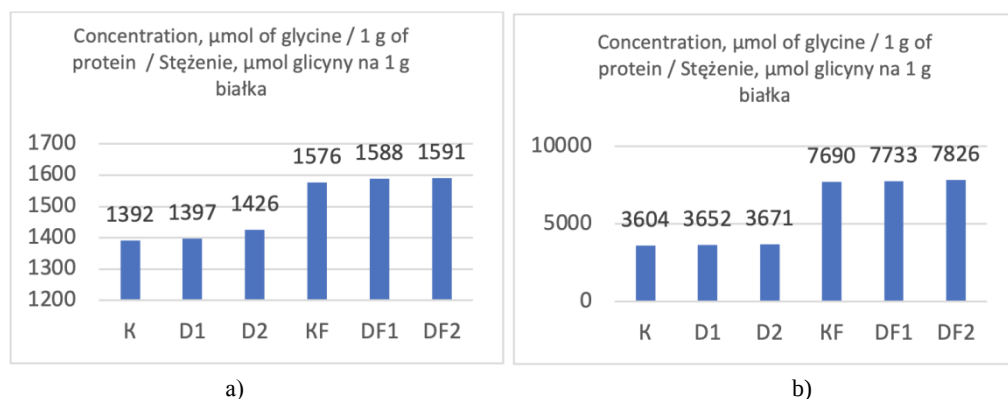


Figure 3. The concentration of free amino groups in sheep brynza with 20 and 30 % replacement of table salt with potassium chloride (a – on the 10th day of ripening, b – in mature cheese)

Rycina 3. Stężenie wolnych grup aminowych w bryndzie owczej przy 20 i 30 % zastąpieniu soli kuchennej chlorkiem potasu (a – w 10 dniu dojrzewania, b – w serze dojrzłym).

Explanantion notes / objaśnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20% replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Data on the digestibility of brynza proteins are shown in Table 8. It should be noted that the degree of digestibility of proteins by pepsin and trypsin and the dynamics of this process had their own characteristics for different samples of brynza. Based on the results of the research on the digestibility of brynza proteins, it can be stated that the proteins of the sample DF1 (82.48 %) and D1 (80.35 %) have the best digestibility; the difference with respect to the corresponding controls is 30.2 and 26.9 %. In addition, the curve of dynamics of protein digestibility of the samples D1 and DF1 is characterized by the highest indicators, which is confirmed by data on the general digestibility of brynza samples.

Table 8. Digestibility of brynza proteins (under in vitro conditions) (n = 5)

Tabela 8. Strawność białek bryndzy (w warunkach in vitro) (n = 5)

Samples of brynza / Próbkki bryndzy	Mass fraction of tyrosine [g/ 100 g of protein] / Ułamek masowy tyrozyny [g/100 g białka]	Protein digestibility / Strawność białka			
		[mg tyrosine/g protein] / [mg tyrozyny/g białka]			[%]
		Pepsin / Pepsyna	Trypsin / Trypsyna	Summarized / Streszczony	
K	4.45 ± 0.15	6.75 ± 0.12	20.71 ± 0.20	27.46 ± 0.22	61.71
D1	4.45 ± 0.19**	9.91 ± 0.12	25.84 ± 0.25*	35.75 ± 0.30*	80.35
D2	4.45 ± 0.15	8.12 ± 0.11	22.65 ± 0.19**	30.77 ± 0.34*	69.15
KF	4.45 ± 0.14	8.85 ± 0.11	20.07 ± 0.21	28.92 ± 0.20	64.99
DF1	4.45 ± 0.22*	11.24 ± 0.15**	25.46 ± 0.26*	36.70 ± 0.38*	82.48
DF2	4.45 ± 0.15**	10.34 ± 0.11	23.33 ± 0.17**	33.67 ± 0.29*	75.65

Explanation notes / Objasnienia:

K – control sample using sodium chloride / próbka kontrolna z użyciem chlorku sodu; D1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; D2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride / bryndza wytwarzana z 30 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu; KF – brynza made using sodium chloride and the Fresh-Q / bryndza wytwarzana z użyciem chlorku sodu i Fresh-Q; DF1 – brynza made with 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza wyprodukowana z 20 % zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu i zastosowaniem Fresh-Q; DF2 – brynza made with 30 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and using Fresh-Q / bryndza powstała w wyniku zastąpienia chlorku sodu w 30 % chlorkiem potasu oraz przy użyciu Fresh-Q

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group:

* – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared in-lines /

Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$;

** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkki porównano w wierszach.

Analyzing the investigations conducted, it is possible to distinguish the positive influence of 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride in combination with Fresh-Q in brynza on the digestibility of brynza proteins, because the degree of digestibility of proteins is the highest in these samples. The data is confirmed by the results of proteolysis, which are given above.

Conclusions

1. The common salt in the brine was partially replaced with potassium chloride in the technology of making brynza from sheep's milk, which did not have an influence on the organoleptic properties of the brynza.
2. A positive influence of 20 and 30 % replacement of common salt with potassium chloride and the use of Fresh-Q on the course of proteolytic processes was found, which is evidenced by an increase in casein fragments with a lower molecular weight, an increase in the area of absorption of acetonitrile by water-soluble peptides and an increase in the concentration of free amino groups and free amino acids. This is also accompanied by a corresponding increase in total soluble nitrogen and nitrogen in soluble protein compounds.
3. The degree of digestibility of brynza protein from sheep's milk is the highest with the use of 20 % replacement of sodium chloride with potassium chloride and the Fresh-Q (82.48 %).
4. Due to the partial replacement of table salt with potassium chloride, the salt content in cheese is reduced to a minimum value (4 %), which will allow to reduce the level of table salt consumption. This will have a positive effect on the functioning of the human cardiovascular and musculoskeletal system.

References

- [1] Ayyash M. M., Shah N. P.: Proteolysis of low-moisture Mozzarella cheese as affected by substitution of NaCl with KCl. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94, 3769-3777.
- [2] Ayyash M. M., Shah N. P.: The effect of substituting NaCl with KCl on Nabulsi cheese: chemical composition, total viable count, and texture profile. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94, 2741-2751.
- [3] Ayyash M. M., Sherkat F., Shah N. P.: The effect of NaCl substitution with KCl on Akawi cheese: Chemical composition, proteolysis, angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity, probiotic survival, texture profile, and sensory properties. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(9), 4747-4759.
- [4] Burda L. R., Stapai P. V.: Physico-chemical parameters of sheep's milk of the Ukrainian Mountain Carpathian breed under different conditions of keeping. *Scientific and technical bulletin*, 2008, 9(4), 13-17.
- [5] Dugat-Bony E., Sarthou A.-S., Perello M.-C., G. de Revel, Bonnamme P., Helinck S.: The effect of reduced sodium chloride content on the microbiological and biochemical properties of a soft surface-ripened cheese. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99, 2502-2511.

- [6] Farrell H. M., Jimenez-Flores R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E., Creamer L. K., Hicks C. L., Hollar C. M., Ng-Kwai-Hang K. F., Swaisgood H.E.: Nomenclature of the proteins of cow's milk. Sixth revision. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(6), 1641-1674.
- [7] Fox P. F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P. L. N., O'Mahony J. A.: *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Second Edition). New York: Springer, 2015, 585 p.
- [8] Grummer J., Bobowski N., Karalus M., Vickers Z. and Schoenfuss T.: Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96, 1401-1418.
- [9] Holt C., Carver J. A., Ecroyd H., Thorn D.C.: Invited review: Caseins and the casein micelle: their biological function, structures, and behavior in foods. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96(10), 6127-6146.
- [10] Innocente N., Munari M., Biasutti M.: Characterization by solid-phase microextraction-gas chromatography of the volatile profile of protected designation of origin Montasio cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96(1), 26-32.
- [11] Kamleh R., Olabi A., Toufeili I., Najm N. E. O., Younis T. and Ajib R.: The effect of substitution of sodium chloride with potassium chloride on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Halloumi cheese. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95, 1140-1151.
- [12] Kushnir I., Tsisaryk O., Kushnir, I., Semen, I., Slyvka, I., Musiy, L.: Properties of formed compositions of probiotic strains isolated from Carpathian bryndza. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhyskyj. Series: Agricultural Sciences*, 2020, 22(93), 119-125.
- [13] Kushnir I. I., Tsisaryk O. Y., Kushnir I. M., Skulska, I. V.: The technology of manufacturing cheese from cow's milk using a starter culture Enteroplan. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences*, 24(96), 9-15.
- [14] Lu Y., McMahon D. J.: Effects of sodium chloride salting and substitution with potassium chloride on whey expulsion of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98, 78-88.
- [15] Pastorino A., Hansen C., McMahon D.: Effect of Salt on Structure-Function Relationships of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(1), 60-69.
- [16] Rasmusson K.: Bioactive peptides in long-time ripened open texture semi-hard cheese. *Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Food Science*, 2012, N.338.
- [17] Saldo J., McSweeney P. L. H., Sendra E. et al. Proteolysis in caprine milk cheese treated by high pressure to accelerate cheese ripening. *International Dairy Journal*, 2002, 12(1), 35-44.
- [18] Skulska I. V., Tsisaryk O. Y.: Changes in protein substances of brynza cheese under the influence of partial replacement of salt with potassium chloride. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 2020, 22(93), 49-53.
- [19] Skulska I. V., Tsisaryk O. Y.: Effect of partial replacement of sodium chloride on proteolysis in cheese production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, 5/11(71), 12-17.
- [20] Skulska I. V., Tsisaryk O. Y.: Changes in the protein substances of cheese under the influence of partial replacement of table salt with potassium chloride. *Bulletin of Mogilev State University of Food*, 2016, 1(20), 40-45.
- [21] Skulska I. V., Tsisaryk O. I., Slyvka N. B.: Formation of qualitative indicators of the cheese made at partial replacement of sodium chloride. *Tavriya National University Vernadsky. Technical sciences*, 2020, 31(6), 95-100.
- [22] Slyvka I. M., Tsisaryk O. Y., Dronyk G. V., Musiy L. Y.: Strains of lactic acid bacteria isolated from traditional Carpathian cheeses. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2018. 9(1), 62-68.

- [23] Tsisaryk O. Y., Skulska I. V.: Improvement of technology brine cheese by reducing the sodium chloride. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. Series: Food Technologies, 2013, 15(57), 126-131.
- [24] Voigt D. D., Chevalier F., Donaghy J. A., Patterson M. F., Qian M. C. and Kelly A. L.: Effect of high-pressure treatment of milk for cheese manufacture on proteolysis, lipolysis, texture and functionality of Cheddar cheese during ripening. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 2012, 13, 23-30.
- [25] Yukalo V., Datsyshyn K., Krupa O., Storozh L.: Adaptation of Stadler's apparatus for electrophoresis of main milk proteins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, 1/11(127), 73-80.
- [26] Yukalo V., Datsyshyn K., Storozh L. Comparison of products of whey proteins concentrate proteolysis, obtained by different proteolytic preparations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 5/11(101), 40-47.
- [27] Yukalo V., Datsyshyn K., Storozh L. Electrophoretic system for express analysis of whey protein fractions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 2/11(98), 37-44.
- [28] Yukalo V., Storozh L.: Isolation of κ -CN-1P and β -CN-5P fractions from native casein micelles. *Ukrainian Biochemical Journal*, 2018, 90(4), 74-79.
- [29] <https://www.chr-hansen.com/en/search?term=CHY-MAX>

CHARAKTERYSTYKA PRZEBIEGU PROCESÓW PROTEOLITYCZNYCH W BRYNDZY O OBNIŻONEJ ZAWARTOŚCI SOLI KUCHENNEJ

Streszczenie

Wprowadzenie. Sery stanowią główny składnik codziennej diety zdecydowanej większości społeczeństwa jako produkt biologicznie kompletny i funkcjonalny. Dlatego kształtowanie jego konkurencyjnej produkcji jest jednym z najważniejszych zadań dotyczących rozwiązania bezpieczeństwa żywnościowego kraju i pomyślnego rozwoju sektora rolnego gospodarki. Na świecie obserwuje się systematyczny wzrost spożycia serów, co stymuluje wzrost wolumenu ich produkcji, co z kolei wymaga znacznej poprawy jakości serów, tworzenia nowych typów i innowacyjnych technologii oraz ich naukowe uzasadnienie. Sery solone to sery dojrzewające i przechowywane w solance - w beczkach lub pojemnikach, gdzie po uformowaniu są szczelnie pakowane i napełniane 16 ÷ 20 % roztworem soli kuchennej. Produkowane są według technologii serów miękkich, twardych i półtwardych. Mają ostry, słono-kwaśny smak, ciasto jest szorstkie i kruche. Sery solone nie mają skórki, ich kolor jest biały.

Wyniki i wnioski. Przygotowano 6 próbek bryndzy owczej z 20 i 30 % substytucją soli kuchennej chlorkiem potasu. Stwierdzono, że substytucja nie ma negatywnego wpływu na parametry organoleptyczne i fizykochemiczne sera. Stosowanie preparatu Fresh-Q równoległe z 20 i 30 % zamiennikiem chlorkiem potasu wpływa pozytywnie na przebieg procesów proteolitycznych, czego dowodem jest wzrost fragmentów kazeiny o niższej masie cząsteczkowej, zwiększenie powierzchni wchłaniania acetonitrylu przez peptydy rozpuszczalne w wodzie i wzrost stężenia wolnych grup aminowych i wolnych aminokwasów. Towarzyszy temu również odpowiedni wzrost całkowitego rozpuszczalnego azotu i azotu w rozpuszczalnych związkach białkowych.

Słowa kluczowe: sery marynowane, bryndza, chlorek sodu, chlorek potasu, proteoliza, aminokwasy, technologia sera 

EWA KULCZYK-MAŁYSA, ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS

OPTIMALIZACJA WARUNKÓW BIOSYNTETY WYBRANYCH KAROTENOIDÓW PRZEZ DROŹDŻE Z RODZAJU *RHODOTORULA*

Streszczenie

Wprowadzenie. Karotenoidy to zróżnicowana grupa pigmentowych związków izoprenoidowych. Obecnie komercyjnie pozyskiwane są głównie z roślin lub na drodze syntezy chemicznej, z której uzyskiwanych jest $80 \div 90$ % związków. Jednakże syntetyczne karotenoidy, w dużych dawkach, mogą być szkodliwe dla zdrowia ludzkiego, a odpady powstające w procesie ich produkcji stanowią zagrożenie dla środowiska. Alternatywą dla odpowiedników syntezy chemicznej jest wykorzystanie produkcji mikrobiologicznej w celu pozyskania karotenoidów o wysokiej aktywności biologicznej, które mogą stanowić naturalny i funkcjonalny dodatek w różnych gałęziach przemysłu. W związku z tym celem badań była optymalizacja warunków hodowli i biosyntezy wybranych frakcji karotenoidów przez szczepy *Rhodotorula*. Hodowlę drożdży prowadzono w kolbach 100 cm³ w których przygotowywano 50 cm³ podłoża YPG ze stałym wytrząsaniem i dostępem światła. W regulacji biosyntezy karotenoidów uwzględniono wpływ takich czynników, jak: temperatura, pH oraz stosunek węgla do azotu. W celu ilościowego i jakościowego oznaczenia frakcji karotenoidów wykorzystano metodę spektrofotometryczną.

Wyniki i wnioski: Wykazano wpływ temperatury, stosunku C/N oraz pH na ilości pozyskanej biomasy. Zmiana warunków pH determinowała istotne różnice w oznaczanych frakcjach karotenoidowych niezależnie od szczepu. Ponadto zastosowanie skrajnych wartości pH nie wpłynęło na zahamowanie wzrostu oraz syntezy karotenoidów, wskazując na adaptację *Rhodotorula* sp. do stresogennych warunków środowiska. W zależności od warunków hodowli oznaczano zmienny przyrost biomasy badanych szczepów, co warunkowało wpływ na przebieg krzywej logarytmicznego wzrostu drożdży. Analiza wpływu czynników fizykochemicznych umożliwiła wyznaczenie warunków hodowli sprzyjających produkcji karotenoidów.

Słowa kluczowe: naturalne barwniki, karotenoidy, drożdże, *Rhodotorula* sp.

Wprowadzenie

Karotenoidy to zróżnicowana grupa pigmentowych związków izoprenoidowych o szerokim zakresie aktywności biologicznej. Najczęściej stosowany podział karoteno-

idów oparty jest na budowie chemicznej. Podstawowe kryterium tego podziału stanowi występowanie w strukturze atomów węgla i wodoru lub węgla, wodoru oraz tlenu. Ogólny podział wskazuje na karoteny będące węglowodorami oraz ksantofile zawierające polarne grupy [8]. Prowadzone badania umożliwiły odkrycie ponad tysiąca naturalnych karotenoidów pochodzących z roślin, mikroalg, grzybów i bakterii [19, 30]. Coraz większe zapotrzebowanie na karotenoidy w różnych działach przemysłu wymusiło poszukiwanie alternatywnych źródeł, które poza efektywnością produkcji zapewnią będą bezpieczeństwo ich pozyskiwania i stosowania [16].

Komercyjne pozyskiwanie karotenoidów oparte jest przede wszystkim na syntezie chemicznej, co stanowi ponad 73 % zapotrzebowania rynku. Pozyskiwanie ich z naturalnych źródeł – roślin, zwierząt i bakterii jest ciągle ograniczone, aczkolwiek obserwuje się stały wzrost zapotrzebowania na karotenoidy niesyntetyczne, co zapewne wynika ze stałego zainteresowania konsumentów produktami naturalnymi. Biotechnologiczne rozwiązania ukierunkowane na produkcję naturalnych karotenoidów, w tym ze źródeł mikrobiologicznych, przyczyniły się do opracowania technologii bezpiecznej dla środowiska, a uzyskane produkty charakteryzują się przede wszystkim stabilnością, lepszymi właściwościami biologicznymi oraz niższym potencjałem toksycznym. Cechy te przyczyniły się do coraz powszechniejszego wykorzystywania tych związków jako funkcjonalnych dodatków w różnych gałęziach przemysłu, m.in. w przetwórstwie żywności. Ponadto synteza karotenoidów przez mikroorganizmy charakteryzuje się wysoką wydajnością, co związane jest m.in. z ich zdolnościami adaptacji do panujących warunków środowiska [17].

Rhodotorula sp. jest przedstawicielem tzw. oleistych drożdży wykazujących zdolność do produkcji lipidów, egzopolisacharydów oraz karotenoidów. Główną korzyścią wykorzystania izolatów z tego rodzaju jest szybkość przystosowania się do warunków środowiska, co wiąże się z dostosowaniem aparatu enzymatycznego i wykorzystaniem dostępnych składników odżywczych [31]. Ponadto produkowane frakcje karotenoidów wykazują działanie bioaktywne, wpływając na eliminację stresu oksydacyjnego [7]. Około 70 % karotenoidów produkowanych przez gatunki z rodzaju *Rhodotorula* sp. stanowi β -karoten. Jest to związek o pomarańczowo-żółtej barwie posiadający 9 sprzężonych wiązań w łańcuchu polienowy i 2 w pierścieniach β -jonowych, co powoduje jego podatność na utlenienie [8]. Neutralizacja wolnych rodników przez te pigmenty chroni organizmy żywe przed ich szkodliwym działaniem, często prowadzącym do mutagenezy. Kolejnym metabolitem wtórnym wytwarzanym przez drożdże jest γ -karoten, który stanowi izomer β -karotenu. Bioaktywne właściwości tej frakcji karotenoidów wynikają z obecności grupy retinylowej, jednakże są one niższe niż β -karotenu [23]. Oprócz wspomnianych karotenoidów przedstawiciele rodzaju *Rhodotorula* syntetyzują również torulen, który jest syntetyzowany z γ -karotenu. Torulen stanowi prowitaminę witaminy A, jednocześnie wykazując wyższą aktywność antyok-

sydacyjną niż β -karoten. Zdolność wiązania cząsteczek tlenu przez frakcje karotenoidów umożliwia ich zastosowanie jako naturalnych dodatków do żywności ograniczających procesy utleniania. Ponadto badania wykazały ich działanie przeciwdrobnoustrojowe, co może mieć wpływ na proliferację drobnoustrojów patogennych w żywności [15, 26].

W związku z tym celem badań była optymalizacja warunków hodowli oraz biosyntezy wybranych frakcji karotenoidów przez szczepy *Rhodotorula*, jako potencjalnych dodatków do żywności. Analizie poddano wpływ czynników fizykochemicznych na intensywność produkcji biomasy, procentowy udział frakcji oraz całkowite stężenie karotenoidów.

Materialy i metody badań

Pochodzenie szczepów

W badaniach wykorzystano szczepy drożdży karotenoidalnych pochodzące ze środowiska przemysłowego jednej z mleczarni w Polsce. Szczepy izolowano z produktu gotowego mozzarella (szczep M-66) oraz z wody technologicznej (szczep M-78).

Metody izolacji szczepów

Produkt gotowy w postaci kulki mozzarella poddano analizie zgodnie z PN-EN ISO 6611:2007 [24] przy zastosowaniu podłoża Sabouard (pepton mikrobiologiczny 1,0 %, glukoza 4,0 %, agar 1,5 %; Oxoid, Wielka Brytania). Inkubację prowadzono w 25 °C przez 5 dni.

Analizę prób wody technologicznej wykonano metodą filtracji membranowej przy użyciu filtrów celulozowych o wielkości porów 0,45 μm (Merck, Niemcy). Inkubację prowadzono na podłożu OGA (ekstrakt drożdżowy 0,5 %, glukoza 2,0 %, oksytetracyklina 0,01 %, agar bakteriologiczny 1,5 %; Biokar, Francja) w temperaturze 25 °C przez 5 dni.

Selekcja i identyfikacja wyizolowanych szczepów drożdży

Wstępnej selekcji szczepów dokonywano na podstawie barwy kolonii wyrosłych na podłożach hodowlanych. Z wyrosłych kolonii na podłożu YM Agar (ekstrakt drożdżowy 0,3 %, ekstrakt słodowy 0,3 %, pepton bakteriologiczny 0,5 %, dekstroza 1,0 %, agar 2,0 %; Difco, USA) wykonywano preparaty mikroskopowe barwione metodą Loefflera. Charakterystyka morfologiczna komórek drożdży, tj. kształt, sposób pączkowania, występowanie pseudostrzępek, były uzupełnieniem do identyfikacji biochemicznej, w której wykorzystano testy API ID 32C (bioMérieux, Francja). Testy przeprowadzono zgodnie z procedurą wskazaną przez producenta a uzyskane wyniki odczytywano za pomocą automatycznego systemu komputerowego VITEK ATB (bioMérieux, Francja).

Ocena wpływu wybranych czynników na syntezę karotenoidów

W celu przeprowadzenia wszystkich doświadczeń wykorzystano wyselekcjonowane szczepy drożdży o stałym inokulum $OD_{600} = 0,02 \pm 0,01$. Pomiaru OD dokonywano w BioPhotometer (Eppendorf, Niemcy). Hodowle prowadzono w kolbach 100 cm^3 , w których przygotowywano 50 cm^3 podłoża YPG (glukoza 2 %, pepton 1 %, ekstrakt drożdżowy 1 %) ze stałym wytrząsaniem 120 obr./min. i dostępem światła [5]. Hodowle inkubowano przez 5 dni przy zachowaniu różnych warunków temperaturowych: 20 °C, 25 °C i 30 °C oraz pH 3,0; 5,0; 7,0; 9,0.

W przypadku oceny wpływu stosunku węgla do azotu (C/N) w kolbach 100 cm^3 przygotowywano 50 cm^3 podłoża w Basal Medium - BM ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,5 %, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,05 %, ekstrakt drożdżowy – 0,1 %, KH_2PO_4 – 0,64 %; K_2HPO_4 – 0,64 %). Do pożywki BM dodawano różne stężenia glukozy, tak aby uzyskać stosunek C/N, odpowiednio: 1,0; 2,5; 10 i 20. Hodowle prowadzono w wyżej opisanych warunkach, wykorzystując optymalną temperaturę i pH dla produkcji karotenoidów.

We wszystkich wariantach badawczych prowadzono kontrole przyrostu biomasy poprzez pomiar spektrofotometryczny OD wykonywany przy długości fali 600 nm. W tym celu wykorzystano BioPhotometer (Eppendorf, Niemcy).

Proces ekstrakcji karotenoidów

W celu wyekstrahowania karotenoidów syntetyzowanych przez szczepy drożdży postępowano zgodnie z metodą Kot i wsp. [15] (Metoda I) z wykorzystaniem roztworu NaCl w końcowej fazie ekstrakcji. Zastosowano również modyfikację własną, nie uwzględniając dodatku NaCl, co umożliwiło eliminację fałszywie dodatnich wyników (Metoda II).

Z każdego wariantu badawczego do falkonów pobierano 10 ml hodowli, a następnie odwirowywano (8000 obr./min. przez 15 min). Supernatant umieszczono w osobnym falkonie w celu oceny ewentualnych pozostałości karotenoidów. Pelet przemywano dwukrotnie wodą destylowaną, uwzględniając wskazane wyżej parametry procesu wirowania. Osad zawieszono w 1 ml DMSO (dimetylosulfotlenek; Oxoid, Wielka Brytania), który wcześniej ogrzewano przez 2 h w temperaturze 55 °C [12]. Po dodaniu kulek szklanych (Sigma, USA) powtarzano etap wirowania (8 000 obr./min. przez 10 min). Następnie dodano 2 ml mieszaniny acetonu (Stanlab, Polska) i 96 % alkoholu etanolowego (ChemLand, Polska) i wytrząsano przez 5 min. Próbkę pozostawiono na 10 min w celu sedimentacji biomasy. Proces ekstrakcji prowadzono do momentu uzyskania białego/szarego koloru biomasy [15].

Oznaczenie frakcji karotenoidów

W celu ilościowego i jakościowego oznaczenia frakcji karotenoidów mierzono absorbancję uzyskanych ekstraktów za pomocą spektrofotometru BioSpectrometer

basic (Eppendorf, Niemcy). Całkowitą zawartość karotenoidów (VC) wyrażoną w mg/dm^3 cieczy hodowlanej wyliczono zgodnie z metodą Chena i wsp. (2006) [4]. W zależności od oznaczanej frakcji karotenoidów zastosowano różne długości fali oraz obliczono odpowiednie molowe współczynniki ekstynkcji na podstawie kalkulatora molowego współczynnika ekstynkcji [3]. W badaniach oznaczono frakcje należące do karotenów, tj. torulen, γ -karoten, β -karoten oraz należącą do ksantofili astaksantynę. Ponadto oznaczono całkowitą zawartość ksantofili. Następnie wyznaczono całkowitą zawartość karotenoidów (TF) wyrażoną w $\mu\text{g/g}$ suchej masy komórek drożdży zgodnie z metodą Rodríguez i wsp. (2023) [25].

Oznaczanie zawartości suchej masy

Suchą masę oznaczano w falkonach, które uprzednio suszono przez 2 dni w temperaturze $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po zważeniu falkonów wprowadzono 10 ml każdej z hodowli i wirowano 8 000 obr/min przez 10 min. Supernatant zlewano, a biomasę w falkonach suszono w temperaturze $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Falkony ważono co 2 dni do momentu nieistotnych różnic w wadze. Wyniki przedstawiono w gramach suchej masy na litr pożywki (g/dm^3) [24].

Pomiar barwy

Barwa kolonii drożdży oraz uzyskanego peletu po hodowli była ustalana na podstawie tablic barw Munsella (1972) [11].

Analiza statystyczna

Wszystkie doświadczenia powtórzono trzykrotnie, a dane wyrażono jako wartość średnią $\pm$ odchylenie standardowe (SD). Istotność statystyczną wyznaczano za pomocą analizy wariancji (jedno- i dwuczynnikowa ANOVA), a następnie testu Tukeya. Wszystkie analizy przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Statistica w wersji 13.03 (StatSoft Polska, Polska). Porównane wartości uznano za znacząco różne przy $p < 0,05$. Korelacje między zmiennymi oceniono za pomocą współczynnika korelacji Pearsona (r) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki

Wyizolowane szczepy różniły się pod względem morfologicznym. Kolonie szczepu M-78 posiadały nieregularny kształt, rozlewając się po płytce w przeciwieństwie do szczepu M-66, którego kolonie były okrągłe i mniejsze. Barwę kolonii przyporządkowano do oznaczenia 5.0R 7/8 (szczep M-78) oraz 5.0R 7/6 (szczep M-66). Z próbek sera mozzarella jak i wody technologicznej wyizolowano szczepy *Rhodotorula glutinis*. Identyfikacja biochemiczna wykazała zbliżone zdolności asymilacji zwią-

ków chemicznych. Jednakże *Rhodotorula* M-66 wykazywała zdolność rozkładu galaktozy, DL-kwasu mlekowego oraz sorbitolu w przeciwieństwie do *Rhodotorula* M-78.

Proces ekstrakcji karotenoidów

Zastosowanie różnych metod ekstrakcji wykazało istotne statystycznie różnice przy $p < 0,05$ w oznaczanej absorbancji. Niezależnie od temperatury wyniki pomiaru absorbancji ekstraktu uzyskanego metodą I były wyższe niż przy zastosowaniu metody II. Największe istotne statystycznie różnice oznaczono w 25 °C w obu badanych szczepach (tabela 1).

Tabela 1. Porównanie pomiarów absorbancji w zależności od zastosowanej metody ekstrakcji oraz warunków inkubacji

Table 1. Comparison of absorbance measurements depending on the extraction method used and incubation conditions

Absorbancja / Absorbance $\lambda_{500\text{ nm}}$	Szczepy <i>Rhodotorula</i> / <i>Rhodotorula</i> strains	
	M-78	M-66
Metoda / Method	20 °C	
I	0,127 ^b ± 0,005	0,253 ^b ± 0,030
II	0,025 ^a ± 0,001	0,088 ^a ± 0,012
	25 °C	
I	1,385 ^b ± 0,013	2,712 ^b ± 0,008
II	0,065 ^a ± 0,003	0,021 ^a ± 0,001
	30 °C	
I	0,579 ^b ± 0,006	0,223 ^b ± 0,003
II	0,033 ^a ± 0,001	0,015 ^a ± 0,002

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartości są średnimi ± odchylenie standardowe z trzech powtórzonych oznaczeń; ^{a,b} – średnie z różnymi małymi literami w tej samej kolumnie różnią się istotnie przy $p < 0,05$; wszystkie dane zostały wyrażone jako średnia ± odchylenie standardowe (SD) / values are mean ± standard deviation of three repeated determinations; ^{a,b} – means with different lowercase letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$. All data was expressed as mean ± standard deviation (SD).

Ocena wpływu wybranych czynników na syntezę karotenoidów

Najwyższe ilości biomasy oznaczono w temperaturze 20 °C, a najniższe w 25 °C w obu badanych szczepach. Nie wykazano korelacji między wzrostem temperatury oraz biomasa a oznaczanym TF. Izolowane frakcje karotenoidowe różniły się istotnie statystycznie w zależności od zastosowanej temperatury (tabela 2). Dominującą frakcją u szczepu M-78 była astaksantyna, która stanowiła 21,93 % oznaczanych karotenoidów. Wraz ze wzrostem stężenia karotenoidów oznaczano wyższy parametr VC.

Tabela 2. Wpływ temperatury hodowli na wytwarzaną biomasę i karotenoidy

Table 2. Effect of culture temperature on biomass and carotenoids produced

Wzrost i produkcja karotenoidów / Growth and production of carotenoids	Szczepy <i>Rhodotorula</i> / <i>Rhodotorula</i> strains					
	M-66			M-78		
	20 °C	25 °C	30 °C	20 °C	25 °C	30 °C
CBC [g/dm ³]	4,61	1,13	1,45	4,32	0,46	1,96
Barwa peletu (Munsell) / Pellet color	10.0R 6/10	10.0R 7/8	7.5YR 8/6	10.0R 7/6	10.0R 7/6	7.5YR 7/4
VC [mg/dm ³]	0,66	0,16	0,11	0,06	0,25	0,08
TF [μg/g s.m.]	143,20	139,40	77,60	14,50	353,30	42,10
Fracje karotenoidowe [%] / Carotenoid fractions [%]						
Torulen	18,45	17,64	17,6	11,29	19,27	13,90
Astaksantyna / Astaxanthin	18,35	19,00	20,3	11,40	21,93	20,20
Ksantofile ogółem / Total xanthophylls	18,05	19,37	18,1	10,84	19,37	20,00
γ-karoten / carotene	17,34	18,60	18,6	6,70	18,60	22,60
β-karoten / carotene	13,88	19,09	16,5	5,34	19,09	22,60

Objaśnienia: / Explanatory notes:

CBC – zawartość suchej masy komórek drożdży [g/dm³]; VC – całkowita zawartość karotenoidów w cieczy hodowlanej [μg/dm³]; TF – całkowita zawartość karotenoidów [μg/g s.m.] / CBC – yeast cell dry weight content [g/dm³]; VC – total carotenoid content in the culture liquid [μg/dm³]; TF – total carotenoid content [μg/g DM].

Nie wykazano korelacji pomiędzy wzrostem pH a ilością biomasy i stężeniem ekstrahowanych karotenoidów. Najwyższe ilości karotenoidów oznaczono w odmiennych warunkach hodowlanych tj. przy pH 5,0 dla szczepu M-66 oraz pH 7,0 dla szczepu M-78. Odczyn pH podłoża hodowlanego miał istotnie statystycznie wpływ na uzyskane frakcje karotenoidów ($p < 0,05$). Ponadto w hodowli szczepu M-78 o pH 5,0 obserwowano dominację β-karotenu, który stanowił 22,18 % izolowanych karotenoidów (tabela 3). W przypadku szczepu M-78 wzrost pH wpływał na zmianę barwy peletu w kierunku żółci. Barwa peletu szczepu M-66 utrzymywała się w paletcie barw różowo-czerwonych.

Monitoring zmian pH w hodowli po czasie inkubacji wykazał istotne statystycznie różnice ($p < 0,05$) pomiędzy szczepami we wszystkich badanych wariantach (tabela 4). Ponadto wykazano znaczny spadek pH w hodowli o startowym pH 9,0 niezależnie od badanego szczepu. Natomiast przy pH 5,0 i pH 7,0 obserwowano wzrost pH hodowli po inkubacji dla szczepu M-78, odwrotnie niż dla szczepu M-66. Najmniejsze różnice pH (po 96 h inkubacji) oznaczono przy pH 3,0.

Tabela 3. Wpływ pH hodowli na wytwarzaną biomasę i karotenoidy

Table 3. Effect of culture pH on biomass and carotenoids produced

Wzrost i produkcja karo- tenoidów / Growth and carotenoid production	Szczepy <i>Rhodotorula</i> / <i>Rhodotorula</i> strains							
	M-66				M-78			
	3,0	5,0	7,0	9,0	3,0	5,0	7,0	9,0
CBC [g/dm ³]	1,14	1,89	4,32	4,25	2,18	1,59	1,42	1,81
Barwa peletu (Munsell) / Pellet color	5.0R 6/10	10.0R 7/8	10.0R 7/6	10.0R 6/8	10.0R 7/6	7.5YR 8/6	7.5YR 8/6	7.5YR 8/6
VC [mg/dm ³]	0,36	1,01	1,03	0,77	0,71	0,28	0,49	0,49
TF [μg/g s.m.]	315,80	531,70	237,80	180,00	326,80	174,50	343,30	269,30
Fracje karotenoidowe [%] / Carotenoid fractions [%]								
Torulen	18,01	17,91	18,16	16,43	18,39	15,26	13,84	17,92
Astaksantyna / Astaxanthin	19,00	18,29	18,59	17,14	19,40	17,46	16,08	19,88
Ksantofile ogółem / Total xan- thophylls	18,16	18,07	18,38	16,33	18,96	17,27	16,39	20,26
γ-karoten / carote- ne	17,05	16,94	17,93	14,23	18,21	17,60	16,31	20,04
β-karoten / carotene	14,32	14,53	16,30	11,04	16,48	22,18	13,80	20,56

Objaśnienia: / Explanatory notes:

CBC – zawartość suchej masy komórek drożdży [g/dm³]; VC – całkowita zawartość karotenoidów w cieczy hodowlanej [μg/dm³]; TF – całkowita zawartość karotenoidów [μg/g s.m.] / CBC – yeast cell dry weight content [g/dm³]; VC – total carotenoid content in the culture liquid [μg/dm³]; TF – total carotenoid content [μg/g DM].

Tabela 4. Zmiana pH podłoża hodowlanego po inkubacji

Table 4. Change in pH of the culture medium after incubation

Wyjściowe pH podłoża / Initial substrate pH (0 h)	3,0	5,0	7,0	9,0
Szczep / Strains	pH po 96 h / pH after 96 h			
M-78	3,03 ^a ± 0,02	6,90 ^b ± 0,01	7,72 ^b ± 0,00	7,81 ^b ± 0,02
M-66	3,14 ^b ± 0,03	4,64 ^a ± 0,02	5,55 ^a ± 0,01	6,98 ^a ± 0,01

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości są średnimi ± odchylenie standardowe z trzech powtórzonych oznaczeń; ^{a,b} – średnie z różnymi małymi literami w tej samej kolumnie różnią się istotnie przy $p < 0,05$; wszystkie dane zostały wyrażone jako średnia ± odchylenie standardowe (SD) / Values are mean ± standard deviation of three repeated determinations; ^{a,b} – means with different lowercase letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$. All data was expressed as mean ± standard deviation (SD).

Wzrost stosunku C/N korelował ze wzrostem stężenia biomasy w przypadku szczepu M-66. W hodowli szczepu M-78 nie wykazano ww. zależności, a najwyższą biomasę oznaczono przy C/N 10. Najwyższe stężenie TF dla szczepu M-66 oznaczono przy C/N 2,5. W przypadku *Rhodotorula* M-78 wzrost stosunku C/N korelował ze wzrostem TF. Niezależnie od wariantu hodowli wykazano najniższą procentową zawartość β -karotenu dla szczepu M-66. Zmiana warunków hodowli nie wpłynęła istotnie na barwę peletu uzyskanego w hodowli *Rhodotorula* M-78 (tabela 5).

Tabela 5. Wpływ stosunku C/N na wytwarzaną biomasę i karotenoidy

Table 5. Effect of C/N ratio on biomass and carotenoids produced

Wzrost i produkcja karotenoidów / Growth and production of carotenoids	Szczepy <i>Rhodotorula</i> / <i>Rhodotorula</i> strains					
	M-66			M-78		
	2,5	10	20	2,5	10	20
CBC [g/dm ³]	2,98	4,25	5,72	1,63	2,64	2,01
Barwa peletu (Munsell) / Pellet colour	5.0R 6/10	10R 7/8	5.0YR 5/10	10R 7/4	10R 7/6	10R 7/6
VC [mg/dm ³]	0,76	0,37	0,55	0,16	0,37	0,57
TF [μg/g s.m.]	254,20	86,50	95,70	96,60	139,20	283,60
Fracje karotenoidowe [%] / Carotenoid fractions [%]						
Torulen	16,77	16,92	18,13	21,01	19,81	19,27
Astaksantyna / Astaxanthin	15,99	15,90	16,92	21,72	20,17	20,50
Ksantofile ogółem / Total xanthophylls	14,57	13,04	15,39	20,29	19,76	20,13
γ -karoten / carotene	13,08	9,87	13,76	18,60	19,36	19,58
β -karoten / carotene	8,50	8,57	8,11	18,18	17,53	20,09

Objaśnienia: / Explanatory notes:

CBC – zawartość suchej masy komórek drożdży [g/dm³]; VC – całkowita zawartość karotenoidów w cieczy hodowlanej [μg/dm³]; TF – całkowita zawartość karotenoidów [μg/g s.m.] / CBC – yeast cell dry weight content [g/dm³]; VC – total carotenoid content in the culture liquid [μg/dm³]; TF – total carotenoid content [μg/g DM].

Analiza przyrostu biomasy w poszczególnych temperaturach wykazała istotne statystycznie różnice przy $p < 0,05$ w obu badanych szczepach. Dopiero po 48 h oznaczono istotne statystycznie różnice przyrostu biomasy szczepu M-66 w każdym wariantie temperaturowym hodowli (tabela 6). Niezależnie od stosunku C/N *Rhodotorula* M-66 po 96 h hodowli znajdowała się w fazie logarytmicznego wzrostu, a gęstość optyczna nie różniła się istotnie statystycznie pomiędzy stosunkiem C/N 10 i 20.

Szczep M-78 wykazywał istotne statystycznie różnice przyrostu biomasy w zależności od temperatury po 48 h (tabela 7). Wraz z upływem czasu hodowli przy pH

9,0 obserwowano spadek przyrostu biomasy dla szczepu M-78 (tabela 7). Natomiast dla szczepu M-66 w pH 9,0 oznaczono najwyższe OD (tabela 6). Niezależnie od stosunku C/N po 96 h hodowli szczep M-78 wykazywał istotne statystycznie różnice przyrostu biomasy (tabela 7).

Tabela 6. Wpływ czynników na przyrost biomasy u *Rhodotorula* M-66

Table 6. Influence of factors on biomass growth in *Rhodotorula* M-66

Absorbancja/ Absorbance $\lambda_{600 \text{ nm}}$	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
Temperatura/ Temperature [°C]					
20	0,011 ^{aA} ± 0,001	1,658 ^{aB} ± 0,004	9,683 ^{cC} ± 0,032	12,407 ^{cD} ± 0,032	14,750 ^{cE} ± 0,017
25	0,017 ^{aA} ± 0,006	1,540 ^{aB} ± 0,007	5,597 ^{aC} ± 0,007	7,377 ^{bD} ± 0,025	8,610 ^{bD} ± 0,069
30	0,013 ^{aA} ± 0,002	2,167 ^{bB} ± 0,012	6,680 ^{bD} ± 0,026	5,763 ^{aE} ± 0,188	2,422 ^{aC} ± 0,016
pH					
3,0	0,011 ^{aA} ± 0,001	0,068 ^{aA} ± 0,004	1,963 ^{aB} ± 0,009	3,820 ^{aC} ± 0,026	5,580 ^{aD} ± 0,072
5,0	0,010 ^{aA} ± 0,001	0,506 ^{cB} ± 0,004	2,887 ^{bC} ± 0,025	12,713 ^{cD} ± 0,031	14,993 ^{dE} ± 0,087
7,0	0,010 ^{aA} ± 0,002	0,895 ^{dB} ± 0,005	13,057 ^{dC} ± 0,068	15,240 ^{dE} ± 0,017	14,750 ^{cD} ± 0,070
9,0	0,016 ^{aA} ± 0,002	0,241 ^{bB} ± 0,002	5,637 ^{cC} ± 0,023	8,670 ^{bE} ± 0,070	7,790 ^{bD} ± 0,066
C/N					
2,5	0,036 ^{aA} ± 0,001	0,798 ^{aA} ± 0,002	9,958 ^{bB} ± 0,015	10,773 ^{bC} ± 1,201	12,877 ^{bD} ± 0,051
10	0,023 ^{aA} ± 0,001	0,520 ^{aA} ± 0,007	9,287 ^{bB} ± 0,032	10,917 ^{cC} ± 0,015	11,483 ^{aC} ± 0,065
20	0,038 ^{aA} ± 0,002	0,305 ^{aA} ± 0,001	6,943 ^{aB} ± 0,012	8,730 ^{aC} ± 0,052	11,400 ^{aD} ± 0,072

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości są średnią ± odchylenie standardowe z trzech powtórzonych oznaczeń; ^{a,b,c,d} – średnie z różnymi małymi literami w tej samej kolumnie różnią się istotnie przy $p < 0,05$; ^{A,B,C,E} – średnie z różnymi wielkimi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie przy $p < 0,05$ / Values are mean ± standard deviation of three repeated determinations; ^{a,b,c,d} – means with different lowercase letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$. ^{A,B,C,E} – means with different uppercase letters in the same row are significantly different at $p < 0.05$.

Dyskusja

Rhodotorula jest jednym z najczęściej izolowanych rodzajów drożdży ze środowiska mleczarni. Istotny wpływ na taki stan mają sprzyjające warunki związane z bogatym źródłem składników odżywczych w surowcach mleczarskich. Geronikou i wsp. [9] izolowali *Rhodotorula* sp. z resztek twarogu, natomiast Yadav i wsp. [30] – z jogurtu, mleka w puszcze oraz powietrza, co wskazuje na rozprzestrzenianie się tego rodzaju w środowisku okołoprodukcyjnym. Powyższe obserwacje potwierdzają

Tabela 7. Wpływ czynników na przyrost biomasy u *Rhodotorula* M-78Table 7. Influence of factors on biomass growth in *Rhodotorula* M-78

Absorbancja/ Absorbance $\lambda_{600\text{ nm}}$	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
Temperatura/ Temperature [°C]					
20	0,010 ^{aA} ± 0,002	1,790 ^{bB} ± 0,010	9,677 ^{cC} ± 0,040	12,010 ^{dD} ± 0,026	13,253 ^{bE} ± 0,012
25	0,025 ^{aA} ± 0,002	1,192 ^{aB} ± 0,013	5,523 ^{aD} ± 0,032	8,627 ^{bE} ± 0,084	5,027 ^{aC} ± 0,031
30	0,060 ^{aA} ± 0,005	2,500 ^{cB} ± 0,010	5,900 ^{bD} ± 0,010	7,903 ^{aE} ± 0,071	5,057 ^{aC} ± 0,025
pH					
3,0	0,013 ^{aA} ± 0,002	1,647 ^{bB} ± 0,005	7,530 ^{cC} ± 0,036	9,867 ^{dD} ± 0,080	11,073 ^{dE} ± 0,038
5,0	0,025 ^{aA} ± 0,001	1,627 ^{bB} ± 0,003	7,923 ^{dD} ± 0,081	9,183 ^{cE} ± 0,067	7,167 ^{cC} ± 0,142
7,0	0,027 ^{aA} ± 0,002	2,207 ^{cB} ± 0,038	2,648 ^{aC} ± 0,019	4,240 ^{bE} ± 0,072	3,510 ^{bD} ± 0,312
9,0	0,017 ^{aA} ± 0,002	0,908 ^{aC} ± 0,002	3,390 ^{bD} ± 0,036	3,533 ^{aD} ± 0,061	0,511 ^{aB} ± 0,003
C/N					
2,5	0,032 ^{aA} ± 0,002	0,781 ^{bB} ± 0,005	5,987 ^{dD} ± 0,031	6,490 ^{bE} ± 0,017	5,037 ^{bC} ± 0,006
10	0,022 ^{aA} ± 0,003	0,514 ^{aB} ± 0,060	5,447 ^{bC} ± 0,025	6,567 ^{bE} ± 0,049	6,110 ^{cD} ± 0,053
20	0,027 ^{aA} ± 0,001	0,444 ^{aB} ± 0,003	3,560 ^{aC} ± 0,052	5,230 ^{aE} ± 0,036	4,403 ^{aD} ± 0,042

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości są średnią ± odchylenie standardowe z trzech powtórzonych oznaczeń; a, b, c, d – średnie z różnymi małymi literami w tej samej kolumnie różnią się istotnie przy $p < 0,05$; A, B, C, E – średnie z różnymi wielkimi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie przy $p < 0,05$ / Values are mean ± standard deviation of three repeated determinations; a, b, c, d – means with different lowercase letters in the same column are significantly different at $p < 0,05$; A, B, C, E – means with different uppercase letters in the same row are significantly different at $p < 0,05$.

również wyniki uzyskane w niniejszych badaniach. Izolowane szczepy różniły się istotnie fenotypowo, co może wskazywać na duże zróżnicowanie wewnątrzgatunkowe *R. glutinis*. Nie można wykluczyć obecności szczepów wewnątrzzakładowych, które charakteryzowały się połyskującymi koloniami i w zależności od szczepu różniły się strukturą – od śluzowatej do lekko zwartej. Podobnie jak w badaniach Šovljanski i wsp. [28], kolonie *Rhodotorula* M-66 również były zwarte i błyszczące.

Profil enzymatyczny jest uzależniony od szczepu drożdży oraz źródła jego pochodzenia. Šovljanski i wsp. [28] wykazali zdolność *R. glutinis* do asymilacji sacharozy, maltozy oraz rafinozy, a brak rozkładu inozytlu podobnie jak u badanych szczepów. Inozytol korzystnie wpływa na wydajność fermentacji, przyrost biomasy oraz adaptację do warunków hodowli. Takiej cechy nie potwierdzono dla szczepów wykorzystanych w niniejszym badaniu, podobnie jak dla izolatów analizowanych przez Allahkarami i wsp. [1]. Jednakże dla badanych szczepów głównym źródłem węgla

były: D-glukoza, D-sacharoza i D-rafinoza podobnie jak szczepy izolowane przez Šovljanski i wsp. [28].

Niektóre mikroorganizmy, w tym drożdże, wykazują zdolność do wytwarzania polimerów zewnątrzkomórkowych określanych jako EPS (egzopolisacharydy). Biorą one udział w tworzeniu biofilmów jednocześnie pełniąc funkcje ochronne przed czynnikami stresogennymi środowiska [10]. Egzopolimery drożdży tworzą roztwory koloidalne, które mogły przyczynić się do braku sedymentacji cząsteczek roztworu NaCl, wpływając na wzrost gęstości optycznej zawiesiny. Ma to istotne znaczenie dla metody wykorzystywanej w ekstrakcji karotenoidów. W końcowym etapie procesu ekstrakcji wykorzystywano 20-procentowy roztwór NaCl, który według źródeł literaturowych ułatwienia sedymentację pozostałości biomasy (Metoda I) [17]. W przypadku izolowanych szczepów nie obserwowano tego zjawiska. Po wprowadzeniu modyfikacji własnej, eliminującej m.in. zastosowanie roztworu NaCl (Metoda II), obserwowano istotne statystycznie różnice (przy $p < 0,05$) w absorbancji ekstraktów niezależnie od szczepu i warunków inkubacji (tabela 1), co wskazuje na możliwą obecność egzopolisacharydów. Zastosowana modyfikacja umożliwiła wyeliminowanie fałszywie dodatnich wyników.

Ocena wpływu wybranych czynników na syntezę karotenoidów

Wpływ temperatury na syntezę karotenoidów zależy od mikroorganizmu i zastosowanego substratu [8]. Wzrost temperatury inkubacji obniżał wydajność biosyntezy stężenia karotenoidów wewnątrzkomórkowych (TF) przez *Rhodotorula* M-66, co mogło być spowodowane stworzeniem stresogennych warunków (tabela 2). W przypadku *Rhodotorula* M-78 temperaturę 25 °C wyznaczono jako optymalną do syntezy TF. Jednakże Zhao i wsp. [32] najwyższe stężenie TF oznaczali w temperaturze 28 °C, natomiast najniższe w 20 °C. Malisorn i Suntornsuk [18] po zoptymalizowaniu wpływu temperatury na produkcję karotenoidów u *R. glutinis* najwyższe TF uzyskali w temperaturach 29 °C i 30 °C.

Podobnie jak w badaniach, które prowadzili Amr i wsp. [2], nie wykazano korelacji pomiędzy wzrostem biomasy szczepów wykorzystywanych w badaniach a syntezą karotenoidów. Najwyższy przyrost biomasy obserwowano w 20 °C i wynosił 4,61 oraz 4,32 g/dm³ odpowiednio dla szczepu M-66 i M-78. Tkáčová i wsp. [29] uzyskali dwukrotnie wyższe wartości w temperaturze 25 °C. Temperatura wpływa na ekspresję syntetazy β -karotenu i torulenu, co wiąże się z regulacją aktywności szlaków produkcji karotenoidów. Wiele badań wskazuje na wzrost zawartości torulenu oraz β -karotenu w niskich temperaturach (5 ÷ 20 °C). W przypadku szczepu M-66 potwierdzono wspomnianą zależność, w przeciwieństwie do szczepu M-78. Wskazuje to na duże zróżnicowanie metaboliczne pomiędzy szczepami rodzaju *Rhodotorula*. Podobnie jak wskazywali Amr i wsp. [2], także w niniejszych badaniach wykazano wpływ tempera-

tury hodowli na zmianę koloru peletu. Ustalono, że w 30 °C pelet miał kolor z palety żółci, który jest charakterystyczny dla frakcji karotenów, co odzwierciedla najwyższy procentowy udział frakcji γ - i β - karotenu (tabela 2). Odcień peletu szczepu M-78, niezależnie od pH, przyporządkowano do barwy różowo-pomarańczowej. Wyższa procentowa zawartość torulenu może wyjaśniać uzyskaną barwę (tabela 3).

Po osiągnięciu fazy stacjonarnej dochodzi do ekspresji enzymów uczestniczących we wtórnym metabolizmie, w tym odpowiedzialnych za syntezę karotenoidów. Korzystne warunki środowiska nie zaburzają ich aktywności, umożliwiając wydajną produkcję związków karotenoidowych. Środowisko o pH 7,0 dla większości drobnoustrojów stanowi optymalny czynnik do rozwoju. Badania wskazują, że wartość pH 7,0 jest optymalna zarówno do wzrostu jak i produkcji karotenoidów. Jednakże dla *Rhodotorula* M-66 największą biomasę uzyskano w hodowli przy pH 7,0, natomiast w pH 5,0 uzyskano najwyższe ilości karotenoidów – 531,70 $\mu\text{g/g}$ s.m. (tabela 3), co stanowi trzykrotnie wyższe wartości niż oznaczone przez Allahkarami i wsp. [1]. Alkalinizacja środowiska może wpływać na szlaki metaboliczne drożdży oraz ekspresje genów kodujących enzymy rozkładające m.in. glukozę. Wówczas może dochodzić do nadmiernej syntezy polisacharydów, zmniejszającej produkcję karotenoidów [27], co obserwowano w przypadku szczepu M-78. Najniższe ilości karotenoidów dla szczepu M-66 uzyskano w hodowli prowadzonej przy pH 9,0. Jednakże w tych samych warunkach hodowli dla szczepu M-78 oznaczono dwukrotnie wyższe ilości karotenoidów niż w przypadku szczepu M-66, co świadczy o adaptacji szczepu M-78 do warunków alkalicznych i braku wpływu na biosyntezę metabolitów wtórnych. Niskie pH nie inhibowało wzrostu biomasy oraz produkcji karotenoidów. W pH 3,0 suchą masę oznaczono na poziomie 1,14 oraz 2,18 g/dm^3 odpowiednio dla szczepów M-66 i M-78 (tabela 3). Co więcej, niektóre badania wskazują, że szczepy *Rhodotorula* mają zdolność produkcji biomasy o stężeniu 5,89 g/dm^3 w środowisku kwasowym [5].

W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano zdolność badanych szczepów do samoregulacji pH. Ustalono szczepozależne obniżenie wyjściowego pH pożywki z 9,0 do 6,98 (szczep M-66) i 7,81 (szczep M-78). Miało to wpływ na neutralizację stresogennych warunków, tym samym zapobiegając m.in. destabilizacji ściany komórkowej oraz szlaków metabolicznych. Naturalna zdolność drożdży do regulacji pH środowiska następuje poprzez aktywne uwalnianie protonów (H^+) za pośrednictwem ATPazy błony komórkowej. Alkalinizacja środowiska zaburza pracę ATPazy, jednakże w niektórych szczepach wykazano stabilizację tych kompleksów, a nawet wzrost ich aktywności [6]. W przypadku szczepu M-78 przy pH 5,0 oraz 7,0 obserwuje się jego wzrost po inkubacji w przeciwieństwie do szczepu M-66 (tabela 4). Utrzymanie homeostazy pH cytozolu umożliwia również obecność transporterów kationów alkalicznych takich jak Na^+ oraz K^+ . Taki mechanizm reakcji można rozważać w przypadku szczepu M-66, który prowadził do utrzymania odpowiedniej dynamiki przestrzennej

komórki oraz aktywności szlaków metabolicznych [20]. Obecność kationów w podłożu hodowlanym może determinować warunki stymulujące biosyntezę karotenoidów. Kot i wsp. [14] obserwowali wzrost całkowitej zawartości karotenoidów wraz ze wzrostem koncentracji jonów glinu. W hodowli *Rhodotorula* M-66 o wyjściowym pH 7,0 odnotowano jego spadek (tabela 4). Jednakże w opisanych powyżej warunkach uzyskano najwyższe ilości biomasy (tabela 3), co wiąże się ze wzrostem stężenia CO₂ uwalnianego w trakcie procesu fermentacji. W pH 7,0 CO₂ reaguje z wodą tworząc HCO₃⁻, co może powodować obniżenie pH [21].

Stosunek C/N stanowi kolejny czynnik regulacji biosyntezy karotenoidów przez drożdże. Podobnie jak u Amr i wsp. [2] zaobserwowano wzrost suchej masy wraz ze wzrostem stosunku C/N w szczepie M-66. W przypadku szczepu M-78 nie zaobserwowano takiej zależności, a najwyższe ilości biomasy oznaczono przy C/N 10 (tabela 5). Wzrost stosunku C/N, a tym samym zawartości glukozy stanowiącej główne źródło węgla w hodowli, może wskazywać na występowanie efektu Crabtree w przypadku szczepu M-66. U przedstawicieli rodzaju *Rhodotorula* zazwyczaj nie obserwuje się wspomnianego zjawiska, jednakże występują szczepy, które wytwarzają alkohol etylowy wpływający na obniżenie wydajności syntezy karotenoidów [1].

Kontrola gęstości optycznej (OD) wykazała istotny wpływ warunków hodowli na tempo namnażania się drożdży w obu badanych szczepach *Rhodotorula*. Najintensywniejsze tempo przyrostu biomasy obserwowano w temperaturze 30 °C, co zaobserwowali również Zhao i wsp. [32]. Różnice w przebiegu przyrostu biomasy między badanymi szczepami w różnych temperaturach mogą być związane ze zmianą czasu jednej generacji komórek drożdży oraz długości trwania fazy logarytmicznego wzrostu. Ponadto temperatura istotnie wpływa na zmianę tempa zachodzących procesów metabolicznych, co umożliwia regulację przebiegu krzywej logarytmicznego wzrostu [20, 22]. Regulacja pH hodowli w obu badanych szczepach umożliwiła wyodrębnienie warunków sprzyjających wzrostowi biomasy komórek drożdży. W przypadku szczepu M-66 było to środowisko obojętne (pH 7,0). Zakwaszenie środowiska stanowiło czynnik stymulujący wzrost szczepu M-78, co wykazały istotne statystycznie różnice w przyroście biomasy niezależnie od czasu i pH hodowli (tabela 7) w przeciwieństwie do alkaliczacji środowiska. Wraz z upływem czasu hodowli szczepu M-78 przy pH 9,0 obserwowano spadek przyrostu biomasy, co może być związane z reakcją na stresogenne warunki hodowli i istotnym wpływem na cykl komórkowy drożdży. Na przebieg krzywej logarytmicznego wzrostu mają wpływ również kationy, co wykazali Kieliszek i wsp. [13] prowadząc hodowlę *R. mucilaginosa* z suplementacją kationów selenu. Szczep M-78 wykazywał wolniejszy przyrost biomasy i osiągał fazę zamierania po 96 h inkubacji niezależnie od stosunku C/N w przeciwieństwie do szczepu M-66 (tabela 6 i 7). Wysoka zawartość węgla w pożywce mogła stanowić czynnik ograniczający przyrost biomasy, skracając fazę logarytmicznego wzrostu. Osiągnięcie fazy zamiera-

nia przez mikroorganizmy związane jest z fragmentacją ściany komórkowej, a tym samym uwolnieniem wewnątrzkomórkowych metabolitów, w tym karotenoidów. W przypadku szczepu M-78, najniższe OD oznaczono przy stosunku C/N 20, co korelowało z najwyższym stężeniem zewnątrzkomórkowych karotenoidów (VC), które mogły zostać uwolnione podczas fragmentacji ściany komórkowej drożdży.

Wnioski

1. W badaniach wykazano wpływ temperatur (20 °C, 25 °C i 30 °C) na ilości pozyskanej biomasy szczepów. Nie wykazano natomiast korelacji pomiędzy wzrostem biomasy a stężeniem pozyskiwanych karotenoidów. Wraz ze wzrostem temperatury inkubacji obserwowano zmianę koloru peletu w kierunku żółci.
2. Zmiana warunków pH determinowała istotne różnice w oznaczanych frakcjach karotenoidowych niezależnie od szczepu. Jednakże badane szczepy nie wykazywały inhibicji biosyntezy karotenoidów w skrajnych wartościach pH tj. pH 3,0 oraz pH 9,0, co wskazuje na ich zdolność adaptacji do warunków środowiska. Ponadto zasadowe środowisko hodowli stymulowało namnażanie biomasy szczepu M-66, uzyskując 4,25 g/dm³.
3. Zmiana stosunku węgla do azotu w szczepie M-78 wpłynęła na procentowy udział poziomu β -karotenu oraz biomasy w obu badanych szczepach. Jednakże maksymalną biomasę uzyskano przy odmiennym stosunku C/N niż najwyższe stężenie karotenoidów. W zależności od warunków hodowli oznaczano zmienny przyrost biomasy badanych szczepów, co warunkowało wpływ na przebieg krzywej logarytmicznego wzrostu drożdży.
4. Badanie wpływu czynników fizykochemicznych umożliwiło wyodrębnienie optymalnych warunków do syntezy karotenoidów. Najwyższy poziom karotenoidów uzyskano w temperaturze 20 °C, pH 5,0 i C/N 1,0 dla *Rhodotorula* M-66 (531,70 μ g/g s.m.), natomiast dla *Rhodotorula* M-78 w warunkach 25°C, pH 6,0 oraz C/N 1,0 (353,30 μ g/g s.m.). Ponadto dla szczepu M-78 oznaczono dominację astaksantyny wśród badanych frakcji karotenoidów. Badane szczepy *Rhodotorula* stanowią wydajne źródło karotenoidów, które w przyszłości mogą być wykorzystywane jako naturalne i bioaktywne dodatki w różnych gałęziach przemysłu.

Literatura

- [1] Allahkarami S., Sepahi A.A., Hosseini H., Razavi M.R.: Isolation and identification of carotenoid-producing *Rhodotorula* sp. from Pinaceae forest ecosystems and optimization of in vitro carotenoid production. *Biotech. Rep.*, 2021, 32, #00687.
- [2] Amr A, E. B., Abd, A. M., Ahmed R, E. M.: Some factors affecting the production of carotenoids by *Rhodotorula glutinis* var. *glutinis*. *Food Nutr. Sci.*, 2012, 3, 1, 64-71.

- [3] Calculator Academy Team 2023, <https://calculator.academy/extinction-coefficient-calculator/>
- [4] Chen D., Han Y., Gu Z.: Application of statistical methodology to the optimization of fermentative medium for carotenoids production by *Rhodobacter sphaeroides*. Proc. Biochem., 2006, 41(8), 1773-1778.
- [5] Cheng Y.-T., Yang C.-F.: Using strain *Rhodotorula mucilaginosa* to produce carotenoids using food wastes. J. Taiwan Inst. Chem. Engin., 2016, 61, 270-275.
- [6] Diakov T.T., Kane P.M.: Regulation of vacuolar proton-translocating ATPase activity and assembly by extracellular pH. J. Biol. Chem., 2010, 285(31), 23771-23778.
- [7] Du C., Li Y., Guo Y., Han M., Zhang W., Qian H.: The suppression of torulene and torularhodin treatment on the growth of PC-3 xenograft prostate tumors. Biochem. Biophys. Res. Commun., 2016, 469, 1146-1152.
- [8] Frengova G.I., Beshkova D.M.: Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: yeasts of biotechnological importance. J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 2009, 36(2), #163.
- [9] Geronikou A., Larsen N., Lillevang S.K., Jespersen L.: Occurrence and identification of yeasts in production of white-brined cheese. Microorganisms, 2022, 10(6), #1079.
- [10] Gientka I., Błażej S., Stasiak-Róžańska L., Chlebowska-Śmigiel A.: Exopolysaccharides from yeast: insight into optimal conditions for biosynthesis, chemical composition and functional properties? review. Acta Sci. Polon. Technol. Aliment., 2015, 14(4), 283-292.
- [11] Kallmorgen Corporation, "Munsell Colour Charts for Plant Tissues," Munsell Color Division, Maryland, 1972.
- [12] Kanzy H.M., Nasr N.F., El-Shazly H.A., Barakat O.S.: Optimization of carotenoids production by yeast strains of *Rhodotorula* using salted cheese whey. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 2015, 4(1), 456-469.
- [13] Kieliszek M., Kot A.M., Kolotylo V.: Bioaccumulation of selenium and production of carotenoids by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*. Biocatal. Agric. Biotechnol., 2023, 53, #102903.
- [14] Kot A.M., Błażej S., Brzezińska R., Sęk W., Kieliszek M.: Effect of selected cations and b vitamins on the biosynthesis of carotenoids by *Rhodotorula mucilaginosa* yeast in the media with agro-industrial wastes. Appl. Sci., 2021, 11(24), #11886.
- [15] Kot A.M., Sęk W., Kieliszek M., Błażej S., Pobiega K., Brzezińska R.: Diversity of red yeasts in various regions and environments of Poland and biotechnological potential of the isolated strains. Appl. Biochem. Biotech., 2023, 1-43.
- [16] Li C., Swofford C.A., Sinskey A.J.: Modular engineering for microbial production of carotenoids. Metab. Eng. Commun., 2020, 10, #00118.
- [17] Libkind D., Brizzio S., Van Broock M.: *Rhodotorula mucilaginosa*, a carotenoid producing yeast strain from a Patagonian high-altitude lake. Folia Microbiol., 2004, 49, 19-25.
- [18] Malisorn C., Suntornsuk W.: Optimization of β -carotene production by *Rhodotorula glutinis* DM28 in fermented radish brine. Biores. Technol., 2008, 99(7), 2281-2287.
- [19] Meruvu H., Dos Santos J.C. Colors of life: A review on fungal pigments. Crit. Rev. Biotechnol., 41(8), 2021, 1153-1177.
- [20] Molon M., Zdrag-Tecza R.: Effect of temperature on replicative aging of the budding yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Biogerontol., 2016, 17, 347-357.
- [21] Orij R., Brul S., Smits G.J.: Intracellular pH is a tightly controlled signal in yeast. Biochim. Biophys. Acta (BBA)-General Subjects, 2011, 1810(10), 933-944.
- [22] Peña A., Sánchez N.S., Álvarez H., Calahorra M., Ramírez J.: Effects of high medium pH on growth, metabolism and transport in *Saccharomyces cerevisiae*. FEMS Yeast Res., 2015, 15(2), #fou005.

- [23] Perrier V, Dubreucq E, Galzy P.: Fatty acid and carotenoid composition of *Rhodotorula* strains. Arch. Microbiol., 1995, 164: 173-179.
- [24] PN-EN ISO 6611:2007 Mleko i przetwory mleczne. Oznaczanie liczby jednostek tworzących kolonie drożdży i/lub pleśni. Metoda płytkowa w temperaturze 25°C.
- [25] Rodríguez N.A.T., Quiñones-Cerna C.E., Castillo H.M.R., Cruz-Monzon J.A., Butrón F.J.H., Soto J.C. R.: Optimization of Total Carotenoid Production by *Rhodotorula mucilaginosa* from Artichoke Agroindustrial Waste Using Response Surface Methodology. Envir. Res. Eng. Manage., 2023, 79(2), 111-121.
- [26] Saha N., Samanta A.K., Chaudhuri S., Dutta D.: Characterization and antioxidant potential of a carotenoid from a newly isolated yeast. Food Sci. Biotechnol., 2015, 24, 117-124.
- [27] Serra-Cardona A., Canadell D., Ariño J.: Coordinate responses to alkaline pH stress in budding yeast. Microbial Cell, 2015, 2(6), #182.
- [28] Šovljanski O., Saveljić A., Tomić A., Šeregelj V., Lončar B., Cvetković D., Čanadanović-Brunet J.: Carotenoid-producing yeasts: Selection of the best-performing strain and the total carotenoid extraction procedure. Processes, 2022, 10(9), #1699.
- [29] Tkáčová J., Furdíková K., Klempová T., Ďurčanská K., Čertík M.: Screening of carotenoid-producing strains isolated from natural sources. Acta Chimica Slovaca, 2015, 8(1), 34-38.
- [30] Yadav S., Manjunatha K.H., Ramachandra B., Suchitra N., Prabha R.: Characterization of pigment producing *Rhodotorula* from dairy environmental samples. Asian J. Dair. Foods Res., 2014, 33(1), 1-4.
- [31] Zhao D., Li C.: Multi-omics profiling reveals potential mechanisms of culture temperature modulating biosynthesis of carotenoids, lipids, and exopolysaccharides in oleaginous red yeast *Rhodotorula glutinis*. ZHK. LWT-Food Sci. Technol., 2022, 171, #114103.
- [32] Zhao Y., Guo L., Xia Y., Zhuang X., Chu W.: Isolation, identification of carotenoid-producing *Rhodotorula* sp. from marine environment and optimization for carotenoid production. Marine drugs, 2019, 17(3), #161.

OPTIMIZATION OF BIOSYNTHESIS CONDITIONS OF SELECTED CAROTENOIDS BY *RHODOTORULA* YEASTS

S u m m a r y

Introduction: Carotenoids are a diverse group of pigmented isoprenoid compounds. They are now commercially extracted mainly from plants or by a chemical synthesis, from which 80-90 % of compounds are obtained. However, synthetic carotenoids, if provided in huge amounts, can be harmful to human health, whereas waste generated in their production process poses an environmental risk. An alternative to the equivalent of a chemical synthesis is to use microbial production to obtain carotenoids with a high biological activity, which could be a natural and functional additive in various industries. Therefore, the aim of the study was to optimize the culture conditions and biosynthesis of selected carotenoid fractions by *Rhodotorula* strains. Yeast culture was developed in 100 cm³ flasks in which 50 cm³ of YPG medium was prepared with constant shaking and access to light. The regulation of carotenoid biosynthesis took into account the influence of the following factors: temperature, pH and a carbon/nitrogen ratio. A spectrophotometric method was used to determine the fraction of carotenoids in terms of quantity and quality.

Results and conclusions: The effects of temperature, C/N ratio and pH on the amount of biomass obtained were demonstrated. Changing pH conditions determined significant differences in the determined

carotenoid fractions regardless of a strain. Moreover, the application of extreme pH values did not inhibit the growth or synthesis of carotenoids, pointing to the adaptation of *Rhodotorula* sp. to stressful environmental conditions. A variable increase in biomass of the strains tested was found depending on the culture conditions, which affected the logarithmic growth curve of the yeast. An analysis of the influence of physicochemical factors allowed for the identification of culture conditions favorable for carotenoid production.

Key words: natural pigments, carotenoids, yeast, *Rhodotorula* sp. 

VIKAS MAHOR, PRACHI SINGH

ADVANCES IN DEEP LEARNING TECHNOLOGIES FOR DETECTION AND CLASSIFICATION PROCESSES IN THE FOOD INDUSTRY

Summary

Background. Deep learning (DL) stands as a highly effective big data analytics method, boasting a remarkable track record across diverse domains such as image processing, voice recognition, object detection, illness diagnosis, prediction and clinical decision support systems. Its applicability extends even further into emerging areas like food science and engineering, where it has witnessed a surge in its application. Over the past decade, DL has demonstrated its utility in various facets of the food industry, including food quality assessment, the detection, differentiation, identification of diseases, phenotyping of plant stressors, monitoring and smart farming practices. The integration of DL technologies has been pivotal in revolutionizing the food business and its associated supply chains, facilitating advancements in food quality evaluation, food recognition and spectroscopic analysis. Notably, hyperspectral imaging and acoustic data have emerged as key modalities leveraged by DL techniques in these applications.

Results and conclusions. This study aims to delve into the recent strides made in Deep Learning frameworks within the food industry, exploring their diverse applications and functionalities. Of particular interest is the exploration of DL's role in food sensory analysis and consumer research, where it presents a promising avenue for sophisticated data mining techniques. Through a comprehensive examination of comparative performances, architectural nuances and potential future applications, this paper aims to shed light on the evolving landscape of DL in the realm of food science and engineering.

Keywords. deep learning, food quality, food classification

Introduction

A 'healthy diet' involves the all-essential nutrients that are helpful in maintaining the healthy lifestyle of individuals. WHO considers healthy food contains all nutrients such as fats, lipids, proteins, carbohydrates, macronutrients, micronutrients, essential oils, etc.; we know that everyone has busy schedule in their lives; there are about 3 trillion tons processed food sale all over the world and therefore most of people depend

on industrial foods, drinks and other eatable things, hence it is important to provide healthy and clean food to people.

By keeping all these things in mind, WHO provides norms and rules for the food industries and companies such as the maintenance of healthy weightage of calories, suitable intake of fats, proteins and other nutrients, avoiding trans fats, maintaining sugar limit less than 10 % of calories, iodized salts, avoiding directly poisonous food, etc.; the food industries and companies are ready to agree to accept the norms and rules established by WHO. The food industries are a complex network of formation of processed foods, drinks and other eatable items. The food industries are not lonely works, they involve the collaboration of transportation, workers, digital media and the most important elements which are farmers, who provide raw materials for processed food. Farmers play an important role in this field and therefore apply the techniques which are followed by AI, DL and ML [29, 32, 40]. They use highly advanced technologies in their fields [12]. They use methods with AI algorithm for pest management [22]. The major useable crops such as wheat (18.3 %), rice (18.9 %), maize (5.4 %), potato (2.2 %) and soyabean (3.3 %) are taken by individuals on a very large scale throughout the world. The researcher assesses the data collected from the fields related to the burden of P&P at the global level that is based on less duration of time, i.e. almost three months. The assessment is done by the simple survey questionnaire method [20]. The research works discussed above, is divided into two parts; the first discusses crop loss caused by pathogens and pests based on crop positioning; while in the second part focuses on studying crops using national agricultural data within crops or intercrops to understand the relationship between crop productivity and losses with respect to climate and food security. The global consumption of fruit will increase by 100 % to 150 % for 10 billion people globally by 2050 [30]. Because food is the cornerstone of human health, societal growth and stability, food quality and safety is a key issue for the entire society. Food quality and safety is a complex process that involves all stages of food processing, from agriculture, harvesting and storage through preparation and consumption [2, 10, 13]. Also, the loss of fruit and vegetables postharvest are in the range of 35 % to 55 % globally due to harvesting at wrong time, false identification of contamination, diseases and fruit bruises.

Nowadays, people are more concerned about their health and fitness, especially after the Covid pandemic [4]. People pay special attention to what they consume on a daily basis. The attention to food quality by people forces the food industry to obey strict food quality standards. Various ML- and DL-based technologies are used to maintain food quality [35]. These processes, on the other hand, are typically time-consuming. Advances in machine vision may now significantly assist researchers and businesses in increasing the efficiency of food preparation. As a result, machine vision is now widely used in the food business [19, 42]. Horticulture does also not remain

effected by DL ML technologies for diseases detection, growth and monitoring of crops, vegetables, quality control and many more [7, 11]. This is not only helpful in uplifting the food related business, but also reduces the losses occurring from post harvesting issues and challenges. Various application of DL in the domain of food industry is shown in Figure 1.

Quality Detection

Fruits, vegetables, meat, crops
mechanical or transport damage,
post-harvest damage.

Variety recognition

Segregation between different
varieties, sizes, maturity Level of
crops, fruits, vegetables, and
equative foods.

Yield Estimation

Forecasting the yields, smart
agriculture planning.



Phenotype Detection

Bruises, diseases, contamination,
biotic and abiotic stress detection

Growth and monitoring

Transportations, storage, sales,
food supply chain management

Calorie Estimation

For managing diabetes, food
allergies, healthy lifestyle, cooking
directions

Figure 1. DL applications in the domain of food quality [Own work]

Rycina 1. Zastosowania DL w obszarze jakości żywności [Opracowanie własne]

This review work summarizes some of the most effective ML and DL algorithms utilized in food processing and quality purpose. The paper is structured as follows: Section 1 introduces the technology of food processing and requirement of DL & ML algorithms in these industries. Further, in this section the DL models used specifically for Fruit processing and Quality control is discussed. Later in the section, various technologies, such as 3D imaging, acoustics and 2D RGB imaging for ML & DL models, are explained. Finally, the article ends with concluding the review of all the discussed DL & ML models.

State-of-the-Art Review

This section reviews some emerging and highly efficient algorithms which are utilized in the food processing industry. Machine learning algorithms have the potential to revolutionize the food industry by improving food quality, reducing waste and enhancing customer experience. This abstract provides an overview of the current applications of machine learning in the food industry, including food processing, food safety and food marketing. Machine learning algorithms can be used to predict the quality of raw materials, optimize processing conditions and identify potential defects in food products. Additionally, machine learning algorithms can be used to monitor food safety and detect potential contaminants in real time. By leveraging this technology, food

manufacturers can reduce waste and increase efficiency, resulting in cost savings. Machine learning algorithms can also be used to analyze consumer data and preferences, allowing companies to develop personalized marketing campaigns and create new products tailored to specific customer needs. This approach can enhance the customer experience and increase customer loyalty.

Emerging Deep Learning Algorithms in Fruit Processing Industries

Food processing is the transformation of raw materials such as natural animals and plants into food, or the transformation of one type of food into another that is more suited to contemporary dietary requirements [25, 38]. The quality of fruit is a crucial factor that impacts its commercial value and consumer acceptance. With the advancement in technology, machine learning algorithms have emerged as a promising approach to improve the quality of fruit. In this work, we will discuss various methods of increasing the quality of fruit using Deep Learning (DL) algorithms.

One method is to use image processing techniques to analyze the external features of fruit, such as color, size and shape. Machine learning algorithms can then be used to develop models that correlate these features with the internal quality attributes of fruit, such as sweetness, acidity and firmness. This information can be used to sort fruit according to its quality and optimize the packing process.

Deep Learning Algorithms Based on 3D Scan Techniques in Food Processing:

One of the most popular fruit types, with production of more than 84 million tons, are apples. They occur in a large range of varieties depending on their color, size, shape and presence/absence of certain features [8, 15]. Apple farming requires certain temperature, soil condition and humidity. Most apples during harvesting time get bruised and start to rot, affecting thus other fresh apples and reducing the fresh apples quantity. Bruises act as a pathway for oxygen to react with polyphenols which start the degradation of apples. Hu et al [31] proposed DL and CNN based predictive model for detecting bruised apples. The model used 3D scans generated from infrared images for the detection of bruised apples. Simply analyzing 2D images of apples or visuals do not allow high accuracy of the detection of bruises on apples. Thus, the need of analyzing 3D images is a prime requirement. The earlier use of 2D scanning systems like X-ray, MRI, near infrared imaging, thermal imaging, etc. was possible but was constrained by limited or low accuracy, viewpoint high sensitivity and poor bruised depth identification capabilities. In order to overcome these challenges, 3D Near Infrared sensing (NIR) has been developed; in addition to that, it does not harm tissue, it is more user friendly [3]. Three-dimensional images are generally presented by a polygon surface mesh. They are difficult to adopt by 2D shape analysis techniques. Thus, 3D shape descriptors are used, such as Mesh HoG and SIFT Heat Kernel Signatures

(HKS). Although 3D shape descriptors are effective, they increase the process length by domain knowledge and trial & error process. CNN has a proven record in processing images, detection, segmentation, retrieval and recognition in various domains [18]. However, most of the CNN-based models find it difficult to interpret or learn features directly from 3D structures. A few CNN models, such as Multiview CNN, also known as MVCNN, are capable of 3D image recognition. In this methodology, a 3D image is converted into 12 2D images followed by rendering of each image by trained CNN to obtain multi-layer feature representation of the image. In earlier works, the CNN models do not use pooling layers with constrained size, which allows the loss of surface information during the processing. In this work, the author uses the 3D spatial technology-based sensors for scanning granny smith apples using a triangulated mesh model based 2D feature images followed by the application of apple bruise identification block which categorizes apples into bruised and non-bruised ones [1].

The author in [39] used AlexNet-based end-to-end training CNN model called CNN-ENE, with the use of connected BN layer adjacent to convolutional layer and pooling layers. The model consists of five convolutional layers, three pooling layers, three fully connected ones, eight ReLU activation ones, five batch normalization layers and a SoftMax layer. Another developed model makes use of VGG 19 CNN-based model for maintaining consistency. Pre-trained VGG 19 make use of 19 convolution, five max pooling, three connected, 18 ReLU activation, two dropout layers and a SoftMax output layer. Both models extract 2,048 and 4,096 features respectively. Inception V3 model is also developed, making use of 103 convolutional, four max pooling, and ten average pooling layers model to extract 2,048 features. Additionally, the author applies feature fusion and decision fusion strategies for boosting the model performance. A dataset of 302 apples was used, out of which 272 for training and the remaining ones for testing purposes. The performance of the model is compared on the basis of local feature descriptors such as maximum curvature (denoted by *MaxC*), minimum curvature (denoted by *MinC*), mean curvature (denoted by *MeanC*), Gaussian curvature (denoted by *GauC*), shape index (denoted by *ShapeI*), curvature index (denoted by *CurI*), distance between the vertices in the mesh and the geometric center (i.e. centroid) of the mesh (*Rad*). These parameters are evaluated and compared for Accuracy, Precision Recall (*PR*), *F1* score and ROC [36]. The CNN-ENE model based on nine single channel feature maps was evaluated as shown in Figure 2.

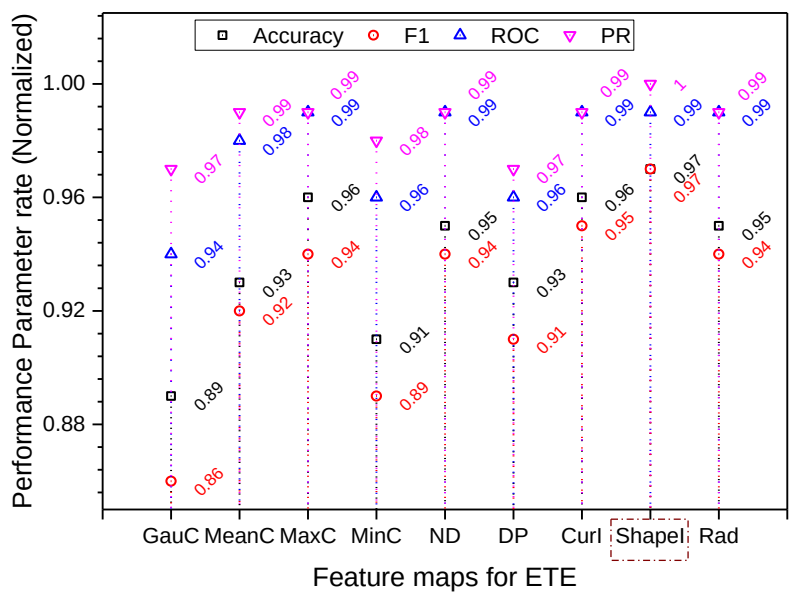


Figure 2. Performance parameters of CNN ETE model for different feature maps
Rycina 2. Parametry wydajności modelu CNN ETE dla różnych map cech

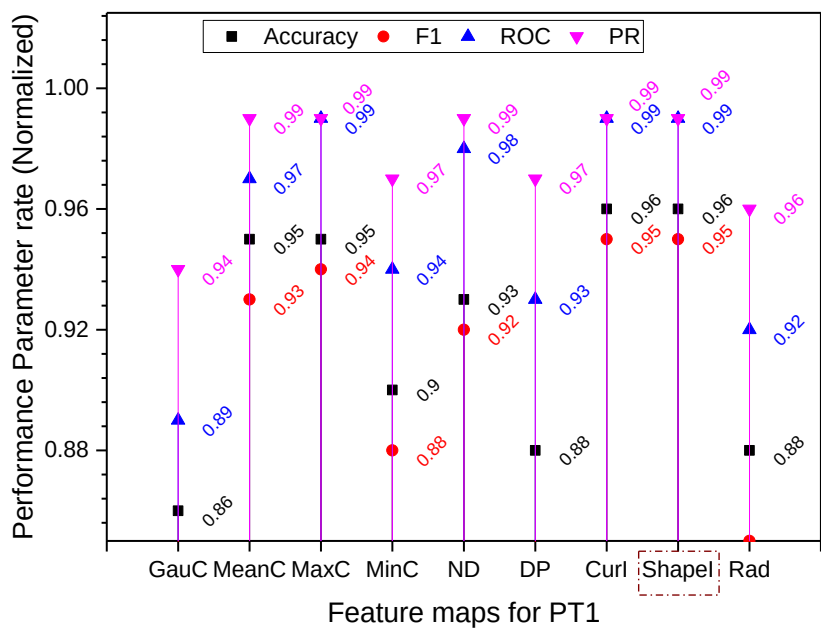


Figure 3. Performance parameter of VGG 19-based PT1 model for different feature maps
Rycina 3. Parametr wydajności modelu PT1 opartego na VGG 19 dla różnych map cech

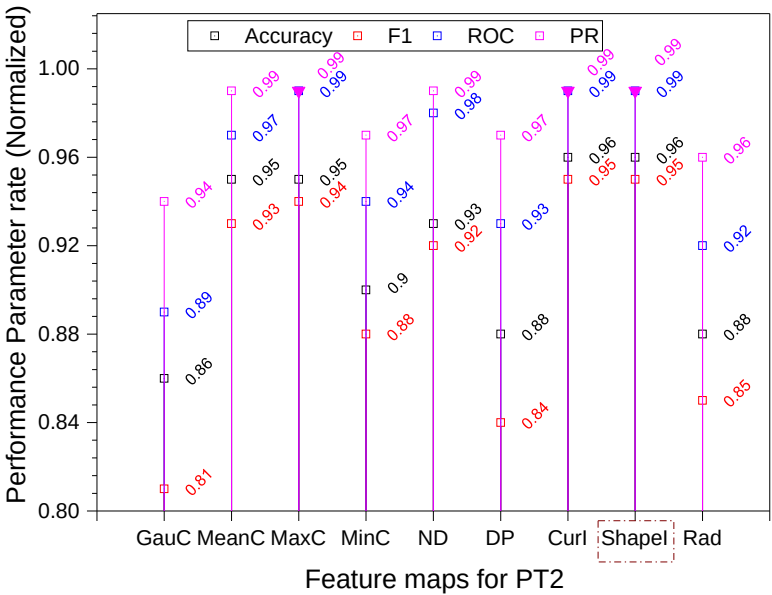


Figure 4. Performance parameter of InceptionV3-based PT2 model for different feature maps
Rycina 4. Parametry wydajności modelu PT2 opartego na InceptionV3 dla różnych map cech

Figure 3 and Figure 4 compares various parameters for VGG 19-based PT1 model and InceptionV3-based PT2 model. It can be observed that Inception V3 model outperformed other feature-based models with accuracy of above 97 %. The performance of the inception V2-based PT2 model was evaluated on a separate dataset of apples, and the results showed that the model could accurately identify bruises with a precision of 92.2 % and a recall of 92.3 %. This indicates that the model has a high ability to correctly identify both true positive and true negative samples and can effectively differentiate between bruised and non-bruised apples as compared to other models. Overall, the Inception V3-based PT2 model demonstrated strong potential in predicting bruises on apples, which can help improve the quality control and grading processes in the fruit industry. However, further testing and optimization may be required to ensure its reliability and accuracy in real-world settings. Further, the model can be used for other applications like grading of apples and detection of bruises on fruit in general.

Deep Learning Algorithms Based on Acoustic Techniques in Food Processing:

As a result of growing environmental pollution, people are concerned about the safety of both food sources and food processing procedures [26, 28]. It is critical to ensure that the nutritional properties of raw materials are retained throughout processes and that no harmful or toxic substances are introduced into food [36, 37]. A CNN ap-

proach has been used for the detection of mealiness and non-mealiness in apple fruit by Lashgari et al [15]. He developed a nondestructive approach by using acoustic sensing and CNN. The storage of apples under different conditions of temperature and humidity led to softening and dry texture, thereby making apples look mealy. Other factors, including harvesting time, fruit size and storage time, also affect the mealiness of apples. Thus, apples require a rapid assessment for maintaining good quality. Various methods of testing apple mealiness include mechanical, ultrasonic, force impulse, MRI, NIR spectroscopy, florescent methods, and many more. However, in the present case, the author used acoustic methods, which are nondestructive, cost effective and rapid in nature. A plastic pendulum is dropped on an apple from a certain height. The sound is recorded and converted into 2D images. Subsequently, the proposed model is used to classify if the apple is mealy or not. For experimentation, 180 apples, which were freshly harvested and stored under different conditions of temperature, humidity and storage time, were selected. In this work, the author uses eight layers of AlexNet, five layers of *Conv* (Convolutional) and three fully-connected layers (FC layer). The *Conv* layer is the main part of the structure; its kernels (or filters) perform convolutional operation on the input image and create output image representations (i.e. feature maps). The pooling layer follows a *Conv* layer and reduces the dimension of the feature maps, number of parameters and training time.

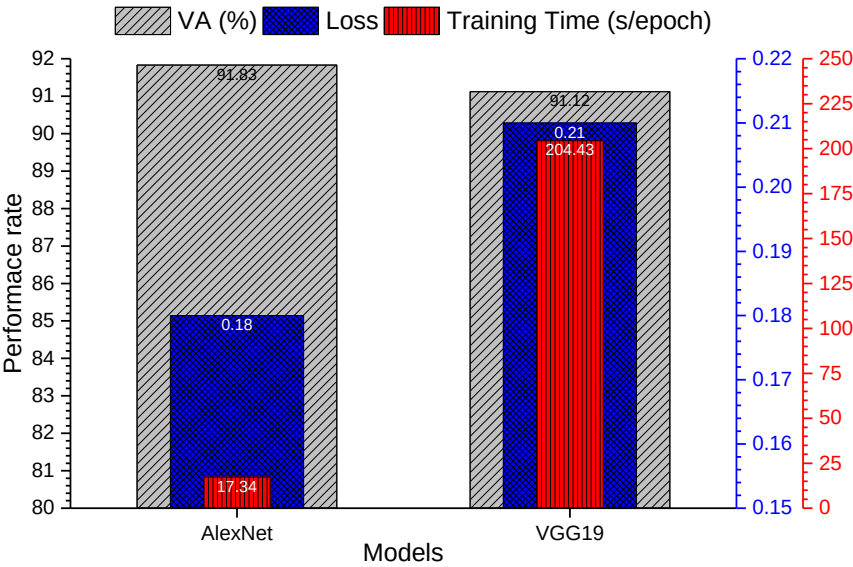


Figure 5. The average validation accuracy, loss and processing time for AlexNet and VGG19 for an average of 12 apples and 40 training epochs

Rycina 5. Średnia dokładność walidacji, strata i czas przetwarzania dla AlexNet i VGG19 dla średnio 12 jabłek i 40 epok szkoleniowych

The activation function, such as Rectified Linear Units (ReLU), is applied to every *Conv* and FC layer. On the other hand, the VGG19 model is also proposed with 16 convolutional, five max pooling layers, three FC layers and a SoftMax layer. A dataset with 70 % training and 30 % validation proportion is used and repeated ten times to improve mean validation accuracy and reduce training time and loss. The proposed model is also compared with the leading models and frameworks present in the market for comparison. To acquire the original mealiness of apples, they were tested by destructive testing. The average validation accuracy, loss and processing time was calculated for both AlexNet and VGG19, as presented in Figure 5 for an average of 12 apples and 40 training epochs.

Average classification accuracy, validation accuracy training time and classification time calculated for the best settings is presented in Figure 6. The comparative performance is also shown in Figure 6, which shows that the models (specifically AlexNet) performance is fairly well compared to others models.

Moreover, this model is capable of quantifying mealiness levels within small variability in mealiness within a group. This method is less expensive, more rapid and simple, yet a robust tool for monitoring fruit quality of sorted fruit under different conditions of temperature, humidity and time. This model can help in deciding parameter to choose optimum time for the harvesting of apples. This technique proves to be cost effective, nondestructive testing technique and can be used for other varieties of apples and, in general, fruit.

Deep Learning Algorithms Based on Hyper-Spectral Imaging (HPI) Techniques in Food Processing:

Another nondestructive technique of fruit quality control is hyper-spectral imaging. This includes the use of a wide spectrum of rays to detect various features in fruit, such as infrared and ultraviolet rays spectrum. Enabling hyper-spectral imaging (HPI) technique with AI and DL has been extensively used in the domain of remote sensing, the agriculture recycling industry, the medical industry and many more [9, 16]. The proposed model of integrated Hyperspectral imaging and DL for detection of ripening stages of kiwi and avocados was presented by Varga et al. [34]. Earlier, HPI had been alone used for firmness, soluble solid content and ripening of tomatoes. In this work, the author presented a model integrating HPI and DL for monitoring kiwis and avocados by identifying the soluble solid content and firmness of fruit. The data of 1,038 avocados and 1,522 kiwis recorded by an HPI camera were analyzed. The dataset was divided randomly into 80 %, 10 % and 10 % for training, validation and testing purposes. The main objective was to identify if fruit was ripe, unripe or overripe. The

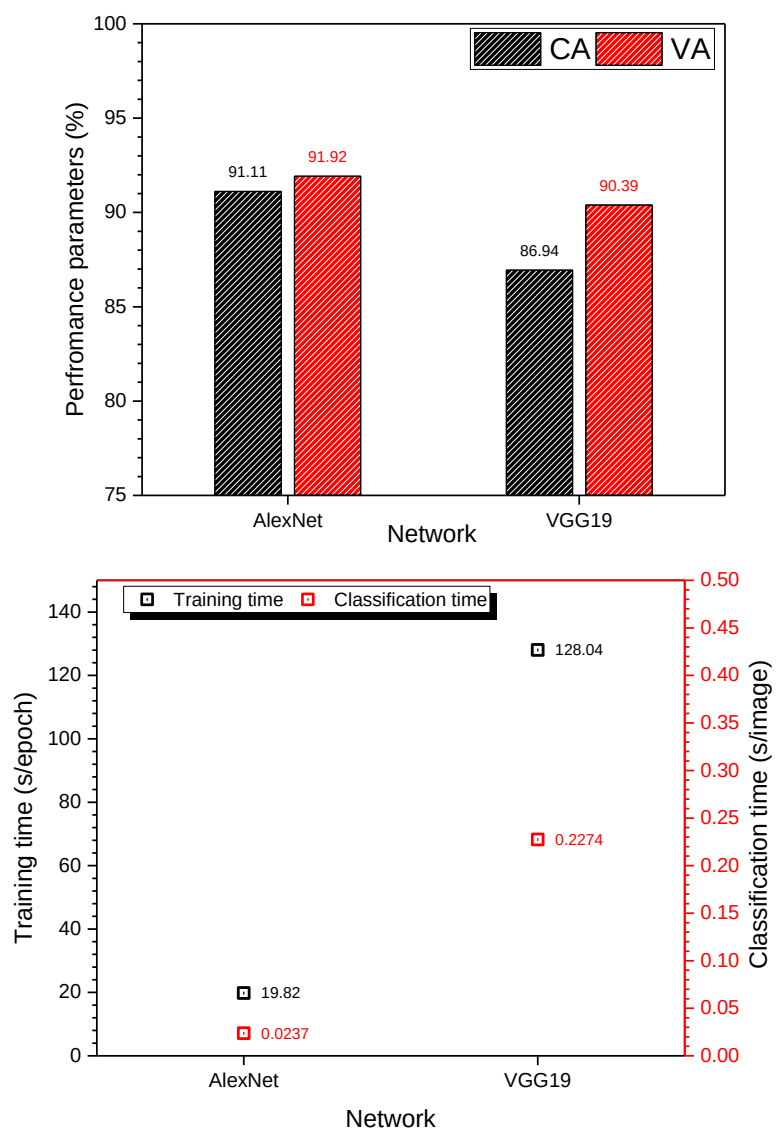


Figure 6. Average classification accuracy, validation accuracy training time and classification time calculated for the best settings

Rycina 6. Średnia dokładność klasyfikacji, czas treningu dokładności walidacji i czas klasyfikacji obliczone dla najlepszych ustawień

proposed HIP CNN model uses three Convolution layers, one average pooling, one batch normalizing and one fully connected layer to make the model less complex, yet more effective. The proposed model was compared with a similar model, such as SVM, KNN ResNet 18, AlexNet for accuracy in determining the firmness, ripeness

and sweetness of both avocado and kiwi. Figure 7 shows performance results for hyper spectral imaging for Avacado and Kiwi fruit.

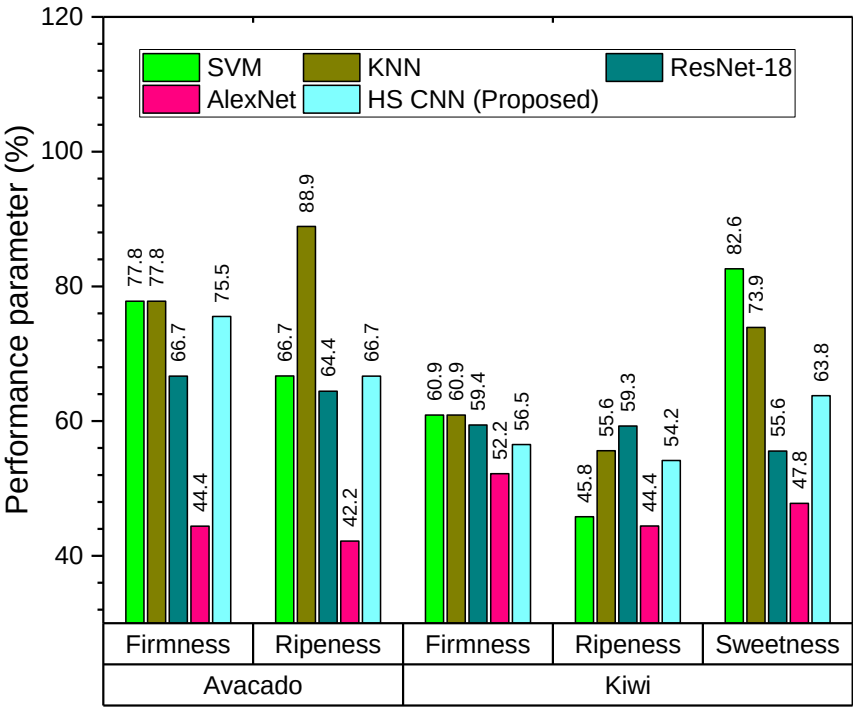


Figure 7. Hyperspectral imaging for Avocado and Kiwi fruit
Rycina 7. Obrazowanie hiperspektralne owoców awokado i kiwi

The proposed model predicts the firmness and ripeness of avocado by 93.33 % and 90 % respectively. Kiwis were slightly difficult to be accurately predicted with 70 % firmness and 80 % ripeness accuracy. The proposed model performs well above the baseline models in classifying fruit into unripe, ripe and overripe fruit with high accuracy.

Deep Learning Algorithms Based on 2D RGB Imaging Techniques in Food Processing:

Another fruit, banana, is popular in tropical and sub-tropical regions of the globe. While ripe bananas are sweet and tasty to eat, unripe bananas are full of starch and other micronutrients, which are useful for human functioning [21]. India is a leading producer of bananas worldwide and the main exporter of bananas. However, banana crops face major losses in postharvest due to bananas' delicate structure and low shelf life stability, packaging and transport [6]. Technology has provided solutions to miti-

gate such losses. Manual classification is cost effective, but poor in performance. Effective solutions are destructive testing in nature and random sampling. The best solution is the non-invasive method based on image recognition and deep learning models [23]. One such framework was proposed by Mesa et al [27], which utilizes RGB imaging scheme integrated with deep learning for classification of banana tiers. The proposed model makes use of transfer learning and VGG 16 Deep CNN framework for classifying bananas into four categories and ten subcategories, namely banana quality (export, middle and reject class), banana maturity (overripe, yellow, turning yellow and green) and banana size (small, medium and large). The proposed model makes use of a few images of the samples for banana grading, which makes it cost effective and rapid compared to other models. The model considers 1,766 images of banana clusters for grading bananas into four categories and ten subcategories. The batch size of 32 image datasets were considered with an epoch varying between 30 to 100 depending upon the categories. The performance parameters of the model are shown in Figure 8.

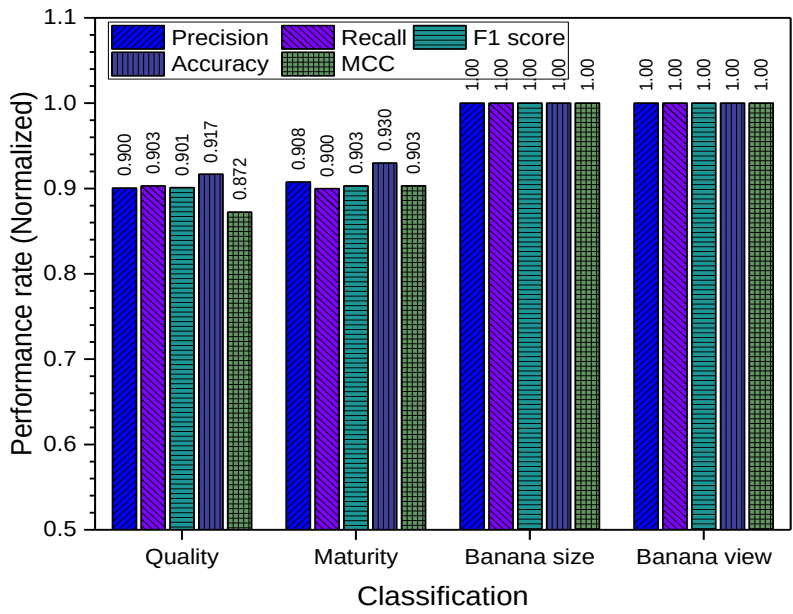


Figure 8. Performance parameters for various classification activities of banana fruit
Rycina 8. Parametry wydajności dla różnych działań klasyfikacyjnych owoców banana

The model tends to perform well in terms of *Precision*, *Recall*, *Accuracy* for the banana grading system. Previously built models make use of K-means clustering, ANN, Fuzzy logic-based models for banana finger or single banana for fruit classification, fruit maturity and fruit grading, which is practically inefficient due to the fact that

banana is harvested, transported in tiers or banana hands or clusters. Roy et al [24] worked on the comparison of deep learning algorithms which are able to differentiate between rotten and fresh fruit before eating. According to the researcher, it is possible by applying the RGB images of fruit (rotten and fresh fruit) in deep learning algorithms such as UNet and EnUNet. As far as this method is concerned, the two models are compared in the form of two metrics; accuracy and Intersection over Union (IoU) scores, IoU is also known as Jaccard index. The working of these models is done in Google Colabs with GPU Tesla K80 [Extra]. The experiment shows that the EnUNet algorithm performs better for classification between fresh and rotten fruit than the UNet algorithm. The results of these two algorithms are shown in Figure 9. As demonstrated in Figure 9, the accuracy values for EnUNet are equal to around 97.5 %, the IoU values 0.886 % and the UNet algorithm achieves the accuracy level of approx.. 94 ÷ 95%. The comparison shows the superiority of EnUNet over other algorithms. Hence, this method can be applied in a number of food processing industries in the future.

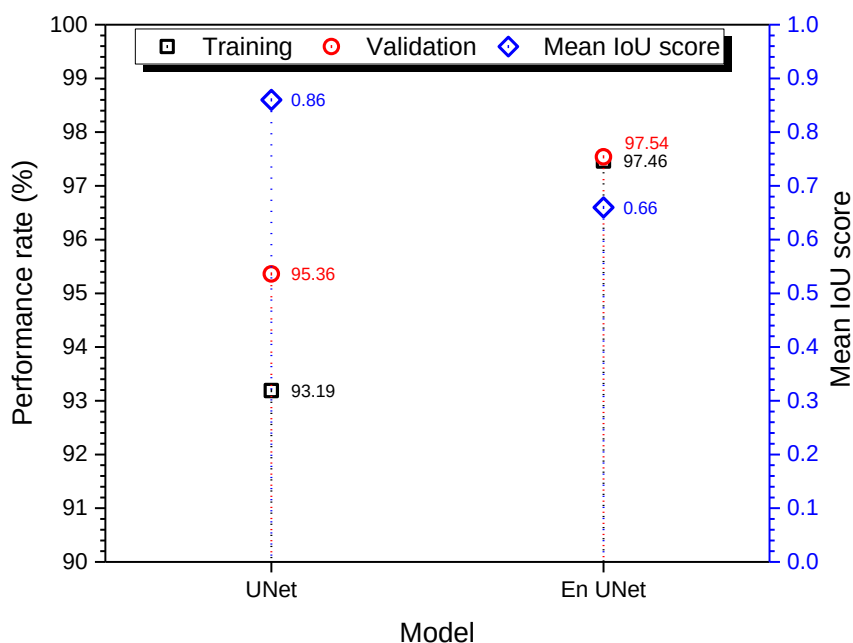


Figure 9. Comparison of UNet and En UNet models for training accuracy, validation accuracy and mean IoU score

Rycina 9. Porównanie modeli UNet i En UNet pod kątem dokładności treningu, dokładności walidacji i średniego wyniku IoU

Agricultural productivity highly affects production of the food industries. Agricultural products face various difficulties, such as floods, drought, ill-irrigation, pest attacks. One major issue of degradation in crop production is diseases. According to a survey by Savary et al [33], there is about a 21.5 % yield loss due to several crop diseases. If these problems are not solved in time, then they damage the overall crop yields. Oishi [17] et al proposed a model which is able to easily identify abnormally seeded potatoes. The researcher compares the deep learning algorithms for the detection of clear and accurate images of infected leaves with and without pre-processing. The comparison is done between the Average Precision (AP) YOLO and R-CNN. The Figure shows that the model R-CNN provides accurate images with high accuracy as compared to YOLO. Figure 10 also demonstrates that values for R-CNN remain the same with and without pre-processing, standing nearly at about 94.2 % without pre-processing and 90.2 % with pre-proceeding. Figure 10 also compares the average precision in abnormal plant detection of YOLO and R-CNN.

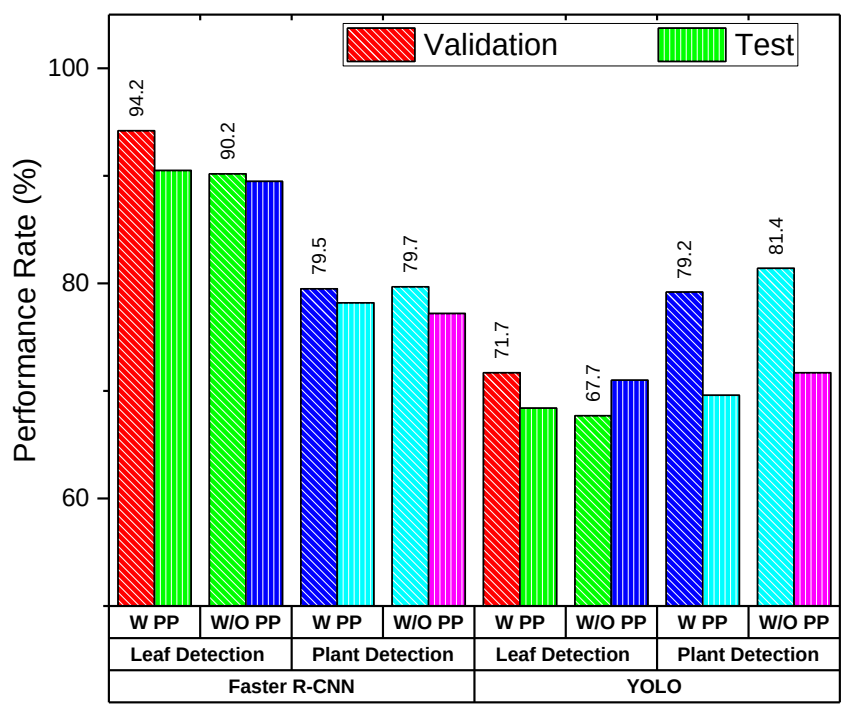


Figure 10. Validation and Testing the accuracy of the proposed models with and without pre-processing images in diseased leaf and plant detection for potato crop plant

Rycina 10. Walidacja i testowanie dokładności proponowanych modeli z obrazami poddanymi wstępnemu przetwarzaniu i bez nich w wykrywaniu chorych liści i roślin w uprawie ziemniaka

As showed by this analysis, the model R-CNN can be applied for the detection of abnormal potato plants. There is a large number of varieties produced in agricultural labs as per need i.e., high yield productivity, disease free, easily cultivation, zero pest attacks seed for various crops such as wheat, rice, maize, potatoes, soyabeans, etc. Therefore, many researchers are working on the identification of good qualities of crops which are important for the farmers who provide raw materials to food companies and food industries. Laabassi et al [14] works on the identification of good varieties of wheat, using various algorithms and frameworks on the basis of deep learning. The researchers discuss how machine learning, artificial intelligence and deep learning work in classifying wheat varieties with the help of RGB images. RGB images are also applicable for identifying diseased seeds. The models classify wheat varieties with accurate percentage values of between 94 % to 95 %, which are based on the CNN.

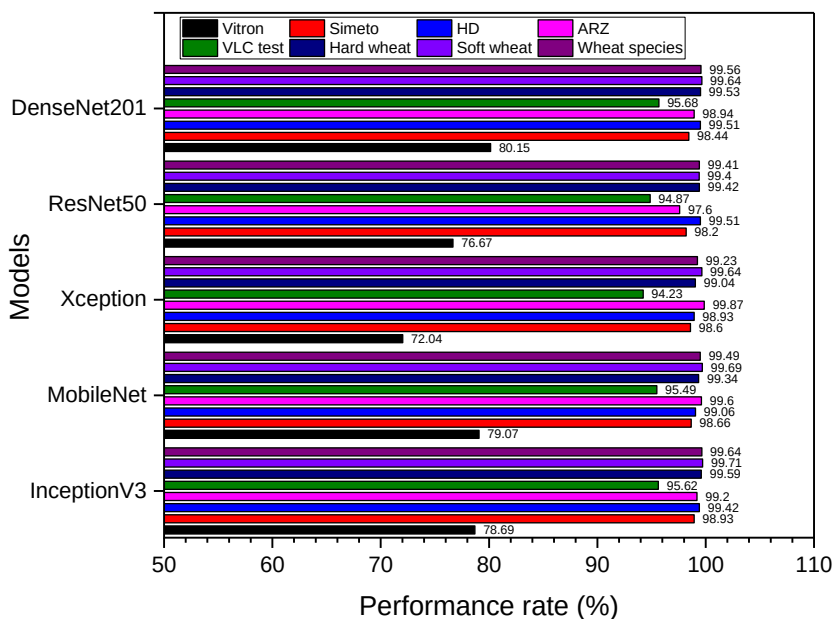


Figure 11. Comparative performance of the proposed model with other models in identifying different wheat varieties

Rycina 11. Porównanie wydajności proponowanego modelu z innymi modelami w identyfikacji różnych odmian pszenicy

For the classification, first of all, data is collected using the 2D dorsoventral grain RGB images of wheat plants, and subsequently, deep learning is applied on the selected data [5]. The whole data undergoes the segmentation process in which images are cropped into relevant images, and subsequently, under the next step, deep learning models are applied. There are five types of frameworks applied on these images, name-

ly; MobileNet, xception, inceptionV3 ResNET50 and DenseNet 201. As illustrated in Figure , the MobileNet and DenseNet 201 frameworks provide accurate knowledge with 80.10 % accuracy, MobileNet (98.66 %) and Xception (98.60 %) accuracy. Hence, we can say that the inceptionv3, MobileNet and DenseNet are the best deep learning models that can classify the variety of wheat with accuracy. And finally, out of the three models, the inceptionV3 model provides the most accurate values.

Conclusion and Future Scope

In the field of food quality, machine learning (ML) has demonstrated significant promise, surpassing more conventional techniques like fuzzy logic systems. Deep learning (DL) provides an autonomous learning characteristic that enables the retention of information learned after training, in contrast to traditional machine learning (ML). Because typical ML algorithms do not have this property, DL is a viable method for assessing food quality.

The development of affordable imaging equipment for hyperspectral imaging (HSI) data collection, coupled with adequate computational resources, is a noteworthy accomplishment in this sector. With the use of these technologies, it is possible to apply ML and DL models to assess different quality parameters in important crops like rice and wheat, as well as in widely consumed fruit like bananas, apples and mangoes.

The models that were built exhibited exceptional efficacy in categorizing fruit and plants based on their quality, size, ripeness, mealiness, grade identification and ability to identify illnesses and infections. To ensure food quality, real-time application optimization is critical; yet, the intricacy of ML and DL models poses difficulties. To fully realize the promise of DL technologies in the food business, despite the progress made, a number of restrictions and problems still need to be resolved.

Challenges and Limitations

Accessibility and Caliber of Data:

Robust deep learning models require large, high-quality datasets for training. It can be difficult to obtain large datasets that fairly depict the variety of dietary items and circumstances, though. Another challenge is to guarantee data quality and consistency across many sources and circumstances.

Model Interpretability and Complexity:

Deep neural networks in particular, which are DL models, may be extremely complicated, making them challenging to read and comprehend. The use of these technologies in the industry, where comprehension of the decision-making process is essential, may be hampered by this lack of transparency. One important area of study to

increase the usability and accessibility of these technologies is simplifying models without sacrificing performance.

Computational Requirements:

Training and deploying DL models require significant computational resources, which may not be feasible for all stakeholders, especially small-scale producers and farmers.

Developing more efficient algorithms and hardware solutions to reduce computational costs and improve accessibility is essential.

Real-Time Processing:

Achieving real-time processing and analysis is critical for practical applications in food quality assessment. However, the current models often require substantial processing time, which can limit their effectiveness in real-world scenarios.

Research should focus on optimizing DL models for faster inference times without sacrificing accuracy. To tackle these obstacles, next studies ought to concentrate on:

- Improving techniques for gathering data and building sizable, excellent datasets to aid in the creation of reliable deep learning models.
- Creating DL models that are more easily interpreted, streamlined and practical.
- Increasing processing efficiency with improved hardware and techniques.
- Concentrating on real-time processing power to provide useful applications in food quality monitoring.
- Investigating methods for adaptive learning to enhance the generalization and flexibility of models.
- Developing affordable solutions that allow all parties involved in the food business to utilize the DL technology.
- Food quality evaluation may be greatly advanced by the DL technologies by tackling these issues, guaranteeing safer and better-quality food items for customers all over the world.

References

- [1] Adão T., Hruška J., Pádua L., Bessa J., Peres E., Morais R., Sousa J.J.: Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors. Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry. Remote. Sens., 2017, 9(11), #1110.
- [2] Biswas S., Mondal R., Mukherjee A., Sarkar M., Kole R.K.: Simultaneous determination and risk assessment of fipronil and its metabolites in sugarcane, using GC-ECD and confirmation by GC-MS/MS. Food Chem., 2019, 272, 559-567.

- [3] Bukhari S.N.H., Jain A., Haq E., Khder M.A., Neware R., Bhola J., Najafi M.L.: Machine Learning-Based Ensemble Model for Zika Virus T-Cell Epitope Prediction. *J. Healthcare Engineer.*, 2021, #9591670.
- [4] Chenbin D., Zheng L., Wang W., Shabaz M.: Evaluation of urban environmental and economic coordination based on discrete mathematical model. *Math. Prob. Engineer.*, 2021, 199, 1-11.
- [5] Dhull S.B., Malik T., Kaur R., Kumar P., Kaushal N., Singh A.: Banana Starch: Properties Illustration and Food Applications - A Review. *Starch- Stärke*, 2021, 73, #2000085.
- [6] Garg R.K., Bhola J., Soni S.K.: Healthcare monitoring of mountaineers by low power Wireless Sensor Networks. *Infor. Med. Unlock.*, 2021, 27, #100775.
- [7] Hu Z., Tang J., Zhang P., Jiang J.: Deep learning for the identification of bruised apples by fusing 3D deep features for apple grading systems. *Mech. Syst. Signal Process.*, 2020, 145, #106922.
- [8] Islam M.P., Hatou K.: 2023. TheLR531v1–A deep learning multi-branch CNN architecture for day-night automatic segmentation of horticultural crops. *Comp. Electronic. Agri.*, 2023, 204, #107557.
- [9] Iqbal U., Mir A.H.: Secure and practical access control mechanism for WSN with node privacy. *J. King Saud Univ.-Comp. Infor. Sci.*, 2020, 34(6), 3630-3646.
- [10] Katiyar S., Khan R., Kumar S.: Artificial Bee Colony Algorithm for Fresh Food Distribution without Quality Loss by Delivery Route Optimization. *J. Food Qual.*, 2021, 9, #4881289.
- [11] Khan R., Tyagi N., Chauhan N.: Safety of Food and Food Warehouse Using VIBHISHAN. *J. Food Qual.*, 2021, #1328332.
- [12] Kimm H., Paik I., Kimm H.: Performance Comparision of TPU, GPU, CPU on Google Colaboratory Over Distributed Deep Learning. In 2021 IEEE 14th International Symposium on Embedded Multi-core/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc), 2021, 312-319.
- [13] Kiran M.S.: The continuous artificial bee colony algorithm for binary optimization. *Appl. Soft Comput.*, 2015, 33, 15-23.
- [14] Laabassi K., Belarbi M.A., Mahmoudi S., Mahmoudi S.A., Ferhat K.: Wheat varieties identification based on a deep learning approach. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2021, 20, 281-289.
- [15] Lashgari M., Imanmehr A., Tavakoli H. Fusion of acoustic sensing and deep learning techniques for apple mealiness detection. *J. Food Sci. Technol.*, 2020, 57, 2233-2240.
- [16] Lohani T.K., Ayana M.T., Mohammed A.K., Shabaz M., Dhiman G., Jagota V.: A comprehensive approach of hydrological issues related to ground water using GIS in the Hindu holy city of Gaya, India. *World J. Engineer.*, 2021, 20, 2, 283-288.
- [17] Lu B., Dao P.D., Liu J., He Y., Shang J.: Recent advances of hyperspectral imaging technology and applications in agriculture. *Remote Sens.*, 2020, 12, #2659.
- [18] Musacchi S., Serra S.: Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Sci. Hortic.*, 2018, 234, 409-430.
- [19] Nayak J., Vakula K., Dinesh P., Naik B., Pelusi D.: Intelligent food processing: Journey from artificial neural network to deep learning. *Comp. Sci. Rev.*, 2020, 38, #100297.
- [20] Oishi Y., Habaragamuwa H., Zhang Y., Sugiura R., Asano K., Akai K., Shibata H., Fujimoto T.: Automated abnormal potato plant detection system using deep learning models and portable video cameras. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 2021, 104, #102509.
- [21] Olawoye B., Fagbohun O.F., Gbadamosi S.O., Akanbi C.T.: Succinylation improves the slowly digestible starch fraction of cardaba banana starch. A process parameter optimization study. *Artific. Intellig. Agri.*, 2020, 4, 219-228.
- [22] Ricci B., Lavigne C., Alignier A., Aviron S., Biju-Duval L., Bouvier J.C., Choisis J.-P., Franck P., Joannon A., Ladet S.: Local pesticide use intensity conditions landscape effects on biological pest control. *Proc. R. Soc. B.*, 2019, 286, #20182898.

- [23] Rivero Mesa A., Chiang J.: Non-invasive Grading System for Banana Tiers using RGB Imaging and Deep Learning, ACM Int. Conf. Proceeding Ser., 2021, 113-118.
- [24] Roy K., Chaudhuri S.S., Pramanik S.: Deep learning based real-time Industrial framework for rotten and fresh fruit detection using semantic segmentation. *Microsyst. Technol.*, 2021, 27, 3365–3375.
- [25] Sanobar S., Alam I., Pande S., Arslan F., Rane K.P., Singh B.K., Khamparia A., Shabaz M.: An Enhanced Secure Deep Learning Algorithm for Fraud Detection in Wireless Communication. *Wirel. Commun. Mob. Com.*, 2021, 1-14.
- [26] Sharma L., Marques G.: Fusarium, an entomopathogen - a myth or reality? *Pathogens*, 2018, 7, #93.
- [27] Shimada S.: Monitoring of mountaineering activity using wearable sensors for safety support. *IEICE Tech. Rep.*, 2018, 117(464), 129-134.
- [28] Singh P., Singh R.M.: Identification of pollution sources using artificial neural network (ANN) and multilevel breakthrough curve (BTC) characterization. *Environ. Forens.*, 2019, 20(3), 219-227.
- [29] Srivastava S., Kumar P., Mohd N., Singh A., Gill F.S.: A Novel Deep Learning Framework Approach for Sugarcane Disease Detection. *SN Comput. Sci.*, 2020, 1, 1-7.
- [30] Stratton A.E., Finley J.W., Gust D.I., Stratton A.E., Finley J.W., Gustafson D.I., Mitcham E.J., Myers S.S., S.S. Naylor S.S., Otten J.J., Palm C.A.: Mitigating sustainability tradeoffs as global fruit and vegetable systems expand to meet dietary recommendations. *Environ. Res. Lett.*, 2021, 16, #55010.
- [31] van Wageningen-Kessels F., van Lint H., Vuik K., Hoogendoorn S.: Genealogy of traffic flow models. *EURO J. Transport. Log.*, 2015, 4, 445-473.
- [32] Wang L., Kumar P., Makhatha M.E., Jagota V.: Numerical simulation of air distribution for monitoring the central air conditioning in large atrium. *Int. J. Sys. Assur. Engineer. Manag.*, 2022, 13, 340-352.
- [33] Wu A., Zhu J., Ren T.: Detection of apple defect using laser-induced light backscattering imaging and convolutional neural network. *Comp. Electr. Engineer.*, 2020, 81, #106454.
- [34] Varga L.A., Makowski J., Zell A.: Measuring the Ripeness of Fruit with Hyperspectral Imaging and Deep Learning. *Proc. Int. Jt. Conf. Neural Networks*, 2021, arXiv:2104.09808.
- [35] Vedaiei S.S., Fotovvat A., Mohebbian M.R., Rahman G.M.E., Wahid K.A., Babyn P., Marateb H.R., Mansourian M., Sami R.: COVID-SAFE: an IoT-based system for automated health monitoring and surveillance in post-pandemic life. *IEEE Access*, 2020, 8, 188538-188551.
- [36] Vishal J., Luthra M., Bhola J., Sharma A., Shabaz M.: A Secure Energy-Aware Game Theory (SEGaT) Mechanism for Coordination in WSANs. *Int. J. Swarm Intellig. Res.*, 2022, 13, 2, 1-16.
- [37] Yang M., Kumar P., Bhola J., Shabaz M.: Development of image recognition software based on artificial intelligence algorithm for the efficient sorting of apple fruit. *Int. J. Sys. Assur. Engineer. Manag.*, 2021, 1-9.
- [38] Yang B., Xu Y.: Applications of deep-learning approaches in horticultural research: a review. *Hortic. Res.*, 2021, 8, #123.
- [39] Yu H., Yang L.T., Zhang Q., Armstrong D., Deen M.J.: Convolutional neural networks for medical image analysis: state-of-the-art, comparisons, improvement and perspectives. *Neurocomput.*, 2021, 444, 92-110.
- [40] Zhang Y., Kou X., Song Z., Fan Y., Usman M., Jagota V.: Research on logistics management layout optimization and real-time application based on nonlinear programming. *Nonlin. Engineer.*, 2021, 10 (1), 526-534.
- [41] Zhang J., Li S.L., Zhou X.L.: Application and analysis of image recognition technology based on Artificial Intelligence--machine learning algorithm as an example. In 2020 International Conference on Computer Vision, Image and Deep Learning (CVIDL), 2020, pp. 173-176.

- [42] Zhou L., Zhang C., Liu F., Qiu Z., He Y.: Application of Deep Learning in Food: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2019, 18, 1793-1811.

POSTĘP W TECHNOLOGIACH GŁĘBOKIEGO UCZENIA SIĘ STOSOWANYCH W PROCESACH WYKRYWANIA I KLASYFIKACJI W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

Streszczenie

Wprowadzenie. Głębokie uczenie się (Deep Learning) to wysoce skuteczna metoda analizy dużych zbiorów danych, mogąca poszczycić się niezwykłymi osiągnięciami w różnych dziedzinach, takich jak przetwarzanie obrazu, rozpoznawanie głosu, wykrywanie obiektów, diagnozowanie chorób, przewidywanie i systemy wspomagania decyzji klinicznych. Jej zastosowanie rozciąga się jeszcze dalej na nowe obszary, takie jak nauka o żywności i inżynieria, gdzie nastąpił gwałtowny wzrost jej wykorzystania. W ciągu ostatniej dekady technologia DL wykazała swoją użyteczność w różnych aspektach przemysłu spożywczego, w tym w ocenie jakości żywności, wykrywaniu, różnicowaniu, identyfikacji chorób, fenotypowaniu roślinnych czynników stresogennych, monitorowaniu i inteligentnych praktykach rolniczych. Integracja technologii DL odegrała kluczową rolę w zrewolucjonizowaniu branży spożywczej i powiązanych z nią łańcuchów dostaw, ułatwiając postęp w ocenie jakości żywności, rozpoznawaniu żywności i analizie spektroskopowej. Warto zauważyć, że obrazowanie hiperspektralne i dane akustyczne okazały się kluczowymi metodami wykorzystywanymi przez techniki DL w tych zastosowaniach.

Wyniki i wnioski. Celem tego opracowania jest ocena ostatnich postępów w zakresie rozwiązań DL w przemyśle spożywczym, zbadanie ich różnorodnych zastosowań i funkcjonalności. Szczególnie interesująca jest ocena roli DL w analizie sensorycznej żywności i badaniach konsumenckich, gdzie stanowi ona obiecującą drogę dla wyrafinowanych technik eksploracji danych. Poprzez wszechstronne badanie porównawcze wydajności, niuansów architektonicznych i potencjalnych przyszłych zastosowań, niniejszy artykuł ma na celu rzucić światło na ewoluujący obraz DL w dziedzinie nauk o żywności i inżynierii.

Słowa kluczowe: głębokie uczenie się, jakość żywności, klasyfikacja żywności 

KAROLINIA MROCZEK, MACIEJ KLUZ, MARCIN BAJCAR,
BOGDAN SALETNIK, GRZEGORZ ZAGUŁA

DOMESTIC WATER PURIFICATION SYSTEMS AS A SOURCE OF IONIC COMPOSITIONS

S u m m a r y

Background. The study examines the effectiveness of various domestic water purification systems in removing ions from tap water, focusing on the implications for human health. Water is essential for life and contains numerous ions, including those critical for health like calcium and magnesium. With rising public awareness of water quality, the study seeks to evaluate the efficiency of different purification methods – carbon filters, reverse osmosis, ion exchange filters and demineralization – on ion content, which can affect the suitability of water for consumption.

Results and conclusions. In this research study, the performance of four domestic water purification systems was compared. Initially, the content of 14 selected ions in raw tap water was analyzed using an ICP-OES inductively coupled argon plasma optical emission spectrometer. This was followed by trials using three types of carbon filters, a reverse osmosis (RO) system, ion exchange filters and a demineralization system. The study evaluated the specific operation of these systems, their technical characteristics and their efficiency in removing ions from water. Special attention was given to any increases in the concentration of certain ions, such as sodium (Na) in the ion exchange filter. The results indicate that all the systems significantly deplete the water of ionic components, particularly in the case of demineralization, RO, and ion exchange filters. Carbon filters, while less severe, also remove valuable ions like calcium and magnesium, with loss coefficients reaching up to 500 %. Thus, although these systems are effective in removing harmful substances, they also strip the water of essential macro-components, potentially impacting its suitability for regular consumption.

Keywords: ionic level; drinking water; filters; ICP-EOS

Mgr inż. K. Mroczek ORCID: 0000-0003-2825-6449, Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Uniwersytet Rzeszowski, ul. M. Ćwiklińskiej 2D, 35-601 Rzeszów; dr M. Kluz ORCID: 0000-0003-1627-6186, Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Akademia Ekonomiczno-Humanistyczna w Warszawie, ul. Okopowa 59, 01-043 Warszawa; dr inż. M. Bajcar ORCID: 0000-0002-6029-1589; dr inż. B. Saletnik ORCID: 0000-0002-6640-218X; dr hab. inż., prof. UR G. Zaguła ORCID: 0000-0002-6792-6575, Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Uniwersytet Rzeszowski, ul. M. Ćwiklińskiej 2D, 35-601 Rzeszów. Kontakt e-mail: karolinamr@dokt.ur.edu.pl

Introduction

Water is essential for life and the normal functioning of all living organisms. It contains almost all the substances and chemical elements that naturally occur in the earth's crust. In addition, natural water also contains chemicals produced by plants, animals and humans, as well as viruses and bacteria. The most abundant ions include magnesium (Mg^{2+}), calcium (Ca^{2+}) and sodium (Na^+) cations, as well as chloride (Cl^-), bicarbonate (HCO_3^-) and sulfate (SO_4^{2-}) anions [46]. In recent years, public awareness of healthy eating has been steadily increasing. People are paying much more attention not only to the quality of food, but also to the quality of drinking water. Water supplied to drinking points is not always of the good quality required by consumers [4, 37, 51, 53].

Drinking Water Quality Standards

Drinking water is water for human consumption that meets certain safety and quality standards. Guaranteeing access to safe drinking water is a key aspect of public health. Drinking water quality standards are usually regulated by public health or environmental authorities [17, 56]. The quality of drinking water is regulated and monitored in many countries and increasing knowledge requires almost constant review of standards and guidelines, for both regulated and newly identified pollutants. Drinking water standards are mainly based on animal toxicity data and more detailed epidemiological studies with thorough exposure assessment are rare. The current risk assessment paradigm that deals mainly with chemicals individually rejects potential synergisms or interactions resulting from exposure to mixtures of contaminants, especially with low exposure range. Therefore, evidence is needed regarding the exposure and health effects of mixtures of contaminants in drinking water [52]. In many articles about chemical contamination, three descriptive features come to the fore: one on the seasonality of nitrites in Finland [42], the other on geogenic cations (Na, K, Mg and Ca) in Denmark [57] and the third one regarding historical changes in trihalomethanes (THMs) concentrations in French water networks [5].

Water Quality Regulations in Poland

In Poland, the key law concerning tap water is the Act of 27 October 2017 amending the Act on collective water supply and collective sewage disposal and some other acts (Journal of Laws 2017, item 2180), which defines the terms and conditions of collective supply of water intended for human consumption and collective sewage disposal and is based on European Union directive and World Health Organization (WHO) directive. The ionic standards for tap water in Poland (Table 1) are set out in the Regulation of the Minister of Climate of 6 August 2019 on the quality of water intended for human consumption (Journal of Laws 2017, item 2294). These standards

cover various chemical, physical and microbiological parameters to ensure the safety of water supplied for human consumption.

Ion Standards in Drinking Water

Drinking water ion standards include specific values for the permissible concentrations of ions and chemicals in water that are considered safe for human consumption. These values are established on the basis of scientific studies on the effects of various chemicals on human health. These standards are usually regulated by the public health and environmental authorities in a country. In the case of Poland, drinking water quality standards, including limit values for various ionic parameters, are set out in the Regulation of the Minister of Health on the quality of water intended for human consumption. These values are established in accordance with WHO guidelines and the results of scientific research.

Limits for individual ions can be adjusted according to specific geographical conditions, climate and other factors. These values are intended to ensure that drinking water does not pose a risk to human health. Drinking water quality standards in Poland (Table 1) are set out in the Regulation of the Minister of Health of 7 December 2017 on the quality of water intended for human consumption (Journal of Laws 2017, item 2294). In addition to ion standards, these standards also include other physical, chemical and microbiological parameters to ensure the safety of water intended for drinking. Institutions that are responsible for water quality and distribution must comply with all the requirements set out in the regulation. This is essential in order to maintain adequate water quality and thus guarantee the safety of consumers.

Domestic drinking water treatment may be available through a variety of systems that use an ionisation or mechanical desorption process. Domestic drinking water purification systems include various technologies to remove contaminants, bacteria, viruses and other chemicals from water [11, 27, 50]. Ionic efficiency, in the context of water purification, can refer specifically to the removal of ions of undesirable substances such as chemical compounds, mineral salts or heavy metals [39, 54, 56]. The most common domestic water purification systems and their associated ionic efficiency include: carbon filters, reverse osmosis (RO), demineralization, ion exchange filters [1, 9, 15, 28, 36].

Carbon filtration is based on the ability of activated carbon to adsorb various chemicals from water [29]. Carbon filters are very effective at adsorbing organic chemicals such as chlorine, chloramines, phenolic compounds, pesticides and other organic substances that can affect taste, odor and water quality [7]. Activated carbon is often used to remove chlorine and chloramines from drinking water. Chlorine and chloramines are added to water for disinfection, but can affect the taste and odor of water

Table 1. Ionic standard of drinking water according to DIRECTIVE (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption and Polish recommendation based on WHO guidelines

Tabela 1. Norma jonowa wody pitnej według DYREKTYWY (UE) 2020/2184 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi oraz polskich zaleceń na podstawie wytycznych WHO

Potable water / Woda pitna	
Mineral ions / Jony mineralne	
Calcium / Wapń (Ca^{2+})	$\leq 200 \text{ mg/dm}^3$
Magnesium / Magnez (Mg^{2+})	$\leq 50 \text{ mg/dm}^3$
Sodium / Sód (Na^+)	$\leq 200 \text{ mg/dm}^3$
Potassium / Potas (K^+)	$\leq 12 \text{ mg/dm}^3$
Nickel / Nikiel (Ni^+)	$\leq 20 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$
Mercury / Ręć (Hg^{2+})	$\leq 1 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$
Copper / Miedź (Cu^{2+})	$\leq 2 \text{ mg/dm}^3$
Cadmium / Kadm (Cd^{2+})	$\leq 5 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$
Arsenic / Arsen (As^{2+})	$\leq 10 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$
Anion ions / Jony anionowe	
Chlorides / Chlorki (Cl^-)	$\leq 250 \text{ mg/dm}^3$
Bicarbonates (HCO_3^-) / Wodorowęglany (HCO_3^-):	no standard, recommended value pH: 6.5-9.5 / brak normy, zalecana wartość pH: 6,5-9,5
Sulfur / Siarka (SO_4^{2-})	$\leq 250 \text{ mg/dm}^3$
Fluorine / Fluor (F^-)	$\leq 1.5 \text{ mg/dm}^3$
Other substances / Inne substancje	
Iron / Żelazo (Fe^{2+} , Fe^{3+})	$\leq 0.2 \text{ mg/dm}^3$
Manganese / Mangan (Mn^{2+})	$\leq 0.05 \text{ mg/dm}^3$
Nitrates / Azotany (NO_3^-)	$\leq 50 \text{ mg/dm}^3$
Nitrites / Azotany (NO_2^-)	$\leq 0.1 \text{ mg/dm}^3$

[22]. Carbon filters can also reduce some chemical contaminants such as chlorinated organics, volatile organic compounds (VOCs) and some heavy metals. Carbon filters may have limited effectiveness in removing some substances such as mineral salts, heavy metals in ionic form or bacteria [26]. The use of carbon filters for drinking water aims to change the hardness of water and eliminate water contaminants. This protects household appliances from the adverse effects of poor-quality water, as well as improves the appearance and taste of consumed beverages that are prepared using tap water [21]. Among the cheapest and easiest methods of purifying tap water is filtration in jug filters. The purification process in these filters is based on the gravitational flow of water through the components of a filter cartridge [16].

RO is one of the most effective water purification technologies and its effectiveness is a widely recognised industry standard. The RO process involves the passing of water through a semi-permeable membrane that traps most contaminants, including ions, particles and micro-organisms. The RO process is very effective in removing ionic substances from water, such as mineral salts, heavy metals, chemical compounds and other dissolved contaminants [2, 47]. The RO membrane acts as a barrier to most ions and molecules larger than water molecules. RO is particularly effective at removing salts, making it often used in desalinisation processes, for the removal of salts from seawater to make drinking water. RO membranes are also effective in removing bacteria, viruses and other micro-organisms because they are much larger than membrane pores [30]. The effectiveness of RO can vary depending on the type and quality of an RO membrane [31]. Modern membranes are designed to be more efficient and durable, which affects the overall efficiency of the process. One potential problem with RO is the generation of 'waste' or waste water that is not filtered. The result is a concentrate, representing 20 to 25 % of the initial leachate volume, in which all retained substances are present in an unchanged chemical form. Consequently, some RO systems are designed with water recovery technology to minimize losses [23]. In summary, RO is a very effective technology for removing ions and other contaminants from water, making it widely used in both industrial and domestic applications, especially where high water quality is crucial.

Demineralized water is widely used in the electronics, chemical, energy and pharmaceutical industries, as well as in laboratories where water purity is crucial. It is worth noting that demineralization removes both beneficial and harmful ions. Therefore, if water is to be used for drinking purposes, it may need to be supplemented with minerals to ensure electrolyte balance and health benefits.

Ion exchange filtration is a process in which water ions are exchanged for other ions attached to special ion exchange resins [33]. Ion exchange filters are widely used to obtain water with a specific ionic composition, for example for industrial, laboratory or technological purposes where precise control of the chemical composition of water is important [25]. Ion exchange filters work by exchanging ions on the surface of special resins. The cationite exchanges positive ions (cations), while the anionite exchanges negative ions (anions). Ion exchange filters are effective in removing various ions from water, both cations and anions. A typical application includes the removal of calcium, magnesium, sodium, chloride, sulfate and other ions. Ion-exchange filters are commonly used in industry, laboratories, energy production and also in demineralized water production processes. One disadvantage of ion exchange filters is the need for regular regeneration of resins, which leads to additional costs and can generate waste salts [3]. The effectiveness of ion exchange filters depends on the quality of resins used in the process, the type of impurities in water and the correct control of the regenera-

tion process. This efficiency can be very high, especially if filters are properly maintained and managed [32]. After a certain period of time, when ion exchange resins are saturated with ions, they must be regenerated by flowing appropriate salts through a filter, which removes accumulated ions and restores the ion exchange capacity. Ion exchange filters can also be used in drinking water purification systems, especially for the reduction of water hardness, i.e. the removal of calcium and magnesium ions. In summary, ion exchange filters are effective tools for the precise control of water chemistry and their effectiveness depends on many factors, including the quality of resins used, a filter design, the source water composition and proper process management.

The general aim of this study was to evaluate the ionic efficiency of applied systems for domestic drinking water purification. The authors set themselves the task of analyzing the efficiency of filtration systems in terms of their possible use in households. They brought the ionic content of filtered water to the fore. The innovation of this study lies in its comprehensive approach to analyzing the effectiveness of different water purification systems, taking into account their impact on the content of valuable ions in water and their potential impact on human health. In this way, the study provides valuable information that can be used to optimize filtration processes to ensure both the safety and nutritional value of drinking water.

Materials and Methods

Raw tap water from Rzeszów was selected for the study. Its parameters were as follows: turbidity <0.20 NTU ($\text{mg/dm}^3 \text{ SiO}_2$), pH 7.70, conductivity $565 \mu\text{S/cm}$. The raw water was then filtered using three carbon filters (Manufacturer A, Manufacturer B, Manufacturer C) with empty bed contact time of 10 minutes, activated carbon made from coconut shells, an ion exchange filter (Viessmen), with ion exchange resin - Puro-lite C100Ea a reverse osmosis filter (RO5) with recovery declared by the producer on 96 %, with membrane 100 gpd (100 gallons per day) with permeate ratio of 23 % and pressure 50 psi (3.5 bar) and a demineralizer (Hydrolab). In the experiment for carbon filters, the system was first activated by passing 10 dm^3 of water through it, and next, 10 dm^3 of water was taken from each of them for analysis. The ion exchange filter, RO and demineralization system were in use all the time and water was collected from them for analytical tests by draining 1 dm^3 of water from each of the above-mentioned systems.

Ionic parameters were assessed, with a focus on macro- and microelements and heavy metals (including Al, As, Ca, Cr, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, P, Pb, Zn). Ionic measurements were made using an ICP-OES iCAP Dual 6500 Thermo (USA) with horizontal plasma, with detection capability determined along and across the plasma flame (Radial and Axial). Before measuring each batch of samples, the equipment was calibrated using certified Merck models, with concentrations of $1,000 \text{ kg/dm}^3$ for Al,

As, Cr, Cd, Cu, Fe, Na, Ni, Pb, Zn and 10,000 kg/L for Ca, Mg, K, P. The measurement result for each element is corrected to take into account the measurement of elements in the blank sample. In each case, a three-point calibration curve is used for each element, with optical correction by the internal model method, in the form of yttrium and ytterbium ions, at concentrations of 2 mg/dm³ and 5 mg/dm³. Analytical methods are verified by independent tests. Certified reference material (AQUA-1: Drinking water Certified Reference Material for trace metals and other constituents, Canada) is used. In order to identify suitable measurement lines and avoid possible interferences, a standard addition method of known concentration is used.

Table 2. Detection line lengths, recoveries and detection limits for the ions analyzed

Tabela 2. Długości linii detekcyjnych, odzyski i granice wykrywalności dla analizowanych jonów

Ion / Jon	Measurement line / Linia pomiarowa [nm]	Recovery compared to CRM / Odzysk w porównaniu do CRM [%]	Recovery by standard addition method / Odzysk metodą standardowego dodawania [%]	Detection limit / Granica wykrywalności [µg/dm ³]
Al	167.079	98	100	4.0
As	189.042	98	97	8.0
Ca	317.933	101	99	1.0
Cr	283.563	99	98	2.0
Cd	228.802	97	101	1.0
Cu	324.754	98	99	3.0
Fe	259.940	99	98	1.0
K	766.490	102	98	4.0
Mg	279.533	102	101	2.0
Na	589.592	102	102	8.0
Ni	221.647	103	97	2.0
P	177.495	101	99	6.0
Pb	220.353	98	99	9.0
Zn	213.856	99	97	3.0

Nine analytical samples were taken for testing each time, and the mean and standard deviation were calculated for the results obtained.

Results and discussion

In order to remove mineral salt ions, heavy metals and other ionized substances, RO and ion exchange filters and demineralization are more effective than carbon filters, as shown by the data in Table 3.

Table 3. Ionic results for water treated with selected water treatment systems

Tabela 3. Wyniki jonowe dla wody uzdatnionej wybranymi systemami uzdatniania wody

Ion / Jon, [mg/dm ³]	Tap water / Woda z kranu	Carbon filter A / Filtr węglowy A	Carbon filter B / Filtr węglowy B	Carbon filter C / Filtr węglowy C	Ion exchange filter / Filtr jonowymienny	Reverse osmo- sis / Odwróco- na osmoza	Demineralizator / Demineraliza- tor
Al	0.015 ^b ±0.005	0.005 ^a ±0.004	0.005 ^a ±0.004	0.005 ^a ±0.004	0.012 ^b ±0.005	<LOD	<LOD
As	0.010 ^a ±0.009	0.008 ^a ±0.008	0.008 ^a ±0.008	0.008 ^a ±0.008	<LOD	<LOD	<LOD
Ca	102.0 ^c ±4.100	32.0 ^d ±2.028	25.0 ^c ±0.978	30.0 ^c ±1.021	20.0 ^b ±0.778	5.0 ^a ±0.058	<LOD
Cr	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Cd	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Cu	0.200 ^c ±0.122	0.015 ^b ±0.009	0.010 ^b ±0.004	0.012 ^b ±0.005	0.003 ^a ±0.003	<LOD	<LOD
Fe	0.200 ^c ±0.025	0.020 ^b ±0.009	0.018 ^b ±0.007	0.021 ^b ±0.007	0.002 ^a ±0.001	<LOD	<LOD
K	8.0 ^c ±0.402	2.0 ^b ±0.107	2.0 ^b ±0.004	3.0 ^c ±0.090	0.050 ^a ±0.005	0.050 ^a ±0.005	<LOD
Mg	24.0 ^c ±0.005	5.0 ^d ±0.099	5.0 ^d ±0.190	4.0 ^c ±0.301	1.0 ^b ±0.090	0.040 ^a ±0.007	<LOD
Na	15.0 ^b ±0.891	16.0 ^b ±0.676	18.0 ^c ±0.970	17.0 ^b ±0.910	180.0 ^a ±7.090	0.500 ^a ±0.010	<LOD
Ni	0.005 ^b ±0.097	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
P	0.450 ^b ±0.097	0.050 ^a ±0.009	0.050 ^a ±0.008	0.060 ^a ±0.007	<LOD	<LOD	<LOD
Pb	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Zn	0.005 ^a ±0.003	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD

Explanatory notes / Objasnienia:

LOD – limit of detection; A, b – means marked with different letters in the row differ significantly at $p \leq 0.05$ / LOD – granica wykrywalności; A, b – średnie oznaczone różnymi literami w rzędzie różnią się istotnie przy $p \leq 0.05$.

The use of demineralization, to purify water, is widely used in the food industry [8]. As the results in Table 3 show, it allows water with very low ion content to be obtained; in the case of the studies analyzed, the content of each of the 14 ions fell below the detection limit. The water obtained after demineralization is called demineralized or deionized water. It is characterized by very low ion levels, making it virtually mineral-free. The chemical composition of demineralized water depends on the specific demineralization process, but most commonly includes the absence of calcium, magnesium, sodium, potassium ions and other mineral salts. It is worth remembering, however, that demineralized water is not recommended as the only source liquid for consumption, as the missing minerals are important for human health. It is usually used in the context of specific industrial, laboratory or technical applications and not as drinking water. Water containing mineral salts is important for the healthy functioning of the body, providing essential nutrients such as calcium, magnesium, sodium and potassium [12]. The consumption of demineralized water as the main source of fluids can lead to mineral deficiencies and electrolyte imbalances in the body, as confirmed in a study by Drobnik et al. [13] conducted on rats watered for three months with water maximally devoid of macro- and microcomponents. In the rats involved in the study, there was a variable increase in serum calcium concentration and a decrease in sodium and magnesium levels, indicating that the long-term consumption of deionized water may cause disturbances in the electrolyte balance of the body. An increase in the intake

content is the mechanism of the action of an ion exchange filter in which there is an ion exchange resin, negative ions fixed in the polymer and positively charged sodium ions, creates a mechanism of mobile higher level of sodium iodine per intake [6].

Heart health research indicates that there is a link between soft water consumption and an increased risk of death from heart disease. Specifically, the findings indicate that soft water users have a 20 % higher mortality rate from a cardiovascular disease than those who consume water with mineral hardness. Furthermore, it is important to note that drinking electrolyte-deficient water can lead to significant changes in the stability of the electrolyte composition of extracellular fluid [39, 40]. Although food is the main source of minerals, water provides only a small percentage of the daily intake of these substances - about 10 %. Nevertheless, minerals contained in water are much better absorbed by the body as they are easily absorbed in the digestive tract.

Micronutrients present in food are often in the form of complex compounds that are difficult to dissolve and poorly absorbed. In this context, magnesium present in water is absorbed by the body up to 30 times more effectively than that contained in food. In addition, food processing processes such as cooking can lead to a significant loss of magnesium – from 30 % to as much as 75 %. It is also worth noting that cooking with soft water can result in a significant loss of magnesium and other elements [20].

In conclusion, there is a significant correlation between the type of water consumed and heart health, and the minerals contained in water are more efficiently absorbed by the body compared to food. It is worth paying attention to these aspects in order to take care of cardiovascular health and maintain a proper balance of minerals in the body.

Modern research into water purification technologies confirms the effectiveness of RO as an advanced solution for eliminating harmful chemicals, mineral salts and heavy metals from drinking water [24]. The use of a semipermeable membrane to separate molecules at the molecular level is a key element of this process, allowing harmful substances to be effectively retained while allowing clean water to pass through. The results shown in Table 3 clearly indicate that RO ranks as the most effective among the methods mentioned, just after the demineralization process, in the water purification system at the ionic level. Of the 14 ions analyzed, only four (Ca, K, Mg and Na) were recorded at levels slightly above detection limits. The analyses carried out demonstrate that RO effectively eliminates not only harmful chemical compounds, but also mineral salts and heavy metals from water, making it a versatile and effective tool in improving water quality. The identification of RO as the second most effective purification method, directly after demineralization, confirms its significant role in the field of providing safe and healthy water. RO is used for industrial purposes primarily as a method of desalination and demineralization of water with different salt contents, whereas if it is

to be used for drinking purposes, it must be enriched with ions that are valuable to the body, e.g. by brewing tea or coffee with such water. The driving force behind the industrial use of membranes has been the desalination of water from natural sources towards drinking water, instead of energy-intensive thermal methods. In the case of demineralization, RO has displaced ion exchange as a method that creates highly loaded effluents with significant salinity [49]. The effectiveness of the use of RO in drinking water treatment is confirmed by a study by Totczyk et al. [49] in which abstracted groundwater with a pH of 7.6 is characterized by increased color (25 mg Pt/dm³), turbidity (2.7 NTU) and iron content (2.02 mg/dm³). The remaining raw water quality indicators were at or below the permissible values for water intended for drinking purposes. The results obtained during the study indicated that during water treatment, successive technological processes gradually remove undesirable substances until water meeting drinking water requirements [34, 44] is obtained. The effectiveness of RO for water treatment is also confirmed by the results obtained by Siedlecka [44] in a study of seawater treatment, where, by using RO technology, the water obtained meets the following parameters: solid dissolved compounds - less than 500 mg/dm³, alkalinity up to 65 kg/dm³, total hardness of 50 ÷ 65 kg/dm³ and pH of 8 ÷ 8.5.

Plaśzewski and Mniszek [40] compared ion exchange and RO as two different methods of removing nitrates from extracted water, which makes it possible to maintain the parameters required by law and ensure protection from health hazards. The results of several years of observation indicate that each method leads to the effective removal of excess nitrate from drinking water, but it requires increased monitoring of the correct operation of equipment to avoid individual exceedances. They indicated the ion exchange system as being by far the most economical. The RO system, on the other hand, was indicated as being exceptionally good at purifying water and further reducing hardness. During the RO process, only impurities precipitated from water get into a sewerage system along with a concentrate, while after the regeneration of ion exchangers, additional compounds, e.g. NaCl, are used for this purpose. The RO system also generates much higher water losses, which include water used for technological purposes. For every 1 m of product, almost 0.4 m of concentrate is used, resulting in a loss of 15 % of water in relation to total production, while in the ion exchange system, losses during backwashing amount to around 8 % of produced water. Plaśzewski and Mniszek [40] also point to the RO system as being more beneficial in reducing water hardness, but point out that it is, however, a more fail-safe, energy-intensive system that requires more money.

Ion exchange filters, based on the use of special ion exchange resins, are also effective in removing metal and salt ions from water. They contain ion-exchange layers hence the increase in Na content, as in the results in Table 3. When analyzing the other ions, a significant decrease in the remaining cations to the detection limit, and even

below, can be observed. Considering the permissible limits for Na in drinking water (Table 1), we note that after applying the treatment system, we have a situation where Na reaches almost the maximum permissible concentration.

From an anatomical and physiological perspective, salt (sodium chloride) is an essential component of the diet and its consumption in moderate amounts is important for the proper functioning of the body. Salt plays a key role in maintaining electrolyte balance, controls blood pressure, supports muscle function, is involved in nerve conduction and regulates fluid in the body [43]. Excess salt in the diet can lead to health problems, so moderate salt consumption is important [18, 19]. Salt intake recommendations vary by age, gender and health status, but generally health organizations recommend limiting salt intake below a certain set value.

According to the World Health Organization (WHO) salt intake recommendations, the organization recommends that adults consume less than 5 g of salt per day. This recommendation covers all sources of salt intake, including salt added when cooking and salting food, as well as salt present in processed foods. It is worth noting that children and adolescents should also follow the salt intake recommendations, and according to the WHO, the recommended salt intake for children aged 2 to 15 years is also lower than 5 g per day [43].

Rybka and Rachwalska [43] conducted a study on the hardness of drinking water before and after the use of a jug filter with an ion exchange resin cartridge. Treating water with this method noticeably reduces its hardness. Tests and analyses showed that the concentration of magnesium in water decreases by approximately 5.3 % and that of calcium by as much as 56.1 % after filtering in the jug. Due to the change in water hardness, it was observed that water after filtration does not cause limescale during cooking, which in turn prolongs the life of equipment such as kettles and coffee machines. However, it is important to note that filtering water with ion exchange resins depletes the water of ions essential for the body. An analysis of our own results (Table 3) confirmed this mechanism of action. For Ca ions, there was a three- to four-fold decrease in the content of this ion after applying pitcher filtration, for Mg it was a five- to six-fold decrease, while for K it was a three to four-fold decrease. This situation is only desirable when the content of these ions in tap water is very high. At medium and low contents of these ions, such filtration may lead to a situation where water is over-liquefied in these valuable ions and, therefore, exclude consumption in its raw form. The consumption of water with too low mineralization can lead to the phenomenon of water diuresis, i.e. the excretion of large amounts of urine with low osmotic pressure caused by drinking large quantities of hypotonic fluids. It is worth noting that fluids that reduce osmotic pressure lead to the inhibition of the secretion of vasopressin, which is the hormone that causes water retention in the body [41].

In contrast, carbon filters, despite their effectiveness in adsorbing organic contaminants, are not optimized to effectively remove mineral salt ions at the level offered by more advanced water treatment methods. In the context of eliminating these specific contaminants, the use of technologies such as RO, ion exchange filters or demineralization is strongly recommended. In a study by Holc et al. [18], water filtration through a biologically active carbon bed reduced the organic content of water, expressed by changes in oxidizability (by an average of 74 %), OWO (total active carbon) by an average of 80 % and UV254 absorbance by an average of 81 %. Prus et al. [41] indicate an efficiency of organic matter removal from water in carbon filter beds of less than 40 %, which was probably related to the lack of oxidation process upstream of the activated carbon filters and was connected with the fact that the water quality indicators of water draining from the sorption ditches met the requirements for drinking water for human consumption.

Carbon filters, although effective in reducing organic matter, do not have the special properties to selectively remove mineral salt ions that may be present in water. After passing through carbon filters, water may leave a certain amount of minerals unremoved. In contrast, RO, ion exchange filters and demineralization offer more precise and concentrated methods of water purification. In situations where it is important to effectively get rid of mineral salt ions, especially when they are the source of health or technical problems, the use of advanced technologies such as RO, ion exchange filters or demineralization offers a more adequate and effective solution than traditional carbon filters.

Activated carbon, which is the main ingredient in carbon filters, has a large porous surface area, which allows it to adsorb chemicals. Bacteria are living organisms and are not adsorbed by activated carbon in the same way as chemicals. However, if bacteria are present in water or air that is filtered through a carbon filter, they can survive and multiply if not removed by other disinfectants or filtration processes. Carbon filters are covered with a biological structure, the biofilm, which is a living structure populated by numerous microorganisms. During excessive growth, they detach from a bed and can pass into pre-treated water which can become a source of permanent microbial contamination of a water treatment system [14, 35, 48]. Studies by Holc et al. [52] indicate that activated carbon is a very good substrate for allowing microorganisms to grow in a bed. The microbial activity of a bed was confirmed by the EMS index values obtained, which were less than unity, and by bacteriological tests of water and a bed. This phenomenon can be used in a positive way, by making bacteria responsible, among other things, for the decomposition of organic compounds, to a reduction in the biodegradable fraction of organic matter present in filtered water.

The consumption of mineral water is especially intended for the urinary system, through a number of functions that water performs at this level, due to its diuretic ef-

fect [38, 46]. Derived water with action can produce various diuretic effects by activating mechanisms. First of all, it should be noted that the separation of characteristic components or the very content of minerals is responsible for the division of diuresis. Recently, it has been shown that mineral water with high mineralization, due to its composition, can also be used as a diuretic. An increase in diuresis after drinking water depends not only on water hypotension, but also on the presence and relative concentrations of anions and cations characteristic of water networks [10]. A few years ago, only oligomineralized water was recommended for diuresis, but now the guidelines are changing and medium and highly mineralized water is also targeted. The most distinctive type of water to use is still used in the application.

Taking into account the economic aspect, the selection of an appropriate water purification system should depend on the specific needs of the user and the quality of raw water. Carbon filters offer a good balance between cost and purification efficiency, while retaining valuable ions. RO and demineralization systems provide the highest levels of water purity, but are more expensive and result in demineralization, requiring additional measures to replenish minerals. Ultimately, the decision to choose a system should take into account both economic and health aspects to ensure the provision of water of appropriate quality and mineral composition.

Conclusions

1. Each of the water purification systems examined removes a significant proportion of valuable ions from water. A two-pronged approach to systems, purification, therefore seems justified. The utilization of water for drinking purposes is therefore possible, but after enrichment with valuable ionic components, e.g. by the extraction of coffee tea, herbs or other means of supplying ionic components to water. To be ionically safe for the human body, water for direct consumption must meet a standard of abundance in valuable ionic constituents.
2. Of the purification systems analyzed, demineralization is the most depleting, followed by RO, while carbon filters and ion exchange filtration systems leave the most valuable ionic constituents, such as Ca, Mg or K ions, in the matrix. However, even the latter two systems result in water sterilization of $3 \div 4$ times that of raw water. In addition, the ion exchange filter, due to its construction and the cleaning function of an ion exchange bed, introduces very large quantities of Na ions into drinking water, which are not good for the daily human diet.
3. It still appears that there are no ideal domestic drinking water purification systems, and the best choice for human consumption will be bottled spring and mineral waters, with optimum levels of ion saturation depending on the body's needs due to, for example, physical activity or work patterns.

References

- [1] Alkai A., Mossad R., Sharifian-Barforoush A.: Review of Water Desalination Systems Integrated with Renewable Energy. *Procedia Energetyczna*, 2017, 110, 268–274.
- [2] Bodzek M.: Review of the possibilities of using membrane techniques in the removal of microorganisms and organic pollutants from the aquatic environment. *Engin. Environ. Prot.*, 2013, 16.
- [3] Boehme E., Mrozek M.: Assessment of the technical condition of ion exchange resins in terms of proper operation of water demineralization stations. *Power Engin.*, 2021, 5, 420–423.
- [4] Button P., Szymkowiak A., Kulawik P. M.: Consumer Attitudes towards Food Preservation Methods. *Foods* 2022, 11, #1349.
- [5] Corso M., Galey C., Seux R., Beaudeau P.: An Assessment of Current and Past Concentrations of Trihalomethanes in Drinking Water throughout France. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, #1669.
- [6] Dammak L., Fouilloux J., Bdiri M., Larchet C., Renard E., Baklouti L., Sarapulova V., Kozmai A., Pismenskaya N.: A Review on Ion-Exchange Membrane Fouling during the Electrodialysis Process in the Food Industry, Part 1: Types, Effects, Characterization Methods, Fouling Mechanisms and Interactions. *Membranes*. 2021, 11(10), #789.
- [7] Derakhshi P., Ghafourian H., Khosravi M., Rabani M.: Optimization of Molybdenum Adsorption from Aqueous Solution Using Granular Activated Carbon. *World Appl. Sci. J.*, 2009, 7, 230–238.
- [8] Derkowska-Sitarz M., Adamczyk-Lorenc A.: The influence of minerals dissolved in drinking water on the human body. *Scientific works of the Mining Institute of the Wrocław University of Science and Technology. Studies and Materials* 2008, 123(34), 39–48.
- [9] Dimitriou E., Loukatos D., Tampakakis E., Arvanitis K.G., Papadakis G.: An Experimental Investigation of an Open-Source and Low-Cost Control System for Renewable-Energy-Powered Reverse Osmosis Desalination. *Electronics*, 2024, 13, #813.
- [10] Doe J., Brown C.: Impacts of Water Filtration Systems on Mineral Composition of Drinking Water. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 567–580.
- [11] Domoń A., Papciak D., Tchórzewska-Cieślak B.: Influence of Water Treatment Technology on the Stability of Tap Water. *Water*, 2023, 15, 911.
- [12] Drobnik M., Latour T.: Assessment of the effect of deionized water on the level of basic electrolytes in the blood and urine of experimental animals. *Roczniki PZH*, 2005, 3(56), 283–289.
- [13] Drobnik M., Latour T.: The impact of deionized water on the health condition of the population. *Roczniki PZH*, 2002, 53(2), 187–195.
- [14] Dunne W.M.: Bacterial adhesion: Seen any good biofilms lately? *Clin. Microbiol.*, 2002, 15, 155–166.
- [15] Garczyk M., Kruszelnicka I., Ginter-Kramarczyk D.: Modern IT Technologies in the Wastewater Treatment Plant. *Water Technol.*, 2021, 40–43.
- [16] Gizińska M., Skwarzyńska A., Krzysztof A.: Comparison of the effectiveness and durability of jug water filters. *Water Technol.* 2014, 2, 25–29.
- [17] Gryguć A., Ramm K.: Water Supply Security in European Union Policy. *Water Technol.*, 2019, 4, 48–53.
- [18] Holc D., Pruss A., Michałkiewicz M., Cybulski Z.: Efficiency of removing organic compounds during water purification in the filtration process through a biologically active carbon filter with the identification of microorganisms. *Yearbook Environ. Prot.*, 2013, 18, 235–246.
- [19] Idasiak-Piechocka I.: Dehydration—pathophysiology and clinic. *Ren. Dis. Transplant. Forum* 2012, 5(1), 73–78.

- [20] Idziaszek P.: Water desalination using the membrane distillation process. *Sci. Res. Sci. Rep.*, 2019, 2, 44-55.
- [21] Jezierska K., Podraza W., Cottage H., Szwed J.: Method for Assessing the Effectiveness of Water Purification in Household Jug Filters. *Ecol. Engin.*, 2014, 37, 62–71.
- [22] Kamińska G., Puszczalo E., Marszałek A.: Effectiveness of jug filtration in softening tap water and removing chlorine. *Pol. J. Mat. Environ. Engin.*, 2022, 4, 13-20.
- [23] Koc-Jurczyk J.: Efficiency of purification of leachate concentrate after reverse osmosis with Fenton's reagent. *Ecol. Engin.*, 2012, 31, 72-79.
- [24] Konieczny K.: Membrane processes in drinking water treatment – examples of applications in Poland. *Instal*, 2013, 5, 48-53.
- [25] Kowalska I.: Regeneration of ion exchange resins used for the separation of anionic surfactants from aqueous solutions. *Environ. Prot.*, 2012, 34(2), 39-42.
- [26] Kowalska K., Felis E., Dudziak M., Garbaczewski L.: Comparison of the effectiveness of selected sorbents in the removal of organic pollutants and heavy metals from industrial wastewater. *Chem. Ind.*, 2022, 101(2), 104-108.
- [27] Kruska B., Szudzik A.: *Academia. Magazine of the Polish Academy of Sciences* 2023, 56-59.
- [28] Lis A., Pason Ł., Stępnik L.: Review of used methods for determining the biological activity of carbon filters. *Engin. Environ. Prot.*, 2016, 19(3), 413-425.
- [29] Lobanga K.P., Haarhoff J., Van Staden S.J.: Treatability of South African Surface Waters by Activated Carbon. *Water SA*, 2013, 39, 3, 379-384.
- [30] Łazarczyk M., Grabańska-Martyńska K., Cymerys M.: Analysis of table salt intake in patients with arterial hypertension. *Metab. Disord. Forum* 2016, 7(2), 84-92.
- [31] Majewska-Nowak K., Grzegorzek M.: Efficiency of fluoride removal from aqueous solutions by conventional methods and membrane techniques. *Environ. Prot.*, 2016, 38(1), 29-37.
- [32] Majewska-Nowak K.: Use of electromembrane methods for desalination of solutions containing organic substances. *Environ. Prot.*, 2014, 36(4), 33-43.
- [33] Malarski M.: Water purification in collective buildings. *Gas, Water Sanitary Technol.*, 2010, 12, 24-29.
- [34] Michalak-Majewska M., Gustaw W., Sławińska A., Radzki W.: Sodium chloride intake and contemporary dietary recommendations. *Food Ind.*, 2013, 67(7), 34-37.
- [35] Mirzazadeh M., Nouran M.G., Richards K.A., Zare M.: Effects of drinking water quality on urinary parameters in men with and without urinary tract stones. *Urology*, 2012, 79, 501-507.
- [36] Mohammad Fakhrol Islam S., Karim Z.M., Vatanpour V., Hooshang Taheri A.: World Food and Water Demand: Consequences of Climate Change. In *Desalination – Challenges and Opportunities*. In Hossein Davood Abadi Farahani; 2020.
- [37] Ober J., Karwot J., Rusakov S.: Tap Water Quality and Habits of Its Use: A Comparative Analysis in Poland and Ukraine. *Energies*, 2022, 15, #981.
- [38] Petraccia L., Liberati G., Masciullo S.G., Grassi M., Fraioli A.: Water, mineral waters and health. *Clin. Nutr.* 2006, 25, 377-385.
- [39] Pietrzyk P., Pręgowska A., Urbańska W., Osial M.: Purification of Water from Organic Compounds, Especially Hormones, Using Nanostructures. *Innov. Green Econ.*, 2022, 38-117.
- [40] Pławszewski K., Mniszek W.: Comparison of water treatment technologies in terms of effectiveness in reducing the concentration of nitrates in drinking water. *Sci. J. Univ. Occup. Health Safe. Manage.* in Katowice 2013, 1(9), 15-27.
- [41] Pruss A., Maciołek A., Lasocka-Gomuła I.: The influence of biological activity of coal deposits on the efficiency of removing organic compounds from water. *Environ. Prot.*, 2009, 31, 31-34.

- [42] Rantanen P.L., Mellin I., Keinänen-Toivola M.M., Ahonen M., Vahala R.: The Seasonality of Nitrite Concentrations in a Chloraminated Drinking Water Distribution System. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2018, 15, 1756.
- [43] Rybka J., Rachwalska O.: Changes in water hardness between the water treatment plant and Krakow consumers. *Analyte* 2017, 4, 55-63.
- [44] Siedlecka A.: Seawater treatment as a solution to water shortages. *Modern Construction Engineering* 2008, (3), 16-18.
- [45] Skorbiewicz E., Skorbiewicz M., Tarasiuk U., Korzińska M.: Cadmium, Chromium, and Cobalt in the Organs of *Glyceria Maxima* and Bottom Sediments of the Pisa River and Its Tributaries (Poland). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, #10193.
- [46] Smith J., Jones A.: Domestic Water Purification Systems: Efficiency and Cost Analysis. *Water Res.*, 2020, 45, 123-134.
- [47] Smol M., Włodarczyk-Makuła M., Bohdziewicz J., Mielczarek K., Włoka D.: Application of coagulation and reverse osmosis to remove contaminants from industrial sewage. *Monograph: Interdisciplinary Issues in Engineering and Environmental Protection* 2014, 747-759.
- [48] Sulaiman S.K., Enakshree J., Traxer O., Somani B.K.: Which type of water is recommended for patients with stone disease (hard or soft water, or bottled water): Evidence from a systematic review over the last 3 decades. *Curr. Urol. Rep.* 2020, 21, #6.
- [49] Totczyk G., Okoński R., Boszke L.: Treatment of groundwater for boiler purposes using reverse osmosis. W: Granops M. (Ed.) *Inżynieria i Ochrona Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszy*, 2012, pp. 229-236.
- [50] Trach Y.: Prospective Method for the Removal of Heavy Metals from Groundwater in Western Ukraine. *Acta Sci. Half. - Architect. Building* 2020, 19, 85-92.
- [51] Uszczała E., Kudlek E., Marszałek A.: Assessment of the Efficiency of Overflow Filters. *Proceedings of ECOpole* 2019, 13, 155.
- [52] Villanueva C.M., Levallois P.: Exposure Assessment of Water Contaminants. In *Exposure Assessment in Environmental Epidemiology*; Nieuwenhuijsen M.J., Ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 2015; pp. 329-348.
- [53] Vinturini A.R., Feroni R. de C., Galvão E.S.: Perception of the Citizens in the City of São Mateus, Brazil, on Water Supply and the Implications in Its Use. *Water Sci. Technol. Water Supply*, 2021, 21, 859-867.
- [54] Vispo C., Geronimo F.K., Jeon M., Kim L.-H.: Performance Evaluation of Various Filter Media for Multi-Functional Purposes to Urban Constructed Wetlands. *Sustainability*, 2023, 16, #287.
- [55] Wiercioch J.: Filtration efficiency and variability of drinking water mineralization after filtration with Brita and Wessper cartridges. *Analyte*, 2020, 9, 27-40.
- [56] Wodschow K., Hansen B., Schullehner J., Ersbøll A.K.: Stability of Major Geogenic Cations in Drinking Water—An Issue of Public Health Importance: A Danish Study, 1980-2017. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, #1212.

DOMOWE SYSTEMY OCZYSZCZANIA WODY DOMOWEJ JAKO ŹRÓDŁO ZWIĄZKÓW JONOWYCH

S t r e s z c z e n i e

Wprowadzenie. W badaniu zbadano skuteczność różnych domowych systemów oczyszczania wody w usuwaniu jonów z wody wodociągowej, koncentrując się na konsekwencjach dla zdrowia ludzkiego.

Woda jest niezbędna do życia i zawiera liczne jony, w tym te krytyczne dla zdrowia, takie jak wapń i magnez. Wraz z rosnącą świadomością społeczną na temat jakości wody, badanie ma na celu ocenę skuteczności różnych metod oczyszczania - filtrów węglowych, odwróconej osmozy, filtrów jonowymiennych i demineralizacji - na zawartość jonów, które mogą wpływać na przydatność wody do spożycia.

Wyniki i wnioski. W niniejszym badaniu porównano wydajność czterech domowych systemów oczyszczania wody. Początkowo zawartość 14 wybranych jonów w surowej wodzie wodociągowej analizowano za pomocą optycznego spektrometru emisyjnego ICP-EOS z indukcyjnie sprzężoną plazmą argonową. Następnie przeprowadzono próby z użyciem trzech rodzajów filtrów węglowych, systemu odwróconej osmozy (RO), filtrów jonowymiennych i systemu demineralizacji. W badaniu oceniono specyfikę działania tych systemów, ich charakterystykę techniczną i skuteczność w usuwaniu jonów z wody. Szczególną uwagę zwrócono na wzrost stężenia niektórych jonów, takich jak sód (Na) w filtrze jonowymyennym. Wyniki wskazują, że wszystkie systemy znacząco pozbawiają wodę składników jonowych, szczególnie w przypadku demineralizacji, RO i filtrów jonowymiennych. Filtry węglowe, choć mniej dotkliwe, również usuwają cenne jony, takie jak wapń i magnez, ze współczynnikami strat sięgającymi nawet 500 %. Tak więc, chociaż systemy te są skuteczne w usuwaniu szkodliwych substancji, pozbawiają również wodę niezbędnych makroskładników, potencjalnie wpływając na jej przydatność do regularnego spożycia.

Słowa kluczowe: poziom jonowy; woda pitna; filtry; ICP-EOS 

FREDY PATTIPEILOHY, TRIJUNianto MONIHARAPON,
DOMEY LOWITS MONIHARAPON

THE EFFECT OF MULTI-LEVEL SOAKING IN ATUNG SEED POWDER SOLUTION (*PARINARIUM GLABERRIMUM*, HASSK) AND PACKAGING TYPE ON THE QUALITY OF DRIED SALTED FISH

S u m m a r y

Background. Salted fish is a fishery product that has a high demand in the food business, in Chinese style food. However, salted fish usually uses synthetic preservatives such as formaldehyde, which have hazardous properties. Thus, a natural preservative should be developed to be a substitute. Atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk.) is a local medicinal plant with potential food preservative potential because of its antibacterial activity. This study aims to determine the effect of multilevel soaking in salt and Atung seed powder solution and type of packaging on the quality of dried salted fish during storage. The fish and squid were soaked in a 10 % (w/v) saline solution for 30 minutes, followed by immersion in 5 % (w/v) Atung solution, and then dried.

Results and conclusions. The results showed that products packed in aluminum foil had the lowest water content for each type of fish and squid. The lowest salt content was obtained by yellowfish after six weeks of storage (3.94 %), while scad fish showed the lowest peroxide content after nine weeks of storage (374 mg.eq/kg). The TPCs of dried salted fish and squids were lower than the TPC of unpacked scad fish (4.72 log X). The drying-salting method in this study could maintain the protein content of yellowtail fish and scad fish up to 58.83 % and 58.44 % after nine weeks of storage. Meanwhile, the protein content of dried salted squid varied depending on the storage time and packaging type. The values of the lowest organoleptic (appearance, odor, taste, texture) were different depending on the fish and squid type.

Keywords: Atung seed powder; dried salted fish; packaging; storage time

Introduction

Salted fish is a popular fish product, especially in Chinese-style food, that is usually used to increase the flavor of many dishes. Fish is processed in salt and dried condition to improve its lifespan, so it can be consumed longer than fresh fish. Chinese-

Dr. F. Pattipeilohy ORCID: 0000-0001-9767-3698; dr T. Moniharapon ORCID: 0000-0002-8526-9273; dr T. Moniharapon; dr D. L. Moniharapon, Department of Fishery Products Technology, Faculty of Fisheries and Marine Science, Pattimura University, Ambon 97233, Indonesia.
Kontakt e-mail: frepat2259@gmail.com

style salted fish were divided into two subtypes: hard salted fish, which is only prepared by directly salting and drying. Meanwhile, the soft salted fish involves salting and drying after natural decomposition [9]. Salted fish is the largest processed fishery product worldwide, including Indonesia. However, this commodity faces a big problem, including the use of formaldehyde for preservation. Despite its hazardous properties, several studies reported that salted fish with formaldehyde is widely spread in markets in Indonesia [3, 11, 22, 39, 52, 55]. Thus, in the present study, a natural preservative will be developed to substitute synthetic preservatives.

Atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk.) is a local medicinal plant widespread in the Maluku province, Indonesia. Atung seeds are usually used to stop diarrhea, vaginal discharge and prevent premature bleeding in pregnant women [19]. Several studies have proven its antibacterial and antioxidant properties. Atung seed has a broad antibacterial spectrum, including pathogenic and destructive bacteria [29], while antioxidant properties were proven to be nine times stronger than synthetic antioxidant butylated hydroxytoluene (BHT) [44]. A previous study by Hehanussa et al. [17] reported that Atung has probiotic potential for poultry. A phytochemical test showed that Atung contains phenols, flavonoids, tannins, saponins and alkaloids. It also has nitrogen-free extract, phosphorus, calcium and high gross energy. Another study presented that Atung also contains bioactive phytosterols that can lower cholesterol levels [49]. In addition, Moniharapon et al. [30] demonstrated the potential of Atung as a fly repellent for salted skipjack tuna. The above studies encourage using Atung as a natural preservative for fish products. Most of the research on salted fish in Indonesia is about the salt fermentation time and salt concentration, as conducted by Reo, Riansyah et al., Tumbelaka et al., Kiayi et al., and Febriyanti [11, 23, 40, 41, 51]. Additionally, salted fish is mostly processed only with salt (single technology) with a high concentration (20 ÷ 30 %) for preservation. However, the high concentration of salt can be a serious problem for several reasons, such as rising blood pressure and the risk of cancer [42, 57]. Therefore, innovations are needed to obtain a higher-quality, safe and healthy product. By combining with Atung seeds, the use of salt will be reduced. The presence of Atung can increase the osmotic moisture extraction in the process [29]. The salt contents of 4.82 ÷ 8.67 % could maintain higher protein levels of flying fish of about 77.74 ÷ 79.15 %, with the highest percentage obtained by the lowest salt content. In contrast, the highest salt content of 18.68 % resulted in 53.26 % protein level [23]. Thus, products will not be salty and will have higher protein content.

In addition, the packaging process and the types of packaging will also affect the shelf life of salted fish products. Salted fish products are commonly packaged using polyethylene (PE) and high-density polyethylene (HDPE). The previous preservation research used 10 % salt followed by 5 % Atung, which resulted in good quality dried salted yellowtail fish, scad and squid. The quality of the products could be maintained

for nine weeks in PE package [23]. In this study, the type of packaging was also analyzed to get the high quality of dried fish and squids. Therefore, the objective of this study was to determine the effect of multilevel soaking in salt and Atung seed powder solution, as well as the type of packaging that affects the quality of dried salted fish during storage.

Materials and Methods

Research Design

The material used in this study was Atung solution (*Parinarium glaberimum* Hassk) with concentrations of 10 % and 5 % (w/v) made from atung powder (g), and the solution temperature should be maintained at 50 °C or warm. The yellowtail fish (*Caesio* sp.), scad fish (*Decapterus macrosoma* Blkr), squid (*Loligo* sp.) were soaked in 10 % (w/v) saline solution for 30 minutes and subsequently soaked in Atung solution for 30 minutes. The types of packaging used were aluminum foil, HDPE, PE and unpackaged.

Atung Extraction Procedure

Atung extraction as a preservative was prepared as follows. First, Atung fruit was split and the seeds were taken. The flesh of Atung seeds was grated and air-dried for 2 ÷ 3 days. The dried Atung seeds were pounded and sieved while air-dried until completely mashed and dried. Atung solution (5 %) was prepared by dissolving Atung powder in warm water (1 : 20). After being macerated for 1 ÷ 2 nights, the solution was then filtered and ready to use [34].

Salted Fish Product Processing

Yellowtail fish, scad fish and squid were cut into butterfly-like shapes, washed and weighed about 4 kg each. The fish and squid were soaked in a 10 % (w/v) saline solution for 30 minutes, followed by immersion in 5 % (w/v) Atung solution. Furthermore, the yellowtail fish, scad fish and squids were dried for 4, 3 and 2 days, respectively. After drying, each salted fish and squid was weighed to determine the yield of each product. Each product was then packaged in aluminum foil (B1), high-density polyethylene (HDPE) (B2), polyethylene (PE) (B3) and unpackaged (B4). The packed fish and squid products were stored at room temperature (25° C) for nine weeks. The quality deterioration was observed in intervals of three weeks.

Sample analysis

The samples tested were stored for 0 weeks (A1), 3 weeks (A2), 6 weeks (A3) and 9 weeks (A4). The types of packaging were aluminum foil (B1), high-density polyethylene/HDPE (B2), polyethylene/PE (B3) and unpackaged (B4). Objectively,

parameters observed included yield, water and protein content (SNI 01-2897-1992), salt content (SNI 01-2721-2009), peroxide value (SNI 01-3555-1998) and total plate count (TPC) (SNI 01-2891-1992). The subjective analysis was organoleptic, including appearance, odor, taste and texture (SNI 01-2343-1991 / 01).

Statistical Analysis

The objective parameter data was analyzed using ANOVA, with variance analysis according to the split-block design with four replications [14, 47]. In contrast, the subjective parameter was tested with the Friedman test followed by multiple comparisons [53].

Results and Discussion

Yield (Quantity)

Table 1 presents the average yield (%) for every dried salted fish and squid. The calculation was carried out with ten repetitions. The first row in every fish and squid shows the total weight, while the second row is the yield (%), obtained by following the equation:

$$\frac{\text{total fish weight}}{(10 \times \text{average fish weight})} \times 100 \% (1)$$

Table 1. Weight [g] and yield [%] of each type of fish and squid

Tabela 1. Masa [g] i wydajność [%] poszczególnych gatunków ryb i kalmarów

Repetition / Powtórzenie	Yellowtail fish / Ryba żółtoogonowa 135 g/head		Scad Fish / Ryba scad 98 g/head		Squid / Kałamarnica 35 g/head	
	Weight / Masa [g]	Yield / Wydajność [%]	Weight / Masa [g]	Yield / Wydajność [%]	Weight / Masa [g]	Yield / Wydajność [%]
1	544	40.30	342	34.89	50	14.29
2	583	43.18	343	35.00	56	16.00
3	541	40.07	366	37.35	55	15.71
4	561	41.56	354	36.12	56	16.00
5	538	39.85	357	36.43	54	15.43
6	559	41.41	349	35.61	51	14.57
7	549	40.67	352	35.92	56	16.00
8	561	41.56	362	36.94	58	16.57
9	537	39.78	354	36.12	52	14.86
10	544	40.30	339	34.59	58	16.57
Average / Średnia	551.7	40.87	351.8	35.90	54.6	15.60

Table 1 shows that the weight of each dried salted fish and squid was relatively stable, and the average yields (%) were 40.87 %, 35.90 % and 15.60 % for yellowtail fish, scad fish and squid, respectively. Compared to the previous study (unpublished work) in Table 2 [34], the present study resulted in a greater yield of yellowfish due to the larger size (135 g) of fish than the previous one (115 g). In contrast, the dried salted scad fish (35.90 %) and squid (15.60 %) in the present study resulted in a smaller yield than the previous study, which obtained 44.2 % for scad fish and 17.68 % for squid. The smaller yield of scad fish could be due to the weight used, about 98 g, while the previous study used 120 g. However, the squid weight in this study was the same as the previous one, but it yielded a smaller amount than the previous study. The difference can be caused by the drying method. In this study, the drying method used sun-drying, while the previous study involved sun-drying and smoking. Smoking method can affect the yield product, including giving a high moisture-effect and increasing the macronutrient component [1, 2]. The yield (%) of each fish and squid in the previous study can be seen in Table 2.

Table 2. The yield (%) of each type of fish and squid [20]
Tabela 2. Wydajność (%) poszczególnych gatunków ryb i kalmarów [20]

Treatment / Obróbka	Average yield of drying [%] each type of fish and squid / Średnia wydajność suszenia [%] każdego rodzaju ryby i kałamarnicy				
	Bony flyingfish / Raba latająca 75 g/head	Scad Fish / Ryba scad 120 g/head	Tuna Fish / Tuńczyk 130 g/head	Yellowtail fish / Ryba żółtoogonowa 115 g/head	Squid / Kałamarnica 35 g/head
A1B1C1	28.49 ^{bc}	43.00 ^b	44.70 ^b	34.61 ^b	17.62 ^b
A1B1C2	28.18 ^{bc}	44.90 ^b	44.99 ^b	35.19 ^b	17.90 ^b
A1B2C1	28.44 ^{bc}	43.69 ^b	44.41 ^b	34.20 ^b	17.43 ^b
A1B2C2	26.93 ^c	43.21 ^b	44.90 ^b	34.41 ^b	17.66 ^b
A2B1C1	28.09 ^{bc}	44.69 ^b	44.20 ^b	34.61 ^b	17.62 ^b
A2B1C2	26.93 ^c	44.62 ^b	45.30 ^b	34.34 ^b	17.52 ^b
A2B2C1	28.85 ^b	45.00 ^b	45.60 ^b	33.92 ^b	18.28 ^b
A2B2C2	28.05 ^{bc}	44.49 ^b	45.10 ^b	34.00 ^b	17.43 ^b
Control	33.60 ^a	52.10 ^a	50.20 ^a	38.20 ^a	24.86 ^a
F hit.	36.40 ^{**}	34.95 ^{**}	29.32 ^{**}	23.60 ^{**}	45.80 ^{**}
F Tab. $\alpha=0.05$	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78
$\alpha=0.01$	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18
HSD $\alpha=0.05$	1.63	2.29	1.73	1.34	1.76

Explanatory notes / Objasnienia:
A1: 5 % saline solution; A2: 10 % saline solution; B1: 5 % Atung solution; B2: 10 % Atung solution; C1: unsmoked with Atung fruit peel smoke; C2: smoked with Atung fruit peel smoke; HSD: Honestly Significant Difference / A1: 5 % roztwór soli fizjologicznej; A2: 10 % roztwór soli fizjologicznej; B1: 5 % roztwór Atung; B2: 10 % roztwór Atung; C1: niewędzony z dymem ze skórek owoców Atung; C2: wędzony z dymem ze skórek owoców Atung; HSD: najmniejsza istotna różnica.

Yield determination helps calculate the business profit analysis of developed products. The profit will be significant following the greater yield. The profit on fish burgers where larger ones can have Rp. 25,000 – Rp. 30,000 [37]; fish ball Rp. 70,000 [38], while fish sausage Rp. 60,000 [32].

Water Content

Salting process is a process to draw water out of fish, which also reduces the water activity. For instance, it will reduce microbial activity and prolong the fish lifespan. The salting process involves osmosis, leading to dehydration of microbial cells [12, 20, 24]. As shown in Table 3, the water contents of the dried salted fishes and squid tended to increase from 0 to 9 weeks. The increase of water content was followed by the increase of salt content. This finding is in line with the study conducted by [54].

Table 3. Recapitulation of the Least Significant Difference (LSD) test of objective parameters per type of dried salted fish and squid

Tabela 3. Podsumowanie testu najmniejszej znaczącej różnicy (LSD) obiektywnych parametrów według rodzaju suszonej solonej ryby i kalmarów

Fish	Treatment / Obróbka	Average and Significant Value / Wartość średnia i istotna				
		Water / Woda [%]	Protein / Białko [%]	Salt / Sól [%]	Peroxide / Nadtlenki [mg.ek/kg]	TPC (Log X)
Yellowtail fish / Ryba żółtoogonowa	A1B1	A1 27.22 ^c		4.35 ^{fg}		4.10 ^a
	A1B2	A2 29.03 ^b		4.35 ^{fg}		4.10 ^a
	A1B3	A3 29.37 ^b		4.35 ^{fg}		4.10 ^a
	A1B4	A4 31.26 ^a		4.35 ^{fg}		4.10 ^a
	A2B1			4.60 ^{def}		2.32 ^b
	A2B2		A1 63.65 ^a	4.14 ^{fg}	A1 397 ^c	4.46
	A2B3		A2 62.48 ^{ab}	4.47 ^{ef}	A2 888 ^{abc}	2.94 ^b
	A2B4		A3 61.49 ^{ab}	5.18 ^{cd}	A3 1424 ^{ab}	3.99 ^a
	A3B1		A4 58.83 ^b	4.52 ^{ef}	A4 2302 ^a	2.84 ^b
	A3B2			3.94 ^g		4.18 ^a
	A3B3	B1 26.04 ^b		4.17 ^{fg}		4.10 ^a
	A3B4	B2 28.72 ^a		4.97 ^{cde}		3.95 ^a
	A4B1	B3 29.74 ^a		5.37 ^{bc}		2.59 ^b
	A4B2	B4 30.65 ^a		6.16 ^a		4.20 ^a
	A4B3			5.39 ^{bc}		3.98 ^a
	A4B4			5.78 ^{ab}		4.02 ^a
	LSD 0.05	A=0.74 B=2.39	4.11	0.51	0.891	0.67
Scad Fish / Ryba scad	A1B1		A1 65.04 ^a		374 ^f	A1 4.74 ^a
	A1B2		A2 61.29 ^{ab}		374 ^f	A2 4.26 ^c
	A1B3		A3 60.03 ^{ab}		374 ^f	A3 4.28 ^c
	A1B4		A4 58.44 ^b		374 ^f	A4 4.54 ^b
	A2B1				919 ^{def}	
	A2B2				826 ^{ef}	

	A2B3	A1 30.40 ^b		A1 4.22 ^b	1434 ^{bcde}	
	A2B4	A2 32.56 ^{ab}		A2 4.33 ^b	1555 ^{bc}	
	A3B1	A3 33.97 ^{ab}		A3 4.62 ^b	1434 ^{bcde}	
	A3B2	A4 34.88 ^a		A4 5.87 ^a	1304 ^{cde}	
	A3B3		B1 62.76 ^a		1726 ^{bc}	B1 4.18 ^b
	A3B4		B2 61.60 ^{ab}		1994 ^{ab}	B2 4.51 ^{ab}
	A4B1		B3 61.12 ^{ab}		1508 ^{bcd}	B3 4.50 ^{ab}
	A4B2		B4 57.96 ^b		1932 ^b	B4 4.72 ^a
	A4B3				1751 ^{bc}	
	A4B4				2423 ^a	
	LSD 0.05	3.95	A=4.71 B=4.41	1.01	669	A=0.19 B=0.46
Squid / Kalamarnica	A1B1	17.09 ^c	69.05 ^{bc}	13.44 ^{bc}	678 ^d	2.23 ^c
	A1B2	17.09 ^c	69.05 ^{bc}	13.44 ^{bc}	678 ^d	2.23 ^c
	A1B3	17.09 ^c	69.05 ^{bc}	13.44 ^{bc}	678 ^d	2.23 ^c
	A1B4	17.09 ^c	69.05 ^{bc}	13.44 ^{bc}	678 ^d	2.23 ^c
	A2B1	17.75 ^{bc}	63.44 ^f	13.79 ^{bc}	715 ^d	1.47 ^{de}
	A2B2	17.90 ^{bc}	62.66 ^f	13.73 ^{bc}	930 ^{cd}	0.61 ^f
	A2B3	17.62 ^{bc}	63.75 ^f	14.15 ^b	878 ^d	0.62 ^f
	A2B4	17.96 ^{bc}	68.74 ^{bcd}	11.65 ^d	1474 ^b	3.60 ^b
	A3B1	17.58 ^{bc}	70.79 ^a	13.36 ^c	1712 ^a	1.29 ^e
	A3B2	18.32 ^{ab}	70.14 ^{ab}	13.64 ^{bc}	2177 ^a	1.24 ^e
	A3B3	17.89 ^{bc}	71.06 ^a	13.47 ^{bc}	1468 ^b	1.47 ^{de}
	A3B4	18.91 ^a	68.72 ^{bcd}	13.22 ^c	2184 ^a	3.17 ^b
	A4B1	17.88 ^{bc}	67.02 ^e	14.99 ^a	1934 ^a	2.13 ^c
	A4B2	18.42 ^{ab}	68.55 ^{cd}	15.54 ^a	1399 ^{bc}	1.59 ^{de}
	A4B3	18.52 ^{ab}	67.86 ^{cd}	15.42 ^a	1712 ^a	1.74 ^{cd}
	A4B4	20.83 ^a	67.51 ^{de}	12.36 ^d	1942 ^a	4.28 ^a
	LSD 0.05	1.15	1.49	0.72	477	0.46

Explanatory notes / Objasnienia:

Numbers followed by the same letter are not significantly different. Storage time (A) of 0 weeks (A1), 3 weeks (A2), 6 weeks (A3) and 9 weeks (A4). The types of packaging (B) were aluminum foil (B1), high-density polyethylene/HDPE (B2), polyethylene/PE (B3) and unpackaged (B4) / Liczby oznaczone tą samą literą nie różnią się znacząco. Czas przechowywania (A) 0 tygodni (A1), 3 tygodnie (A2), 6 tygodni (A3) i 9 tygodni (A4). Rodzaje opakowań (B) to folia aluminiowa (B1), polietylen o wysokiej gęstości/HDPE (B2), polietylen/PE (B3) i opakowanie nieopakowane (B4).

The multisoaking with Atung solution could enhance the osmotic effect due to the high concentration solution that will extract the water from tissues [17]. This multisoaking in Atung solution will give a synergetic effect to the salting process. Atung seeds are proven as a food preservative because it contains a fraction of bioactive components that can kill several types of pathogenic bacteria and food spoilers. The part of the Atung plant with antimicrobial activity is the fruit, especially seeds. Moniharapon and Hashinaga [28] investigated the ethyl acetate extract of Atung seeds that are effective in inhibiting microbial growth. Moniharapon et al. [27] also found that azelaic acid was the bioactive component found in Atung seeds. The bioactive compounds in Atung

seeds, such as phenols [17], will act as an antibacterial agent by interacting with the bacterial membrane and leading to membrane disruption and cell damage [45]. Thus, the lifespan of dried fish and squid will be longer. It also will have a good impact on consumers' health and the economic sector. The use of Atung can reduce the high concentration of sodium-containing salt that reduces health issues like hypertension, kidney disease and a cardiovascular disease [43]. Additionally, compared to synthetic or artificial preservatives such as nitrates, sulfites and formaldehyde, the combination of salt and Atung solution will be safer since those artificial preservatives have the potential to life-threatening side effects [25]. Using the Atung solution will also positively impact economic issues, considering its abundance and the low cost of producing Atung.

Table 3 also shows that the type of packaging also affected the water content. Aluminum foil had the smallest water content compared to the other packaging. The AB interaction (storage time-packaging type) was clearly observed in dried salted squid, which resulted in water content in the range of 17.09 % (A1B1-A1B4) to 20.83 % (A4B4). Aluminum foil is included in the metal group packaging with a thickness of < 0.15 mm, which gives good protection against water, is resistant to temperature changes and has a lower permeability value [6, 10].

The water content of all types of fish in this study met the quality standard of salted fish according to SNI-2721-1-2009 [21], with a maximum water content of 40 %. Salt activity in bonding water is closely related to plasmolysis events, in which water will move from low salt to high salt concentration due to differences in osmotic pressure [7, 13, 16]. The low water content in dried salted fish was also probably due to the effect of soaking duration in the Atung solution.

Protein content

In contrast with its water content, the dried salted fish and squid gradually decreased protein content after nine weeks of storage (Table 3). However, using salt and Atung can prevent a decrease in the quality of salted fish and squid compared to when no preservatives are used. Moreover, packaging the dried salted fish and squid with aluminum foil resulted in the largest protein content compared to the other packaging types. The AB interaction in dried salted squid resulted in protein levels ranging from 62.66 % (A2B2) to 71.06 % (A3B3), indicating differences between the treatments.

To show the percentage of denatured protein during the process in each type of fish and squid, the protein content was calculated using the following formula:

$$\frac{(\text{highest protein content} - \text{lowest protein content})}{\text{highest protein content}} \times 100 \% \quad (2)$$

Based on these calculations, dried salted squid had the highest denatured value of 11.82 %, followed by scad fish with 10.88 % and yellowtail fish with 8.18 %. The

result was much lower than in the case of the high salting preservation technique, in which up to 60 % of protein was denatured [18]. The standard salt concentration used was $21 \div 30$ %, in which salt concentration was parallel with the total salt-soluble protein being dissolved in the solution [4, 36]. Several studies focused on various salting techniques, including brine salting, dry salting, kench salting, pickling and pre-salting methods (injection, brining and pickling). All of these techniques lead to the speed of salt diffusion into fish, velocity of water discharge from fish, mass transfer of fish, drying kinetics, physicochemical changes in muscle protein and fish fat, protein denaturation and aggregation in the myosin and collagen parts of fish [5, 8, 15, 46, 48, 50]. Conformational changes in fish protein occur in a high salt concentration ($15 \div 24$ %), as high salt content accelerates muscle protein penetration and aggregation (total S-H and SS) [58, 59].

Salt Content

The average salt content of yellowtail fish, scad fish and squids were $3.94 \div 6.16$ %, $4.22 \div 5.87$ % and $11.65 \div 15.54$ %, respectively (Table 3). The salt content in dried salted fish met the national standard (SNI-2721-1-2009), about $4 \div 20$ % [34]. The dried salted fish in this study were not much different or even lower compared to the results by Moniharapon et al., which ranged from 2.46 to 5.09 % (yellowtail fish), $2.71 \div 4.43$ % (scad fish), $4.38 \div 6.10$ % (squid), $3.24 \div 7.87$ % (cob) and $4.18 \div 6.97$ % (flying fish) [34].

Peroxide Content

The yellowtail fish after nine weeks of storage had the highest peroxide content, significantly different from 0 weeks of storage (Table 3). Meanwhile, dried salted scad fish and squid had peroxide values ranging from 374 (A1B1–A1B4) to 2,423 mg.eq/kg (A4B4) and 0.678 (A1B1–A1B4) to 2,184 mg.eq/kg (A4B4), respectively. Thus, dried salted yellowtail fish and scad fish tended to go rancid faster than squid.

Total Plate Count (TPC)

After the treatments, the average TPC values of yellowtail fish ranged from 2.32 (log X) or 2.09×10^2 colonies to 4.46 (log X) or 2.88×10^4 colonies. The lowest TPC for yellowtail fish was obtained by A1B1, packed with aluminum foil and stored for 3 weeks, while the largest one was achieved by A2B2, packed with HDPE and stored for 3 weeks. The TPCs of scad fish stored at week 0 (A1), week 3 (A2), week 6 (A3) and week 9 (A4) were 4.74, 4.26, 4.28 and 4.54 (log X), respectively, and were significantly different. The unpackaged dried salted scad fish ($4.72 \log X$ or 5.25×10^4 colonies) had the biggest TPC values and significantly differed from those packed with aluminum foil ($4.18 \log X$ or 1.51×10^4 colonies). Meanwhile, the TPCs of dried salted squid were lower than TPCs of yellowtail fish and scad fish ($0.61 - 4.28 \log X$).

The treatment of soaking fish and squid with Atung solution for 30 minutes greatly affected the TPC value of all the fish and squid. It was due to the active ingredients, including azelaic acid [27], found in Atung seed extract that acts as humectants. Moniharapon et al. [35] investigated the ethyl acetate extract of Atung seeds, which was effective in inhibiting microbial growth. Based on the minimum inhibitory concentration results, it was found that the isolation of azelaic acid antibacterial in Atung seeds was effective against pathogenic bacteria and spores in food [31, 33, 35]. Humectants play a vital role in decreasing water content, which leads to the inhibition of microbial growth, hence microbes cannot develop and low TPC values can be obtained [44].

Appearance

Table 4 summarizes the multiple comparison tests of subjective (organoleptic) parameters. The results showed that the treatment of yellowtail fish with code A1B1 and A1B4 produced the highest averages of 58.0 and 8.8, respectively. Meanwhile, the A4B4 treatment was the lowest in all types of fish and squid. Appearance or color is an important factor in attracting target customers. Visually, the color factor will appear first and reflect the value of a product, as stated by Winarno [56]. As a humectant [31], Atung seed extract assists all products in obtaining good appearance values, at the average organoleptic value of 7. The packaging type also supports this test. Aluminum foil scored the highest average in all fish and squid products with respect to all parameters. This can be related to the aluminum properties mentioned earlier. Combining salt and Atung as preservatives and using aluminum foil as packaging could keep the good quality of fish and squid. On top of that, the materials are easy to find and low cost. The results of this test can be used as a benchmark for further research so that it can be commercialized.

Odor

The combination of storage time and packaging type of yellowtail fish with code A1B1 and A1B4 resulted in the highest averages of 58.0 and 8.7, respectively, while the lowest was at A4B4 for all fish and squid types. All dried salted fish and squid products produce good odor values and meet the quality standards of SNI-2721-1-2009 (Table 4).

Taste

The taste results were presented in the same way as the odor and appearance assessments. The yellowtail fish with code A1B1 and A1B4 treatments had the highest averages of 58.0 and 8.7, respectively. Meanwhile, the lowest value was found in the A4B4 treatment in all fish and squid (Table 4). The difference in taste of dried salted fish and squid products resulted from the different concentrations of salt and Atung

Table 4. Recapitulation of the multiple comparison test of subjective (organoleptic) parameters
Tabela 4. Podsumowanie testu wielokrotnych porównań parametrów subiektywnych (organoleptycznych)

Fish / Ryba	Treatment / Obróbka	Parameters / Parametr							
		Appearance / Wygląd	Average / Średnia	Odor / Zapach	Average / Średnia	Taste / Smak	Average / Średnia	Texture / Tekstura	Average / Średnia
Yellowtail fish / Ryba żółtoogonowa	A1B1	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7
	A1B2	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7
	A1B3	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7
	A1B4	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.7
	A2B1	47.5 ^{ab}	8.4	46.5 ^{ab}	8.4	48.0 ^{ab}	8.4	47.0 ^{ab}	8.4
	A2B2	44.0 ^{abcd}	8.3	45.0 ^{ab}	8.3	44.0 ^{abc}	8.3	44.5 ^{abc}	8.3
	A2B3	40.5 ^{abcd}	8.1	40.5 ^{abc}	8.2	40.0 ^{abcd}	8.1	40.5 ^{abcd}	8.2
	A2B4	35.0 ^{abcde}	8.0	35.5 ^{abcd}	8.0	36.0 ^{abcd}	8.0	35.5 ^{abcd}	8.0
	A3B1	33.0 ^{abcde}	7.9	32.5 ^{bcde}	7.8	31.5 ^{bcd}	7.8	32.5 ^{abcde}	7.8
	A3B2	28.0 ^{bcdef}	7.7	28.0 ^{bcdef}	7.7	28.5 ^{bcde}	7.6	28.0 ^{bcdef}	7.7
	A3B3	24.0 ^{bcdef}	7.5	23.0 ^{bcdef}	7.5	24.0 ^{bcde}	7.5	22.5 ^{bcdef}	7.5
	A3B4	19.5 ^{cdef}	7.3	21.0 ^{bcdef}	7.4	19.5 ^{cde}	7.3	21.5 ^{bcdef}	7.5
	A4B1	16.0 ^{def}	7.3	15.0 ^{cdef}	7.1	14.5 ^{de}	7.2	14.5 ^{cdef}	7.2
	A4B2	12.5 ^{ef}	7.2	13.0 ^{ef}	7.1	11.5 ^{de}	7.2	12.0 ^{def}	7.1
	A4B3	8.0 ^f	7.0	8.0 ^{ef}	6.9	10.5 ^{de}	7.1	9.0 ^{ef}	7.0
	A4B4	4.0 ^f	6.7	4.0 ^f	6.6	4.0 ^e	6.9	4.5 ^f	6.9
X2i		58.9**		58.8**		58.3**		58.6**	
Scad Fish / Ryba scad	A1B1	58.0 ^a	8.5	58.0 ^a	8.6	57.5 ^a	8.6	57.5 ^{ab}	8.5
	A1B2	58.0 ^a	8.5	57.5 ^a	8.6	57.5 ^a	8.6	58.0 ^a	8.5
	A1B3	58.0 ^a	8.5	58.0 ^a	8.6	57.5 ^a	8.6	58.0 ^a	8.5
	A1B4	58.0 ^a	8.5	57.5 ^a	8.6	58.0 ^a	8.6	57.0 ^{ab}	8.5
	A2B1	46.0 ^{ab}	8.2	48.5 ^{ab}	8.4	49.5 ^{ab}	8.4	47.5 ^{abc}	8.3
	A2B2	46.0 ^{ab}	8.2	44.0 ^{ab}	8.3	43.5 ^{ab} _C	8.3	45.0 ^{abcd}	8.2
	A2B3	40.0 ^{abcd}	8.0	40.0 ^{abc}	8.2	40.5 ^{ab} _C	8.2	41.0 ^{abcde}	8.1
	A2B4	35.0 ^{abcde}	7.8	36.5 ^{abc}	8.0	34.5 ^{abcd}	8.0	5.5 ^{abcde}	7.9
	A3B1	32.5 ^{abcde}	7.7	31.0 ^{abcd}	7.6	33.0 ^{abcd}	7.8	31.5 ^{bcde}	7.7
	A3B2	28.5 ^{bcdef}	7.6	29.0 ^{bcde}	7.6	27.5 ^{bcde}	7.5	29.0 ^{bcdef}	7.6
	A3B3	24.0 ^{bcdef}	7.4	22.5 ^{bcde}	7.4	24.5 ^{bcde}	7.3	24.0 ^{cdef}	7.5
	A3B4	11.5 ^{cdef}	7.1	21.5 ^{cde}	7.3	20.0 ^{cde}	7.2	20.0 ^{def}	7.4
	A4B1	19.5 ^{cdef}	7.2	15.0 ^{cde}	7.1	16.5 ^{de}	7.2	15.0 ^{ef}	7.2
	A4B2	14.0 ^{cdef}	7.1	13.0 ^{de}	7.1	11.5 ^{de}	7.1	11.0 ^f	7.1
	A4B3	11.0 ^{ef}	7.1	8.0 ^{de}	6.9	8.5 ^{de}	7.0	10.0 ^f	7.0
	A4B4	4.0 ^f	6.6	4.0 ^e	6.5	4.0 ^e	6.8	4.0 ^f	6.7
X2i		58.5**		58.6**		58.3**		58.2**	
Squid / Kalamarnica	A1B1	58.0 ^a	8.6	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.6
	A1B2	58.0 ^a	8.6	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.6
	A1B3	58.0 ^a	8.6	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.6
	A1B4	58.0 ^a	8.6	58.0 ^a	8.8	58.0 ^a	8.7	58.0 ^a	8.6
	A2B1	47.0 ^{ab}	8.2	46.5 ^{ab}	8.4	47.5 ^{ab}	8.4	47.0 ^{ab}	8.2
	A2B2	44.5 ^{abc}	8.3	45.0 ^{ab}	8.4	44.5 ^{abc}	8.3	44.5 ^{abc}	8.3
	A2B3	40.0 ^{abcd}	8.1	40.5 ^{abc}	8.2	40.0 ^{abcd}	8.2	40.0 ^{abcd}	8.1
	A2B4	35.5 ^{abcd}	7.9	34.5 ^{abc}	8.1	34.5 ^{abcd}	8.0	35.5 ^{abcd}	7.9

	A3B1	30.5 ^{bcd}	7.8	32.0 ^{abcd}	7.9	33.5 ^{bcd}	7.9	30.5 ^{bcd}	7.8
	A3B2	30.5 ^{bcd}	7.8	29.0 ^{bcd}	7.9	28.0 ^{bcd}	7.8	30.5 ^{bcd}	7.8
	A3B3	19.5 ^{cd}	7.5	24.5 ^{bcd}	7.8	23.5 ^{cd}	7.6	19.5 ^{cd}	7.5
	A3B4	15.5 ^{de}	7.4	15.0 ^{cde}	7.5	17.5 ^{de}	7.4	15.5 ^{de}	7.4
	A4B1	19.0 ^{cde}	7.5	16.0 ^{cde}	7.5	16.0 ^{cde}	7.4	19.0 ^{cde}	7.5
	A4B2	16.5 ^d	7.4	15.0 ^{cde}	7.5	14.5 ^{de}	7.3	16.5 ^d	7.4
	A4B3	9.0 ^e	7.3	9.5 ^{de}	7.4	8.5 ^e	7.1	9.0 ^e	7.3
	A4B4	4.5 ^e	7.2	4.5 ^e	7.3	4.0 ^e	7.0	4.5 ^e	7.2
X2i		57.6**		58.0**		58.2**		57.6**	
Xi2Table p-1 = 16-1 = 15		$\alpha = 0.10 = 25.0$ $\alpha = 0.05 = 30.6$		Multiple Comparison Test Values at the α value of 0.05 = 26.4					

Explanatory notes / Objasnienia:

Numbers followed by the same letter are not significantly different. Storage time (A) of 0 weeks (A1), 3 weeks (A2), 6 weeks (A3) and 9 weeks (A4). The types of packaging (B) were aluminum foil (B1), high-density polyethylene/HDPE (B2), polyethylene/PE (B3) and unpackaged (B4) / Liczby oznaczone tą samą literą nie różnią się znacząco. Czas przechowywania (A) 0 tygodni (A1), 3 tygodnie (A2), 6 tygodni (A3) i 9 tygodni (A4). Rodzaje opakowań (B) to folia aluminiowa (B1), polietylen o wysokiej gęstości/HDPE (B2), polietylen/PE (B3) i opakowanie nieopakowane (B4).

extract used for fish and squid preservation. Surprisingly, using Atung for preservation can better reduce the saltiness and taste. A similar study also demonstrated that plant extract enhances taste and lowers sodium intake [26]. Salting causes fish and squid meat to be more compact due to water withdrawal and protein clumping by salt, which causes fish and squid to taste better [36].

Texture

In the texture assessment, yellowtail fish with code A1B1 and A1B4 had the highest values (58.0 and 8.7), while A4B4 had the lowest value in all fish and squid. Based on their organoleptic assessments, all dried salted fish and squid products in this study met the SNI standard. Salt can decrease water content and enter muscle tissue, leading to compact consistency and affect a texture. Moreover, salt can also remove excessive fishy odor in fish and squid [8].

Conclusions

1. Multilevel salt soaking with Atung seed maintained the quality of salted fish and squid, protein content and better organoleptic test results in yellowtail fish in aluminum foil packaging.
2. Multisoaking in Atung seed solution has many benefits, such as reducing sodium-containing salt, containing bioactive compounds that act as antibacterial agents and producing at a low cost. The presence of Atung seed extract could maintain the texture of fish and squid.

3. The type of packaging also had a synergetic effect on keeping the quality of the salted fish and squid. Aluminum foil was the best packaging type for the multisoaking products in this study.
4. This study will give an implication for storing food products, for example, surimi, nugget and tuna loin. For future research, evaluating the denaturation levels of protein in salted fish and squid during storage will be useful.

References

- [1] Akintola, S.L., Brown, A., Bakare, A., Osowo, O.D., Bello, B.O.: Effects of Hot Smoking and Sun Drying Processes on Nutritional Composition of Giant Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*, Fabricius, 1798). Pol. J. Food Nutr. Sci., 2013, 63(4), 227-237.
- [2] Akintola, S.L.: Effects of smoking and sun-drying on proximate, fatty and amino acids compositions of Southern pink shrimp (*Penaeus notialis*). J. Food Sci. Technol., 2015, 52(5), 2646–2656.
- [3] Ali M., Suparmono S., Hudaidah S.: Evaluate the content of Formalin in fish salty in Lampung. Aquasains, 2014, 2, 139-144.
- [4] Anastasioo A., Smalldone G., Cacace D., Marrone R., Voi A.L., Santoro M., Cringoli G., Pozio E.: Inactivation of *Anisakis pegreffii* larva in anchovies (*Engraulis encrasicolus*) by salting and quality assessment of finished product. Food Control, 2016, 64, 115-119.
- [5] Andrés A., Rodríguez-Barona S., Barat J.M., Fito P.: Salted cod manufacturing: influence of salting procedure on process yield and product characteristics. J. Food Engineer., 2005, 69, 467-471.
- [6] A'yun, V.Q., Liviawaty, E., Pratama, R.I., Junianto.: Aluminium Foil as a Packaging Material for Fishery Products: A Review. Asian J. Fish. Aquat., 2023, 23(3), 35-41.
- [7] Boudhrioua N., Djendoubi N., Bellagha S., Kechaou N.: Study of moisture and salt transfers during salting of sardine fillets. J. Food Engineer., 2009, 94, 83-89.
- [8] Chaijan M.: Physicochemical changes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle during salting. Food Chem., 2011, 129, 1201-1210.
- [9] Chang E.T., Ye W., Zeng Y.X., Adami H.O.: The Evolving Epidemiology of Nasopharyngeal Carcinoma. Cancer Epidemiol., Biomarkers Prev., 2021, 30, 1035-1047.
- [10] Cheng, Z., Pan, W., Xian, W., Yu, J., Weng, X., Benjakul, S., Guidi, A., Ying, X., Deng, S.: Effects of various logistics packaging on the quality and microbial variation of bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Front. Nutr., 2022, 9, #998377.
- [11] Febriyanti D.: Total Plate Count dan *Staphylococcus aureus* in salted fish Manyung (*Arius talasinus*) at TPI Puger, Jember Regency. Available online: <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/73113> (accessed on 24 September 2016).
- [12] Fitri, N., Chan, S.X.Y., Lah N.H.C., Jam, F.A., Misnan, N.M., Kamal, N., Sarian, M.N., Lazaldin, M.A.M., Low, C.F., Hamezah, H.S., Rohani, E.R., Mediani, A., Abas, F.: A Comprehensive Review on the Processing of Dried Fish and the Associated Chemical and Nutritional Changes. Foods, 2022, 11, 2938.
- [13] Gallart-Jornet L., Barat J.M., Rustad T., Erikson U., Escriche I., Fito P.: A comparative study of brine salting of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Food Engineer., 2007, 79, 261-270.
- [14] Gaspersz V.: Experimental design methods for Agriculture. Tecnic and Biology Science, Armico, Bandung, Indonesia, 1994.

- [15] Gudjonsdottir M., Arason S., Rustad T.: The effect of pre-salting methods on water distribution and protein denaturation of dry salted and rehydrated cod – A low-field NMR study. *J. Food Engineer.*, 2011, 104, 23-29.
- [16] Goulas A.E., Kontominas M.G.: Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chem.*, 2007, 100, 287-296.
- [17] Hehanussa S.C.H., Zuprizal, Dono, N.D., Hanim, C.: Potential of atung seeds (*Parinarium glaberrimum* Hassk.) as a phytobiotic candidate in poultry ration based on nutrient composition, phytochemical and antibacterial properties. *IOP Conf. Series: Earth Environ. Sci.*, 2019, 387, #012072.
- [18] Heredia A., Andrés A., Betoret N., Fito P.: Application of the SAFES (Systematic Approach of Food Engineering Systems) methodology to salting, drying and desalting of cod. *J. Food Engineer.*, 2007, 83, 267-276.
- [19] Heyne, K.: *Tumbuhan Berguna Indonesia: Terjemahan oleh Badan Litbang Kehutanan*. Jakarta, 1950.
- [20] Horner, W.F.A.: Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). In: Hall, G.M. (eds) *Fish Processing Technology*. Springer, Boston, MA. 1997.
- [21] Indonesian National Standardization Body.: SNI 2721.1:2009 - Standardisasi Nasional Indonesia ikan asin kering. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia, 2009.
- [22] Indriyati A.: Effectiveness of turmeric (*Curcuma longa* L.) as a substitute preservative formalin in dried salted fish. Undergraduate Thesis, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, Indonesia, 2008. Available online: repository.unika.ac.id (accessed on 24 September 2016).
- [23] Kiayi R., Naiu A.S., Harmain R.M.: Estimation of fish shelf life salted Milkfish based on microbiological observation and moisture content. *Sci. J. Fish. Mar.*, 2014, 2, 126-129.
- [24] Kumar, K.S.: Salt curing, smoking and drying of fishery products. Indian Council of Agricultural Research, 2022. Available at <https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/70445/1/7.pdf>. Accessed on June 16, 2024.
- [25] Kumari K.P.V., Akhila S., Rao Y.S., Devi B.R.: Alternative to Artificial Preservatives. *SRP*, 2019, 10(1), 99-102.
- [26] Lee G-H.: A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Res. Int.*, 2011, 44, 2, 537-543.
- [27] Moniharapon E., Abdelgaleil S.A.M, Moniharapon T., Watanabe Y., Hashinaga F.: Purification and identification of antibacterial compound of Atung (*Parinarium glaberimum* Hassk) seed. *Pak. J. Biol. Sci.*, 2004, 7, 1667-1670.
- [28] Moniharapon E., Hashinaga F.: Antimicrobial activity of atung (*Parinarium glaberimum* Hassk) fruit extract. *Pak. J. Biol. Sci.*, 2004, 7, 1057-1061.
- [29] Moniharapon E., Hashinaga F., Somin.: Application of 'Atung' (*Parinarium glaberimum* Hassk) Natural Preservative Towards the Quantity and Quality of Enzymatic Fish Sauce of Tuna Loin Production Waste in Parigi Wahai Village, North Seram, Central Maluku District. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2021, 828, #012031.
- [30] Moniharapon, D.D., Moniharapon, T., Pattipeilohy, F., Mailoa, M.N.: The Effectiveness Test Atung Methanol Extract (*Parinarium Glaberimum* Hassk) as a Fly Repellent for Salted Skipjack Tuna. *IJERE*, 2023, 2(2).
- [31] Moniharapon T., Moniharapon E., Watanabe Y., Hashinaga F.: Inhibition of food pathogenic bacteria by azelaic acid. *Pak. J. Biol. Sci.*, 2005, 8, 450-455.
- [32] Moniharapon T., Pattipeilohy F.: Pemanfaatan daging merah dari limbah tuna loin dalam kecap ikan. *Majalah Biam*, 2016, 12, 27-31.

- [33] Moniharapon T., Pattipeilohy F.: Indonesian patent IPR: No. IDP000050840 30 April 2018: Metode pembuatan pengawet ikan segar dari serbuk Atung, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Departemen Hukum dan HAM RI, Jakarta, Indonesia, 2018.
- [34] Moniharapon T., Pattipeilohy F., Moniharapon D.L., Leha M.: Final report: National Strategic Research Year I (National Competitive Research, Ristekdikti), Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia, 2018.
- [35] Moniharapon T., Pattipeilohy F., Moniharapon D.L., Sormin R.B.D.: The effect of gradual salt soaking and Atung (*Parinarium glaberimum*, Hassk.) on the yield and quality of dry salted bony flying fish (*Cypselurus oxycephalus*), IOP Publishing, Maluku, Indonesia, 2019; p. 012051.
- [36] Nuwanthi S.G.L.I., Madage S.S.K., Hewajulige I.G.N., Wijesekera R.G.S.: Comparative study on organoleptic, microbiological and chemical qualities of dried fish, Goldstripe Sardinella (*Sardinella gibbosa*) with low salt levels and spices. *Procedia Food Sci.*, 2016, 6, 356-361.
- [37] Pattipeilohy F.: Application of various coral fish found as trash fish in the processing of fish burger. In *Proceeding International Workshop on Eco-Friendly Coral Reef Fisheries*, Ambon, 2005, 145-156.
- [38] Pattipeilohy F., Moniharapon T., Moniharapon A.: Pemanfaatan daging merah tuna loin dalam pengolahan bakso ikan. In *Prosiding Nasional MPHPI 2016 & Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-8*, Ambon, 2016.
- [39] Rahman T.K.: Analysis of levels of formalin in salted fish marked in the city Gorontalo. Available online: e.print.unj.ac.id (accessed on 24 September 2016).
- [40] Reo A.R.: The quality of Red snapper is processed with different concentrations salt solution and drying time. *J. Tropic. Marine Fish.*, 2013, 9, 35-44.
- [41] Riansyah A., Supriadi A., Nopianti R.: Effect of differences in temperature and drying time on the characteristic of Siam (*Trichogaster pectoralis*) salted fish using in the oven. *J. Fishtech*, 2013, 2, 53-68.
- [42] Roberts W.C.: Facts and ideas from anywhere. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2001 Jul,14(3), 314-22.
- [43] Rodrigues F.M., Rosenthal A., Tiburski J.H., da Crux A.G.: Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology. *Food Sci. Technol.*, 2016, 36(1), 1-8.
- [44] Sarastani, D., Soekarto, S.T., Muchtadi, T.R., Fardiaz, D., Apriyantono, A.: Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Ekstrak Biji Atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 2022,13(2).
- [45] Setyorini D.A., Noviandri I., Amran M.B., Rizki W.O.S., Serunting M.A.: A green-micro-synthesis of curcumin functionalized silver nanoparticles for bacteria inhibition and glucose sensor electrode modifier. *Materials Today Sustainability*, 2004, 25(2024), #100648.
- [46] Sobukola O.P., Olatunde S.O.: Effect of salting techniques on salt uptake and drying kinetics of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Food Bioprod. Process.*, 2011, 89, 170-177.
- [47] Steel R.G.D., Torrie J.: *Statistical principles and procedures an approach biometrics*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Indonesia, 1993.
- [48] Szymczak M., Tokarczyk G., Felisiak K.: Marinating and salting of herring, nitrogen compounds' changes in flesh and brine. In *Processing and Impact on Active Components in Food*, Preedy V. (ed.); Academic Press, London, 2015, 439-445.
- [49] Tahya, C.T., Tiwery, E., Monaten, M.G., Lumbantoruan, T.K.J.: Identifikasi Fitosterol dengan Kromatografi Gas – Spektrometer Massa pada Ekstrak Kloroform Biji Buah Atung (*Parinarium Glaberimum* Hassk) Asal Kabupaten Seram Bagian Barat, Maluku. *JC-T (Journal Cis-Trans)*, 2020, 4(1), 14-20.

- [50] Thorarinsdottir K.A., Arason S., Sigurgisladdottir S., Valsdottir T., Tornberg E.: Effects of different pre-salting methods on protein aggregation during heavy salting of cod fillets. *Food Chem.*, 2011, 124, 7-14.
- [51] Tumbelaka A.R., Naiu A.S., Dali F.A.: Effect of salt concentration and during salting of dried salty milkfish (*Chanos chanos*) value. Available online: e.print.unj.ac.id (accessed on 24 September 2016).
- [52] Yuliana E, Suhardi D.A, Susilo A.: Level of use chemical harmful to salted fish processing; causes in Muara Angke and Cilincing Jakarta. *J. Indones. Fish. Product Process.*, 2011, 16, 14-21.
- [53] Wayne W.D.: Applied non-parametric statistics. Gramedia, Jakarta, Indonesian, 1989.
- [54] Widiastuti, I., Herpandi, Oktavia Y., Putri, D.A.: The Effect of Low Salt Concentration on The Quality of Dry Salted Anchovy: A Case Study of Sungsang Village, South Sumatera, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci.*, 2022, 995, 012026.
- [55] Wijayanti N.S., Lukitasari M.: Analysis of formalin and test content organoleptic salted fish circulating in the big market of Madiun. *J. Florea*, 2016, 3, 59-64.
- [56] Winarno F.G.: Food chemistry and nutrition. The latest ed.; M Brio Press, Jakarta, Indonesia, 2008.
- [57] World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. Continuous Update Project Experts Report 2018. Preservation and processing of foods and the risk of cancer. Page: 6-7. Available at dietandcancerreport.org.
- [58] Van Nguyen M., Arason S., Thorarinsdottir K.A., Thorkelsson G., Gudmundsdóttir A.: Influence of salt concentration on the salting kinetics of cod loin (*Gadus morhua*) during brine salting. *J. Food Engineer.*, 2010, 100, 225-231.
- [59] Van Nguyen M., Thorarinsdottir K.A., Gudmundsdottir A., Thorkelsson G., Arason S.: The effects of salt concentration on conformational changes in cod (*Gadus morhua*) proteins during brine salting. *Food Chem.*, 2011, 125, 1013-1019.

WPŁYW WIELOPOZIOMOWEGO MOCZENIA W ROZTWORZE PROSZKU Z NASION ATUNG (*PARINARIUM GLABERRIMUM*, HASSK) I RODZAJU OPAKOWANIA NA JAKOŚĆ SUSZONYCH SOLONYCH RYB

Streszczenie

Wprowadzenie. Solone ryby to produkt rybne, na które jest duże zapotrzebowanie chińskiego przemysłu spożywczego. Jednak solone ryby zwykle zawierają syntetyczne środki konserwujące, takie jak formaldehyd, które wykazują niebezpieczne właściwości. Z tego względu prowadzone są badania nad opracowaniem naturalnego środka konserwującego, który będzie ich substytutem. Atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk.) to lokalna roślina lecznicza o potencjalnych właściwościach konserwujących żywność ze względu na jej działanie przeciwbakteryjne. Niniejsza praca ma na celu określenie wpływu wielopoziomowego moczenia w roztworze soli i proszku z nasion Atung oraz rodzaju opakowania na jakość suszonych solonych ryb podczas przechowywania. Ryby i kalmary moczone w 10% (w/v) roztworze soli fizjologicznej przez 30 min, a następnie zanurzano w 5% (w/v) roztworze Atung, a następnie suszono.

Wyniki i wnioski. Wyniki wykazały, że produkty opakowane w folię aluminiową wykazywały najniższą zawartość wody dla każdego rodzaju ryby i kalmara. Najniższą zawartość soli uzyskała żółtoogonowa ryba po 6 tygodniach przechowywania (3,94 %), podczas gdy ryba scad wykazała najniższą zawartość nadtlaków po 9 tygodniach przechowywania (374 mg.eq/kg). TPC suszonych solonych ryb i kalmarów było niższe niż TPC nieopakowanych ryb scad (4,72 log X). Metoda suszenia-solenia pozwoli-

ła utrzymać zawartość białka w rybach żółtoogonowych i scad na poziomie 58,83 % i 58,44 % po 9 tygodniach przechowywania. Natomiast zawartość białka w suszonych i solonych kalmarach zmieniała się w zależności od czasu przechowywania i rodzaju opakowania. Wyniki oceny właściwości organoleptycznych (wygląd, zapach, smak, tekstura) były różne w zależności od rodzaju ryby i kalmara.

Słowa kluczowe: proszek z nasion Atung, suszona solona ryba, opakowanie, czas przechowywania ☒

LEONID D. TULUSH, NATALIYA H. VYHOVSKA, IVAN V. SVYNOUS,
IRYNA A. CHKAN, MARYNA A. MELNIK

GEO-ECONOMIC EVOLUTION IN FINANCIAL AND CREDIT POLICIES OF UKRAINE'S AGRI-FOOD INDUSTRY

S u m m a r y

Background. The financial and credit policies of Ukraine's agri-food sector are crucial for its stability and growth, particularly within the changing geo-economic context. Understanding these changes and their impacts is essential for developing effective measures to support the sector.

Results and conclusions. The article investigates effective measures for developing the financial and credit policies of Ukraine's agri-food sector within the geo-economic context. It discusses the directions of geo-economic changes affecting these policies. The article shows a global development vector of financialization in geo-economics that alters the models of financial and credit flow balances. The geo-financial approach is introduced and an export structure of agri-food products between Ukraine and the EU is thoroughly analyzed. The geographical structure of Ukraine's geo-financial system is examined. The impact of currency risks on grain exports for the average agri-food entity in Ukraine is assessed. The article identifies dynamic inflation rate fluctuations affecting monetary tools and financial and credit policies of the agri-food industry in EU countries. It evaluates the extent of lending to agri-food business entities. The article specifies the institutional structure of geo-finance operations and the conditions that determine the flow of financial resources from global financial institutions to support new financial cycles in a country at war.

Keywords: geo-financial systems, financial and credit strategies, agri-food sector, bank financing, funding grants

Introduction

The agri-food sector is a part of agriculture and food value chain activities that encompass all economic activities involved in the production, processing, distribution,

Dr L.D. Tulush ORCID: 0000-0002-3922-5245 National Scientific Center Institute of Agrarian Economics, 10 Heroiv Oborony Str., 03127, Kyiv, Ukraine; Dr N.H. Vyhovska ORCID: 0000-0001-7129-6169 Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska Str., 10005, Zhytomyr, Ukraine; Dr I.V. Svytnous ORCID: 0000-0002-0346-1596 Bila Tserkva National Agrarian University, 09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine; Dr I.A. Chkan ORCID: 0000-0003-3764-8380 Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, 69063, 66 Zhukovskoho Str., Zaporizhzhia, Ukraine; Dr M.A. Melnik ORCID: 0000-0002-8324-7505 Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 Ioanna Pavla Druhoho Vulytsia Str., Kyiv, 01042, Ukraine.

Kontakt e-mail: Leonid_Tulush@edu.cn.ua

marketing and consumption of food and agricultural products. The full functioning of the agri-food sector depends on various factors. Currently, in Ukraine, there are hypertrophied disparities in the banking sector, the supply of credit resources from financial institutions is significantly reduced, and the recession of financial and credit support of the agri-food industry is accelerated. Drastic uncontrolled fluctuation of the exchange rate increased the cost of raw materials in the production sphere, reduced cash receipts of various levels and suspended the capitalization of financial resources of the agri-food industry. During martial law, the infrastructure of Ukraine's agri-food sector was significantly damaged and experienced the loss of human capital and the spread of production disparities. The situational nature of this trend complicated the activity of the agri-food industry and negatively affected the volume of its tax revenues to the budgets of different levels of Ukraine.

Such a situation poses new challenges and threats to the agri-food sector in Ukraine. The government of the country should develop and implement new strategies for the financial and credit policy in the agri-food sector to increase the volume of cash receipts and the income of local budgets of territorial communities and the state budget. The effectiveness of these financial and credit strategies is directly determined by the resource base and the diversified structure of the formation of its sources. The proper functioning of the production sphere of the agri-food sector can satisfy the state's requirements and is a priority task at the stage of rapid geo-economic changes in Ukraine. Simultaneously, the stability and efficiency of the nation's financial instruments will be determined by the movement of financial flows from global financial institutions to the post-war restoration of economic ties in the agri-food industry. However, the obligatory condition is the increase in financial support for the agri-food sector and the demand for agricultural production. The financial development of the agri-food industry can be restored through the channels of the monetary transmission mechanism. However, inadequate financial and credit regulations in the state often hamper its financial progress.

It is almost impossible to separate the development of financial and credit policy and monetary policy in the agri-food sector of the economy. Many scientists and practitioners prove they have a powerful distributional influence on the formation of tax revenues to the budget and loans for business entities, regardless of the group of banking institutions and the size of investment funds to the industry [2]. The operation of the monetary transmission mechanism in Ukraine was under inflation targeting before the commencement of martial law. This is evidenced by the strong correlation between the NBU discount rate and the amount of loans extended to entities in the agri-food industry in the national currency [9]. The easing of the central bank's financial and credit policy instruments proved effective in fostering the development of financial market participants [3]. Therefore, there was a logical reduction in the supply of avai-

lable resources from banking institutions for the agri-food industries at the beginning of the armed conflict. The reason for this trend was an increase in the NBU discount rate and a notable rise in the credit risk of borrowers [10]. This showed the necessity of adjusting the NBU policy to promote lending to Ukraine's agri-food industry.

This article aims to determine the directions of geo-economic changes in shaping the financial and credit policy for Ukraine's agri-food sector that can help suspend the monetary, banking and budget recession and restore economic relations with the EU and the global community during martial law.

Materials and Methods

The internationalization of the geo-economic system through the monetary, banking and budget components has entered the final phase. It reflects the main trend in the evolution of financial and credit policies in the agri-food industry within the contemporary global context [15]. Based on the system of national accounts (SNA), it is possible to reduce all geo-economic transformations in shaping the financial and credit policy of the agri-food sector to four interrelated institutional sectors: private, budgetary, monetary and foreign economic [12, 45].

The private sector within the framework of the country's financial and credit policy provides savings from the production sphere of the agri-food industry in both domestic and international markets. It reflects the cyclical demand for monetary resources in the national currency. In the case of unsatisfied needs, the private sector reflects the demand for resources of foreign financial institutions. The expression in parentheses on the left-hand side of the formula is nothing but domestic savings of the agri-food industry (S') and investment (I'). The right-hand side of the formula represents the net export of the agri-food industry (NX') [48]:

$$S'd - I'd = NX' \quad (1)$$

Therefore, accumulations for the financing of the agri-food industry can be closely related to the external activities of entities representing this sector. The budget sector in the financial and credit policy of the country forms tax revenues to budgets of all levels (T) and reflects part of the aggregated demand for budget financing of the agri-food industry, which is represented by the formula (2), [48]:

$$G = C''d + C''a + I''d + I''\alpha \quad (2)$$

where: G – budget expenditures for financing the agri-food industry; $C''d$ – the volume of financial resources for targeted use under programs of state financial support of the agri-food industry; $C''a$ – the amount of state expenditures on the consumption of foreign financial aid by subjects of the agri-food industry; $I''d$ – the amount of budget investment at the national level for the restoration of agri-food production; $I''\alpha$ – the

volume of budgetary investment expenditures on foreign resources consumed by national producers of the agri-food industry.

The difference between budget receipts and budget expenditures constitutes the budget surplus (savings) (BS) [48]:

$$BS = I - G \quad (3)$$

The monetary sector ensures cooperation between the country and international financial institutions; they direct financial flows into the budget and banking system during times of war or crisis to support agri-food production at certain interest rates to be used by banking institutions at the national level. As a result, there are liquid requirements for budgetary institutions and for this country, where national and foreign subjects of the agri-food industry operate. They form assets, which later, at the request of global financial institutions, must ensure a rhythmic cycle of the outflow of financial resources from the country. Along with this, there are obligations of national banking institutions to the private sector of agri-food production and budgetary institutions, and their totality represents the entire monetary mass of the country [7, 41].

Based on the conditions of the equilibrium state of the monetary sector serving the agri-food industry, mutual repayment of requirements and obligations is formed according to the following formula:

$$M = NFA + NDA \quad (4)$$

where: M – liabilities (money supply); NFA – net foreign assets; NDA – net internal assets.

Net foreign assets of the monetary sector for both the National Bank and banking institutions under its control represent the country's net international reserves (R). They are the main source of financing the deficit of funds of the private (agri-food) and budget sectors. Another source is the net export of capital (KA), which is a source of financing the deficit of funds within the domestic financial and credit policies.

$$KA = K_{ex} - K_{im} \quad (5)$$

The need for the inflow of capital is defined as the inverse variable to the official reserve budget assets in the state (ΔR). Capital increases when the budgetary investment expenditures exceed the cash savings of subjects of the agri-food industry.

$$KA - \Delta R = (I - S) + (G - T) \quad (6)$$

The external economic direction of the financial and credit policy in the agri-food sector arises as a result of the interaction of the national sector with partner countries at the European and world levels. This interaction is a geo-financial system that can be formalized as follows:

$$NX = (S - I) + (T - G) \quad (7)$$

This formula and formula (6) reflect the movement of financial and credit flows in the opposite direction.

$$KA - \Delta R = -NX \quad (8)$$

This indicates that when the net export of monetary savings of subjects in the agri-food industry is negative, there is an inflow of foreign investments and financial loans from global financial institutions within the EU and beyond into the country. An equilibrium is reached that supports the developed hypothesis that financialization in the geo-economy follows a global development trend. This trend reshapes the models of overall financial and credit flow balances between two countries, impacting the global and national economies.

A system of algebraic equations is used to determine the balance of agri-food entities' savings, the interest rate and the balance of financial and credit payments for both states.

$$\text{Line (y) of equilibria in national markets} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Investment market (IS)} \ S(r, y) + I(r) + IM'(y') \\ \text{Financial and credit market (LM)} \ \bar{P}L(r, y) = D + R \end{array} \right\} \quad (9)$$

$$\text{Line (y) of equilibria in world markets} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Investment market (IS')} \ S'(r', y') + I(r) + IM'(y') \\ \text{Financial and credit market (LM')} \ P'L(r', y') = D' + R' \end{array} \right\} \quad (10)$$

$$\text{Balance of financial and credit payments} \quad \left\{ \begin{array}{l} BP = \Delta R = -\Delta R' \text{ or} \\ (BP, B'P') = IM'(y') - IM(y) + KA(r, r'), [= 0] \end{array} \right\} \quad (11)$$

where: S – agri-food entities' savings; I – national investments; IM – import for foreign investments; PL – demand for financial resources (capital); D – offer of financial resources at the expense of internal loans; R – international reserves of partner countries (capital); ΔR – changes in international reserves of partner countries (capital); KA – balance of financial and credit flows (capital); r – interest rate (banking factor); $*$ ' – designation of indicators of the partner country (market participants).

In the open geo-financial system, geo-economic changes that shape the financial and credit policy of a state's agri-food sector are facilitated by localizing global financial institutions from partner countries (market participants). These institutions regulate bank lending interest rates using the tariff method, thus fostering the global development of new economic ties with the EU and the rest of the world [24].

The geo-financial approach allows for the assessment of how the banking sector impacts financial and credit policies in a country's agri-food sector. This is crucial because the banking sector serves as a key determinant of financial stability for banking institutions. It helps them avoid significant strategic errors in the financial and credit systems of agri-food industry entities when shaping a new foreign economic paradigm and their financial security strategy [26].

The financial and credit system (FCS) of subjects of the agri-food industry may experience a prolonged recession if it remains within the limits of the trade and media-

tion doctrine. In other words, the national FCS loses its dominant redistributive function in the reproductive process of the financial cycle, spending resources through foreign trade. At the same time, a larger share of capitalized financial resources goes to international financial institutions. Therefore, according to national legislative requirements, banking institutions should form reserves for assets and financial liabilities [53].

Banking institutions use formed reserves for assets only when assets are assigned to the lowest (unreliable) quality category. Reserves are used by banking institutions under provided guarantees, mandates, letters of credit and acceptances if it is necessary to fulfill their financial obligations. According to the International Monetary Fund (IMF), the assessment of the financial stability of banking institutions is formed by maturity, and in the monetary sector it is grouped by indicators [22, 27]. Thus, the “Capital Adequacy” group includes indicators that determine the stability of banks in relation to sudden changes in the structure of their balance sheets. The most common measures of capital adequacy are total risk-adjusted capital ratios (defined as the ratio of regulatory capital to risk-weighted assets) [21, 36].

According to the group of indicators “Quality of assets”, there may be risks of solvency of banking institutions, caused by a decrease in the quality of assets. This provokes deterioration in financial health and a decrease in profitability of entities of the agri-food industry. The ratio of non-performing loans to total gross loans and advances is often used as a proxy for asset quality. The coverage ratio is the ratio of created reserves to non-performing loans; it indicates the share of bad loans for which reserves have already been made [21, 37].

In addition, insufficient diversification of the credit portfolio of banking institutions indicates the significant vulnerability of the country’s financial and credit system. It has an adversarial effect on lending to small and medium-sized business structures of the agri-food industry. The concentration of loans in the agri-food industry or its affiliated business structures during a crisis (such as wartime) increases the vulnerability of banking institutions to crisis events within the country. An unfavorable trend in the dynamics of these ratios may indicate the growth of the equity capital crisis. Furthermore, it is recommended to monitor the indicators of the quality of capital [60].

Generally accepted coefficients of the profitability of banking institutions, such as the rates of return on assets and equity, were used in the group of indicators “Profit and profitability” [20, 21]. When analyzing the indicators of this group, it is necessary to consider the specifics of the activity of certain banks. For example, higher loan rates, lower deposit rates and higher operating costs are typical in the retail activity of banking institutions that cooperate with business structures of the agri-food industry, compared to wholesale corporate banking activities. They are characterized by a high mar-

gin associated with high operating costs. Banks that provide a broader array of services for subjects of the agri-food industry have higher non-interest income [21, 57].

The group of indicators “Liquidity” characterizes the ability of banking institutions to withstand shock changes in factors of the foreign economic sector. For example, since a financial crisis leads to losses on loans, it can undermine the trust in banking institutions on the part of financial market participants and subjects of the agri-food industry (depositors). A decrease in the price of bank assets and loss of financing of the strategic agri-food subsector, in turn, can lead to a liquidity crisis capable of turning solvent banks into insolvent ones [22, 57].

The group of indicators “Sensitivity to market risk” determines the level of activity of banking institutions to introduce financial instruments in a timely manner as a result of changes in market prices for assets and the minimization of market risk. The most significant components of market risk are interest rate and currency risks. Derivative financial instruments can be used to manage such risks [62].

From the perspective of capital adequacy, the banking institutions of the second group are in a favorable position compared to the banks of the first group. First, a significant share of Western European capital is in banks of the second group. Since parent companies of banks with European investments are subject to the requirements of Basel III, they are forced to take a more balanced approach to the assessment of accepted risks and more responsibly to ensure these risks with a sufficient amount of capital. In addition, despite the significant shares of foreign currency loans in bank portfolios, such banks are less prone to currency risks, as they can count on support from the parent structure [33]. Secondly, in banks of the second group with both foreign and domestic capital, there is a significant share of loans in the portfolio of loans granted to subjects of the agri-food industry. However, this fact increases banks’ susceptibility to credit risk. Simultaneously, the relatively high diversification of the resource base allows banking institutions to maintain an acceptable level of liquidity [34].

According to the IMF methodology, a systematic analysis of the financial health of banking institutions should be used to determine the risk of exchange rate changes, the risks associated with interest rate fluctuations, credit and liquidity, as well as the risk of spreading instability [42]. The IMF’s system analysis was used to calculate indicators affecting the geo-economic changes in the development of the financial and credit policy of the country’s agri-food industry.

The Basel Committee methodology provides the risk of exchange rate fluctuations to be assessed by monitoring the net open currency position of banking institutions for each currency type based on the following indicators:

- net current currency position, which is total assets that exclude total liabilities but include accrued interest on current accounts denominated in foreign currency;

- net forward currency position, which is the aggregate received payments that exclude total paid amounts for future currency transactions but include currency futures and swaps;
- calendar of guarantees provided (or similar instruments) in foreign currency for subjects of the agri-food industry;
- net future revenues (expenses) that have not yet accrued [28].

When these indicators demonstrate shock fluctuations of exchange rates, their impact on the activities of banking institutions provokes a crisis in the financial condition and solvency of entities within the agri-food industry [32]. Thus, the model of sensitive analysis should be applied. The impact of the shock of exchange rate fluctuations on the level of financial resources (capital) is determined by the following formula:

$$\Delta[C(E)/A_{rw}(e)] = \frac{\Delta e}{e} \frac{F}{C} \frac{C}{A_{rw}} \times \left(1 - \frac{\Delta a_{rw}}{\Delta C} \frac{C}{A_{rw}}\right) \quad (12)$$

where: F – net currency position; e – current exchange rate as of the reporting date; A_{rw} – risk-weighted assets as of the reporting date; C – amounts of financial resources (capital) as of the reporting date; Δe – exchange rate change over a period of time.

When the open currency positions of banking institutions dramatically grow, the relationship between the exchange rate and its impact on capital is non-linear. Thus, it is required to consider balance sheet and off-balance sheet indicators in a stress test. Two approaches, the gap model and the term structure model, are used to assess the risk of interest rate fluctuations in a systemic analysis [32]. The gap model is based on an analysis of the disparity between fluctuations in interest income of national financial institutions based on their assets and fluctuations in interest expenses according to obligations to global financial institutions. An analysis of the interest rate gap change (GAP_{ij}) is used to determine the change in the net interest income of a specific group of banks or certain types of assets and liabilities.

$$\Delta N_{etij} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n GAP_{ij} \Delta R_j \quad (13)$$

where: ΔN_{etij} – exchange in net interest income and group of banks by type of net assets; n – number of banks; k – the number of types of net assets.

The term structure model of lending to subjects of the agri-food industry measures the correspondence of the terms of the movement of financial and credit flows of banking institutions by calculating and comparing the volume and duration of loans extended to entities during a reporting period. The model is represented by the following formula:

$$D = \frac{\sum_{t=1}^n CF_t \times DF_t \times t}{\sum_{t=1}^n CF_t \times DF_t} = \frac{\sum_{t=1}^n PV_t \times t}{\sum_{t=1}^n PV_t} \quad (14)$$

where: D – the term structure of lending to subjects of the agri-food industry during a reporting period; CF_t – the financial flow that will be received or returned by the end

of a period n ; n – the end of a reporting period; DF_t – is the discount level, which is equal to $(1/(1+R)^2)$ where: R – the current value of the interest rate; PV_t – is the current value of cash flows, which is equal to $CF_t \times DF_t$.

The term structure of a credit portfolio is calculated using the following formula:

$$D = \sum_{t=1}^m x_i \times D_i \quad (15)$$

where: x_i – the share of the i -th instrument in the loan portfolio; D_i – term structure of the i -th financial instrument.

In order to apply the model of the term structure of lending to subjects of the agri-food industry, the sensitivity of the value of assets and liabilities to fluctuations in interest rates is calculated. The higher the value of the term structure, the more sensitive the prices of assets and liabilities are to interest rate fluctuations.

$$\frac{\Delta A(r_a)}{A(r_a)} = -\frac{D_a \Delta r_a}{(1+r_a)}, \frac{\Delta L(r_l)}{L(r_l)} = -\frac{D_l \Delta r_l}{(1+r_l)} \quad (16)$$

where: $A(r_a)$ – market value of assets of banking institutions; $L(r_l)$ – market value of liabilities of banking institutions; D_a – term structure of assets; D_l – term structure of obligations; r_a – interest rates on relevant assets; r_l – interest rates on relevant obligations.

The effect of interest rate fluctuations on capital is determined by the following formula:

$$\Delta[C(r_a, r_l)/A_{rw}(r_a)] \cong -\frac{(L/A_{rw})}{(1+r_a)} GAP_D \quad (17)$$

where: GAP_D – gap of the term structure of assets and liabilities, calculated by the following formula:

$$GAP_D = D_a - D_l \frac{1+r_a \Delta r_l}{1+r_l \Delta r_a} \quad (18)$$

where: D_a – term structure of assets; D_l – term structure of obligations; r_a – interest rates on relevant assets; r_l – interest rates on relevant obligations.

Two methods of system analysis are applied to assess the credit risk of banking institutions. The first method is based on an analysis of indicators of a credit portfolio, including its dynamics and structure of loans granted to subjects of the agri-food industry [52]. The second method of assessing the credit risk of banking institutions involves analyzing the financial condition of subjects of the agri-food industry.

A systematic analysis of the liquidity risk of banking institutions when lending to subjects of the agri-food industry determines as fluctuations the value of the gap between the maturity terms of assets and liabilities influenced by the private (agri-food) sector market. The IMF recommends focusing on the growth rate of the gap between highly liquid assets and liabilities when conducting a liquidity risk analysis [32]. One of the most well-known channels of risk transfer is through unsecured loans granted on

the interbank market. Another reason for the spread of risks is the low level of trust in banks that are part of a certain geo-financial system having a low international rating. In this case, the resource base of banking institutions is artificially narrowed, which is limited by the movement of financial and credit flows and does not have access to international financial markets [32].

Results

The economic environment of Ukraine's agri-food industry has suffered systemic negative effects due to the Russian aggression. Many short- and medium-term risks and challenges in the financial and credit policy of Ukraine require partner countries to react in a coordinated manner. The aggression revealed the contradictions of the modern world regarding the integration of the value of food flows and financial and credit flows of one country and its ability to interact with other countries. This competition also increases the attention to the problems of interaction and opposition of the three most influential centers of the geo-financial and geo-economic systems [8, 58]. However, the war initiated by the aggressor country against Ukraine accelerated the realization of the country's lack of alternatives to full membership in the European Union. This requires Ukraine to increase institutional efforts, introduce measures and tools to preserve financial stability, strengthen the capital of the agri-food industry in the context of military operations and post-crisis recovery.

Ukraine is a global player in the markets of agricultural and food products, on which the food security of many countries of the world depends. Foreign trade in agri-food products in Ukraine is supported from the state budget. The export and import of agricultural and food products increased by 20.5 % and 9.5 %, respectively, in 2020 ÷ 2021 in Ukraine (Fig. 1).

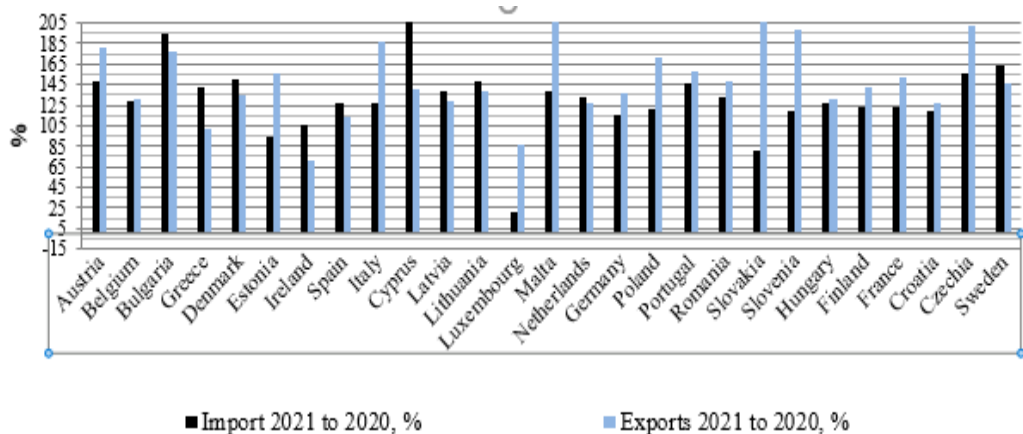


Figure 1. Foreign trade in agricultural products of Ukraine with the EU for 2020 ÷ 2021 [35]
Rycina 1. Handel zagraniczny produktami rolnymi Ukrainy z UE w latach 2020 ÷ 2021 [35]

In 2022, Ukraine exported products of the agri-food industry in the amount of USD 21.1 billion. Among the above-mentioned products, the following were exported: corn (USD 5.3 billion), wheat (USD 2.3 billion), sunflower oil (USD 5.0 billion), rapeseed (USD 1.4 billion) [28]. During the “grain corridor” operation, 15.9 million tons were exported from Ukraine, including 4.7 million tons of wheat and 7 million tons of corn [31]. The agri-food sector of Ukraine faced numerous challenges in 2023 caused primarily by the Russian aggression, including the blockade of the Black Sea and road logistics, the destruction of agricultural infrastructure and stable interstate ties, obstacles to the export of agricultural products to EU countries, etc. The total export income amounted to USD 21.9 billion in 2023, which was 8 % less than in 2022 [9].

Grain crops in the agri-food sector generated export income of USD 8.28 billion in 2023, representing a 15.4 % increase compared to 2022. The export value of oil crops amounted to USD 2.78 billion in 2023, which was 25.6 % less than in 2022 [9] (Fig. 2).

The main reasons for the decrease in export income in 2023 was a drop in prices for almost all types of agri-food products compared to 2022. In 2023, the top five exporters of Ukraine's agri-food products were Romania (USD 2873.7 million), China (USD 2212.4 million), Turkey (USD 1989.9 million), Spain (USD 1761.9 million) and Poland (USD 1749.6 million) (Fig. 3).



Figure 2. The structure of exports of agricultural and food products in Ukraine for 2020 ÷ 2023 [28, 31, 36, 37, 38]

Rycina 2. Struktura eksportu produktów rolno-spożywczych Ukrainy w latach 2020 ÷ 2023 [28, 31, 36, 37, 38]

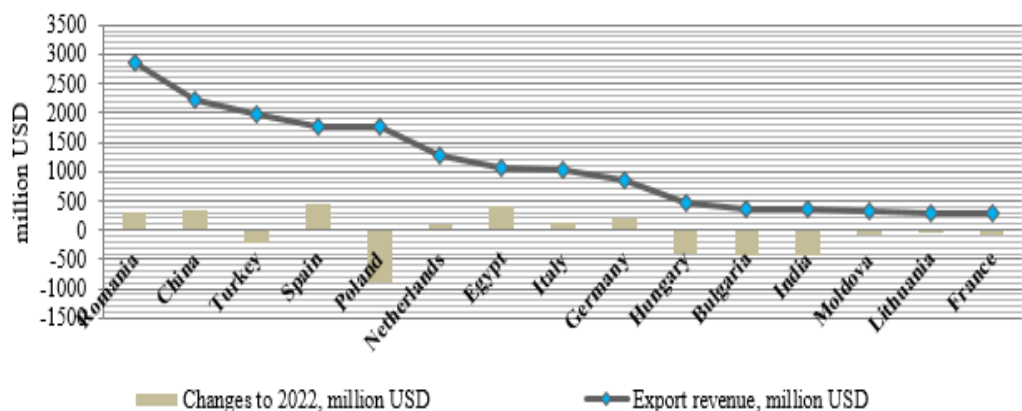


Figure 3. Ranking of countries of the world and Europe by export of agri-food products from Ukraine in 2023 [28, 31, 36, 37, 38]

Rycina 3. Ranking krajów świata i Europy według eksportu produktów rolno-spożywczych z Ukrainy w 2023 r. [28, 31, 36, 37, 38]

In the geographical structure of Ukraine’s geo-financial system in 2023, the European Union ranked first in providing the agri-food industry with its own savings, accounting for 56.9 %. Asian countries came second with 30.6 %, followed by African countries in third place with 7.1 %. North and South America were in sixth place, contributing 0.9 % to the structure (Fig. 4).

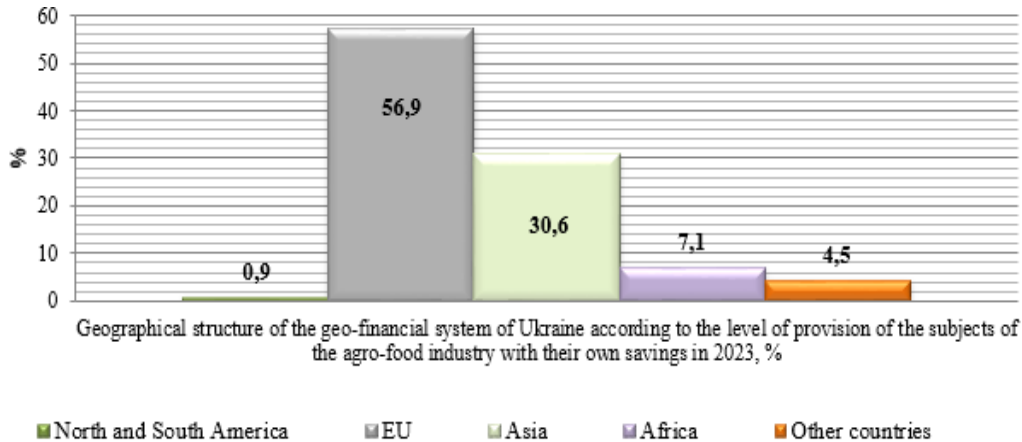


Figure 4. Geographical structure of the geo-financial system of Ukraine according to the level of provision of the subjects of the agri-food industry with their own savings in 2023 [39]

Rycina 4. Struktura geograficzna systemu geofinansowego Ukrainy według poziomu zabezpieczenia podmiotów przemysłu rolno-spożywczego własnymi oszczędnościami w 2023 r. [39]

In light of the situation regarding Ukraine's accession to the EU, its main task is to adapt the financial and credit policy to the provisions of the Common Financial and Credit System of the EU. The legislation of Ukraine in the field of the agri-food industry, in turn, should meet the relevant requirements. Since legislative and regulatory acts may pose challenges for agrarians to implement during wartime, they should be adopted with a deferred implementation period, after the end of martial law.

The foreign economic sector of the agri-food industry faces significant currency risks on export-import operations. This, in turn, affects the monetary sector and increases the dependence of production entities on the financial and credit flows of national banking institutions and global financial institutions. Thus, when exporting grain crops in 2023, the loss of profit for 1 ton of products (own savings) on average for one subject of the agri-food industry amounted to USD 129.34. The reason for the lack of own financial savings is the increase in the revaluation of the national currency in relation to the US dollar by 1.2 times, which led to a loss from 1 ton of grain exports in the amount of USD 74.71 per subject of the agri-food industry.

If hostilities in the country ceased in 2024 and global geo-economic policies and the geo-financial system stabilized, it would have been possible to estimate the increase in financial savings of entities in the agri-food sector compared to 2023. The primary condition here was the devaluation of Ukraine's national currency, aimed at increasing the pricing mechanism for agri-food exports by 1.26 times. This calculation was based on the assumption that the national currency exchange rate would return to its pre-war level. This would allow Ukrainian producers of the agri-food industry to ensure the capitalization of their own financial savings. At the same time, on average, the profit for 1 ton of products for one economic entity would be equal to USD 317.75 (Fig. 5).

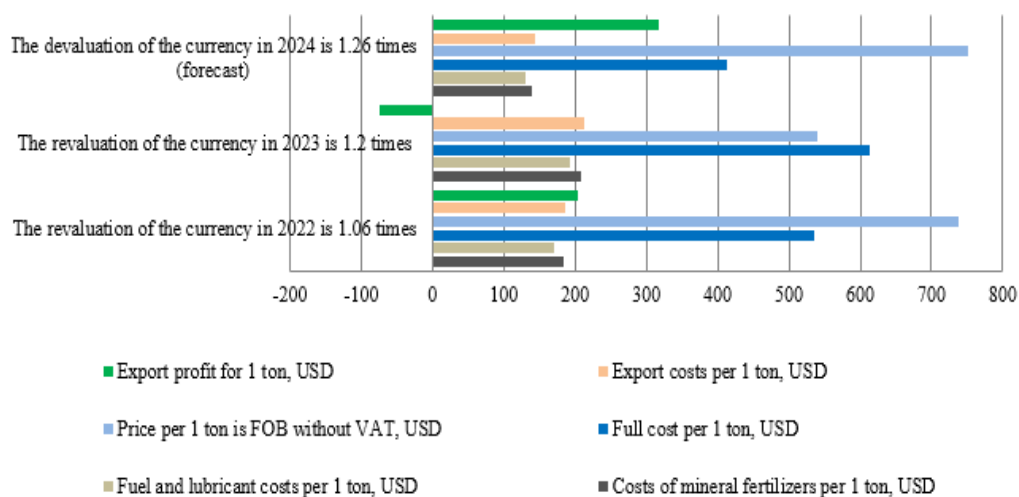


Figure 5. The impact of currency risks on the export of grain crops on average for each entity in Ukraine's agri-food industry for 2022 ÷ 2024

Rycina 5. Wpływ ryzyka walutowego na eksport zbóż średnio dla każdego podmiotu z ukraińskiej branży rolno-spożywczej w latach 2022 ÷ 2024

With the beginning of the war in Ukraine, geo-economic changes took place in the financial and credit policies within the agri-food sector of European countries. Fiscal balances deteriorated and price growth prompted increased interest rates on loans [17]. This worsened the conditions of access to financial resources, especially for those developing countries in the European world; it led to the devaluation of their currency and increased the cost of food and energy imports [47].

The level of inflation fluctuated from 2 % to 12 % in 2022 in the group of European countries and was higher than the EU average (Fig. 6). Given that these countries are the closest to the territory of the war, they experienced increased financial losses due to the disruption of logistics chains, the influx of refugees, the additional cost of financial services (including loans and insurance), etc. This group of countries needs substantial financial support from the European Central Bank. Otherwise, such a stratification of the incomes of Western and Eastern European countries may provoke the strengthening of administrative contradictions at the EU level.

It should be noted that Eastern European countries, which decided to retain their own currencies, are additionally at risk of devaluation. In the medium-term period, devaluation may stimulate the export of agri-food products, but in the short-term it will mean an even greater increase in the price of agri-food products and energy sources for business entities. Therefore, maintaining the stability of the exchange rate for these countries becomes one of the key tasks for the financial stability of entities within the agri-food industry [47].

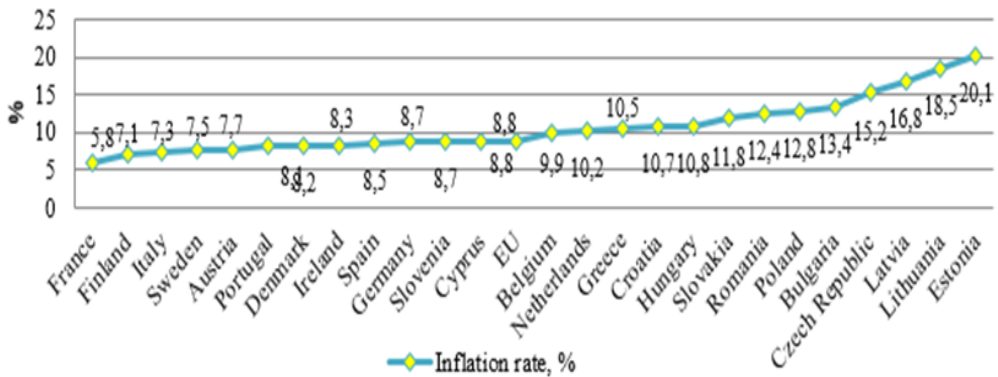


Figure 6. Inflation rate in EU countries for 2022 [47]

Rycina 6. Wskaźnik inflacji w krajach UE w 2022 r. [47]

While the NBU interest rate was 10 % in the first quarter of 2022, it rose to 25 % in the second quarter of 2022. This step was dictated by the need to preserve macroeconomic balances, reduce inflationary pressure and maintain the stability of the national currency. Since the real inflation rate was within 25 % during this period, this step could ensure financial stability and reduce the progressive deficit in the country's foreign economic and budgetary spheres (Fig. 7).



Figure 7. Dynamics of the discount rate of NBU in 2022 ÷ 2023 [30, 33, 34, 36, 39]

Rycina 7. Dynamika stopy dyskontowej NBU w latach 2022 ÷ 2023 [30, 33, 34, 36, 39]

The instruments of the financial and credit policies affecting the agri-food industry coincide with the instruments of the country's monetary policy, but they are not identical [4]. Both of them are the measures of intervention in the process of credit distribution among the producers of the agri-food sector and can be applied as instruments of control over the supply of money and inflation. The key instrument of credit and monetary policy is the discount rate of the central bank, which is an indicator for

assessing the value of money. Interest rate management is one of the most important monetary instruments of the financial and credit policy in the agri-food industry. It regulates the supply (demand) of financial and credit resources, the value of money and capital, the investment readiness of partner countries to invest in the restoration and provision of a stable financial system of industry entities, as well as stopping the outflow of their capital [2, 29].

Discussion

The emergence of geo-economic changes in shaping the financial and credit policy of the agri-food sector is associated with the following factors: increased interdependence between the monetary and budget sectors; the creation of various digital financial and credit systems and a network of intensive financial flows in the agri-food industry, in particular, its financial support, which led to the expansion of the "geography" of financial resources. At the same time, the space and time of movement of financial resources becomes more mobile [55].

In real time, financialization in geo-economics is a priority of many states, which is a symbiosis of formative and distributive financial flows based on financial technologies and strategic development tools [42]. The growing influence of financialization in geo-economics blurs the line between internal and external spheres of activity, and, especially, between internal and external policies in the banking and budgetary spheres of the agri-food industry. Since the global geo-financial transformation manifests itself in the formation of new centers of financial diplomacy, it resolves international conflicts regarding the sustainable financial security of any country that is increasingly dependent on geo-financial factors [43]. As a result, geo-financial methods of analysis are increasingly used by national governments when building models for the development of the financial and credit policy of the agri-food industry, both in the short term and in the long term [49].

Geo-economics and geo-finance are closely interconnected and outline the following important issues in the agri-food industry functioning:

1. the influence of climatic and landscape features on the specifics of financial support of the agri-food industry;
2. financial and credit flows for the recovery of the agri-food industry;
3. financial policy and strategy for increasing the competitiveness of the industry in the conditions of economic globalization;
4. the merger of the financial and credit and monetary system of the state in the field of international cooperation and financial and economic relations;
5. the formation of systematic and consistent strategic interaction of market participants;
6. the global coordination of financial flows to increase the volume of food flows;

7. a change in the system of division of labor and stabilization of the financial stability of the agri-food industry [15, 49].

The functioning of geo-finance in the agri-food sector and their institutional design are determined by the following factors:

1. The modification of commodity production of the agri-food industry through the globalization of production and investment and financial cooperation, carried out on the basis of technological chains.
2. The formation of internationalized reproductive nuclei (financial cycles) in the cross-border financial and credit support of the agri-food industry.
3. The formation of a mobile cross-border financial and credit system, which creates the economic environment for the operation of global conveyors – mobile reproductive financial cycles (cores).
4. The formation of the income system for financial and credit flows within the agri-food chain as interstate reproductive nuclei (IRN).
5. The redistribution of income (financial capital) as a strategic reference point for the reproduction of the foreign economic sector (geo-economic vector) [56, 57, 58].

Threats to the financial and credit policy governing the agri-food industry in European countries are geo-economic changes and the instability of supply chains, which provokes the risk of rising interest rates on bank loans. A characteristic detail is that most European countries are confident that the state of financialization of their national economy will differ from the global background for the better. This may indicate the presence of sovereignization sentiments in order to limit spending in favor of other countries [62]. Thus, inflation and the risk of interest rate increases are the biggest financial risks for subjects of the agri-food industry in European countries.

However, both risks in one way or another embody one threatening process – an increase in financial costs in the business structures of agri-food production and reduce the real consumption of financial resources. Based on this, monetary regulation in the financial and credit policy landscape of the agri-food industry in European countries should be coordinated with the possibilities of fiscal support for risk groups of agrarian business. The International Monetary Fund emphasizes that it is better for the EU to rely more on fiscal rather than monetary levers in the context of the challenges of the war in Ukraine [46, 59]. This means that the European Central Bank and national banks in the interest of fighting inflation can resort to raising rates, but this must be accompanied by fiscal support for small agricultural businesses to compensate them for the financial costs associated with raising rates. This is exactly the practice observed in the EU. In some countries, energy taxes were reduced on a long-term basis in 2022. France, for example, in the first quarter of 2022, introduced a one-year reduction in taxes on electricity (allocated EUR 8 billion, or 0.3 % of GDP) and reduced the tax on gasoline by EUR 0.15 per liter for four months, which cost the budget more than EUR

2.2 billion, or 0.1 % of GDP. In Germany, the gasoline tax was reduced by EUR 0.3 per liter [47].

In Western European countries, there are enough state programs for compensating interest rates on loans to subjects of the agri-food industry. This clearly emphasizes the risk of disintegration of the EU. The EU needs to start developing financial security programs for vulnerable business structures of agricultural production at the level of regional financial and credit policy as soon as possible, through the expansion of monetary supply and related fiscal stimulus measures and preservation of its own currency. There is a high probability that this influence may manifest itself in the form of the intensification of speculative operations in their currency, securities and real estate markets as a result of the uncontrolled movement of cross-border financial and credit flows (capital). An increase in the volume of such speculations can increase inflationary processes. Including and for this reason, international financial institutions have long emphasized the need for a policy of control over financial and credit flows (capital), which can be implemented by means of macroprudential instruments and requires a review of approaches to freely floating exchange rates [47].

In order to restore credit activity (regulate credit risk) and avoid significant arrears on loans, the NBU made changes to the Rules of Banks [36]. The NBU relaxed the regulatory policy on credit risk assessment in order to promote the intensification of lending to economic sectors. Such measures of the NBU include the following:

- granting the right to banking institutions not to recognize default on loans, long-term restructuring of which decreased the value of future cash flows by more than 10 %;
- the suspension of effects of high credit risk, determined by the financial results and debt burden of borrowers;
- the abolishment of restrictions on carrying out operations with parent companies of banking institutions regarding the exchange of foreign currency on the terms of “swap”;
- reducing the risk weight for consumer unsecured loans from 150 % to 100 % [38].

The central role of banking institutions in the financial and credit policy of the agri-food industry allows them to influence the methods of financing and investing. They are actively implementing financial instruments aimed at supporting and restoring their financial capabilities. However, it is important for the banking sector to independently adhere to responsible business practices, as the trend of bank lending in Ukraine had a downward trend (Fig. 8).

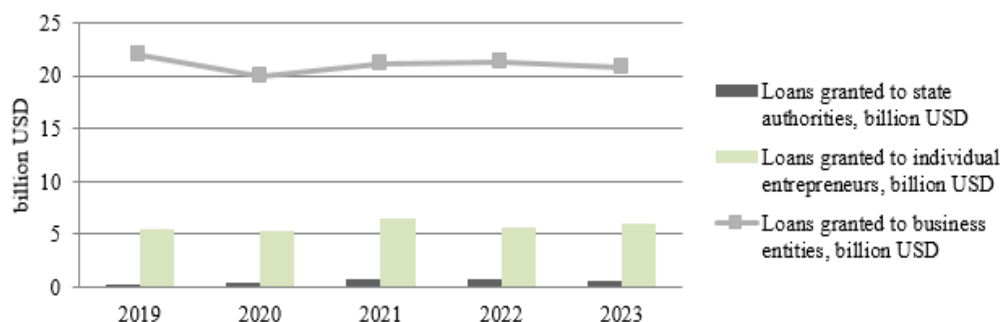


Figure 8. Volumes of bank lending in Ukraine from 2019 ÷ 2023 [33, 34]

Rycina 8. Wolumeny kredytów bankowych na Ukrainie w latach 2019 ÷ 2023 [33, 34]

A decrease in the amount of loans granted in 2023 by 39.1 % compared to 2021 was due to a decrease in the amount of loans granted to state authorities and individual entrepreneurs. The structure of bank lending is dominated by loans granted to business entities, which in 2023, compared to 2021, had also a tendency to decrease by only 2.3 %. This is due to the relocation of business structures from the occupied territories, the destruction of property and the loss of economic ties between partners, including banking institutions.

It should be noted that USD 20.72 billion of loans was issued to promote the growth of economic sectors during the martial law in Ukraine [39, 40]. The strengthening of credit support for producers of the agri-food industry on the part of the state made it possible to intensify state lending programs in which state banks take an active part. Thus, out of the total amount of issued bank loans, 56.4 % of them are directed to the sources of financing of agribusiness structures under the state program “Available Loans 5-7-9 %”. Loans under the program make up about 40 % of the net corporate portfolio in the national currency. Bank lending grew in 2022 primarily due to this program. Within the framework of this program, more than 80420 business structures of the agri-food industry were credited during 2022 ÷ 2023; the restoration of their financial potential amounted to USD 6.94 billion. In the first two months of 2024, the amount of loans under the state program amounted to USD 7.32 billion (Fig. 9).

The synergy of the “Affordable loans 5-7-9%” program with portfolio guarantees significantly expanded customers’ access to credit. The recovery of the economy, the improvement of the financial indicators of the agri-food industry and the severe limitation of budget resources caused the need to narrow the focus of the program in order to support small and medium-sized agribusiness and enterprises vulnerable to security risks. The purpose of issuing a loan was added to the program, such as business support during wartime, expanded loans to the agricultural sector, support for the sowing campaign, the restoration of the destroyed business of subjects, and their reloca-

tion. Farmers of the following regions received the largest amount of loans under the state support program: Kyiv region – USD 0.36 billion (1029 enterprises), Dnipro region – USD 0.20 billion (893 enterprises), Vinnytsia region – USD 0.18 billion (1558 enterprises), Cherkasy region – USD 0.17 billion (564 enterprises), Kirovohrad region – USD 0.15 billion (1803 enterprises), Odesa region – USD 0.13 billion (1179 enterprises) (Fig. 10).

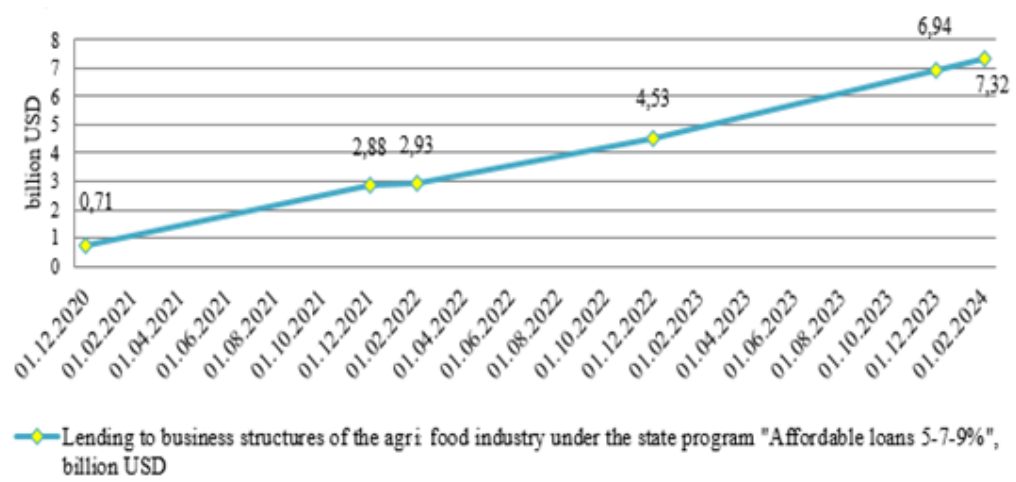


Figure 9. Lending to business structures of the agri-food industry under the state program "Affordable loans 5-7-9%" in 2022 ÷ 2023 [8, 36, 39]

Rycina 9. Kredytowanie struktur biznesowych branży rolno-spożywczej w ramach państwowego programu „Pożyczki przystępne 5-7-9%” w latach 2022 ÷ 2023 [8, 36, 39]

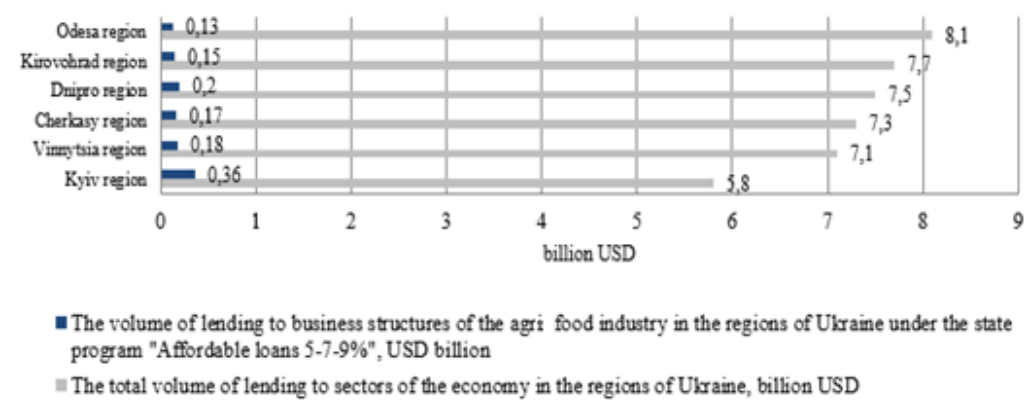


Figure 10. The volume of lending to business structures of the agri-food industry in the regions of Ukraine under the state program “Affordable loans 5-7-9%” [8, 36, 39, 40]

Rycina 10. Wielkość kredytów udzielanych strukturom biznesowym przemysłu rolno-spożywczego w regionach Ukrainy w ramach państwowego programu „Pożyczki przystępne 5-7-9%” [8, 36, 39, 40]

The sources of financial and credit support for Ukraine's agri-food industry are external loans and grants from global financial institutions in Europe and the world. Ukraine received USD 32.2 billion in international financial aid and USD 32.7 billion in support of the agri-food industry in 2022. Over the three quarters of 2023, the share of loans increased by 11.2 percentage points, while the share of grants decreased by 13.6 percentage points (Fig. 11).

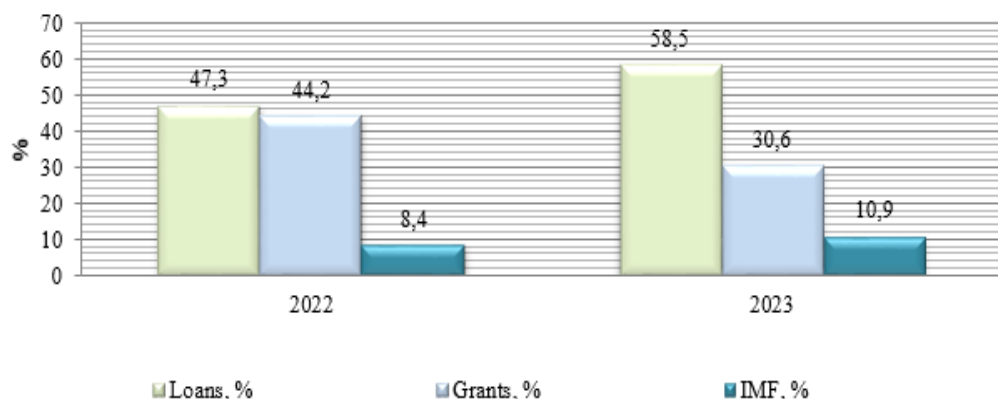


Figure 11. The structure of the sources of formation of the financial and credit system of the agri-food industry of Ukraine by global financial institutions for 2022 ÷ 2023 [29, 39, 40]

Rycina 11. Struktura źródeł kształtowania systemu finansowego i kredytowego przemysłu rolno-spożywczego Ukrainy według globalnych instytucji finansowych na lata 2022 ÷ 2023 [29, 39, 40]

In 2023, the general fund of the State Budget of Ukraine received approximately USD 5 billion in external financing. Grants provided on a non-refundable basis accounted for 11 % of the total financial assistance [29]. Japan donated USD 2.2 billion (concessional financing and grants), the EU – USD 1.6 billion (concessional financing), the International Monetary Fund – about USD 900 million (concessional financing), Norway – USD 190 million (grant), Germany – USD 55 million (grant), USA – USD 50 million (grant), Switzerland – USD 20 million (grant), World Bank – USD 8 million (concessional financing).

In January 2024, as part of a World Bank project aimed at social protection and restoration of the agri-food industry, the State Budget of Ukraine received USD 390 million from Japan. From the total amount of funds, a share of financial assistance in the amount of USD 89.8 million is directed to the project “Emergency project of providing inclusive support for the restoration of agriculture of Ukraine” [50].

Conclusions

Thus, the geo-economic changes in the development of the financial and credit policy of Ukraine's agri-food sector testify to the transformation of the financial support of agribusiness structures through important macro-financial indicators. These indicators include the stability of prices for the export of agricultural products during exchange rate regulation, efforts to implement financial activity of banking institutions to restore and increase the financial capabilities of economic entities. In the conditions of economic instability, the monetary, budgetary, banking and foreign economic sectors as components of the financial and credit policy of the agri-food industry determine the readiness of the country to resist external aggression. Therefore, these sectors affect the financial stability of agri-food producers.

The Russia's full-scale invasion of Ukraine made adjustments to all branches of the economy, changed the rules of their operation and introduced new restrictions on lending and financial assistance to the agricultural sector. Due to the coordinated work of the NBU, the banking sector is stable and controlled. The restoration and development of the financial and credit strategies within Ukraine's agri-food sector requires the coordinated work of all links of the internal mechanism and the financial support of partner countries and international organizations.

The main directions affecting the effectiveness of financial credit instruments are as follows: maintaining the level of capitalization of banks by ensuring their liquidity through a flexible refinancing mechanism and, as a result, increasing bank creditworthiness to support the agri-food industry entities; improving the quality of credit resources due to the improvement of the quality of bank assets; the creation of appropriate loyal conditions for obtaining a loan, which can become temporary tax benefits, as a tool for stimulating lending and investing in priority sub-sectors of the agri-food sector of the economy; the expansion of the internal market opportunities through the NBU's use of coordinated instruments of influence on the mechanism of the entire financial market; the development of a comprehensive strategy for the expansion of lending to agribusiness structures of agrarian orientation in the country.

The strategy of the financial and credit policy for the development of the agri-food industry should ensure an increase in direct and indirect financing of its business entities to increase output and, subject to increased state support, attract economic structures to capital investment and growth of own savings. This will significantly increase the financial indicators of the subjects of the agri-food industry and tax payments to the budget, in particular VAT and income tax. Primary financial support measures for agri-food industry producers during the period of martial law should be as follows:

1. to extend the validity of the state program "Affordable loans 5-7-9 %";

2. to expand the list of crops for which government grants are provided for the development of horticulture, berry growing and viticulture. In total, agribusiness structures received state aid in the amount of USD 13.1 million for the development of gardens and greenhouses in 2023. In particular, USD 10.5 million was paid for the development of gardens, USD 2.6 million for greenhouses;
3. to restore additional state incentives for developing family farms without the creation of a legal entity, which were suspended. Thus, for the 1st quarter of 2023, the compensation of the single social contribution to family farms in the amount of USD 0.05 million was carried out;
4. to implement state support for the organization of water use on reclamation lands in order to enhance agricultural production efficiency under the conditions of climate change.
5. to provide funds to producers of the agri-food industry on a non-refundable basis equaling up to 25 % of the expenditure amount (excluding VAT);
6. to regulate price of certain types of agricultural and food products in order to maintain the stability of the population's food supply. For a period of three months after the end of the war, it is necessary to establish the maximum level of trade allowance for wheat flour, milk, eggs, poultry carcasses, sunflower oil, rye-wheat bread (in the amount of no more than 10 %). Export licensing requirements for the specific types of livestock agricultural products should be abolished;
7. to endorse the action plan for demining agricultural land (about 470000 hectares of agricultural land);
8. to provide grant aid from the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations for financing micro- and small agricultural producers and cooperatives;
9. to provide assistance for the purchase of seeds of spring crops (wheat, barley, peas) for small farmers in the front-line regions.

The above measures will mitigate the adverse effects of the war for the agri-food industry and create conditions for preserving and restoring its financial potential.

References

- [1] Abramova I.V., Demy D.I.: Financial policy in the agricultural sector of the economy: state and prospects. Zhytomyr: Zhnaeu, 2015.
- [2] Beckman M.: A Review on the Distributional Effects of Monetary Policy. 2022. Retrieved from <https://www.positivemoney.eu/2022/08/distributional-effects-of-monetary-policy/>
- [3] Bernanke B.S.: The new tools of monetary policy. *Am. Econ. Rev.*, 2020, 110(4), 943-983.
- [4] Bezemer D., Ryan-Collins J., van Lerven F., Zhang L.: Credit Policy and the 'DebtShift' in Advanced Economies. *Soc. Econ. Rev.*, 2021, 21(1).
- [5] Blaschuk-Devyatkina N.Z., Feliseev V.A. The impact of monetary policy on the banking system of Ukraine. *Young Sci.*, 2020, 5(81), 153-158.

- [6] Bodnar O.A., Kucher V.A.: Features of the formation of financial resources of agricultural enterprises in modern conditions. *Mod. Econ.*, 2017, 6, 6-14.
- [7] Britchenko I., Filyppova S., Niekrasova L., Chukurna O., Vazov R.: The system of evaluation efficiency of the strategy of sustainable development of the enterprise in the decentralisation conditions. *Ikonomicheski Izsledvania*, 2022, 31(1), 118-138.
- [8] Cabinet of Ministers of Ukraine, 2022. Export agricultural products of Ukraine, 2023. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-tsoho-roku-eksportovala-ahroproduksii-na-211-miliardiv-dolariv-iuliia-svyrydenko>
- [9] Chamber of Commerce and Industry of Ukraine, 2023. Retrieved from <https://ucci.org.ua/press-center/ucci-news/z-prioritetami-roboti-na-2024-rik-viznachilis-uchasniki-komitetu-pidpriemstiv-agropromislovogo-kompleksu-torgovo-promislovoyi-palati-ukrayini>
- [10] Chizh N., Urban O.: Monetary and credit policy of Ukraine: modern trends and challenges. *Econ. Forum*, 2023, 1(1), 157-162.
- [11] Davydenko N., Skrypyk H.: Evaluation methods of investment attractiveness of Ukrainian agricultural enterprises. *Baltic J. Econ. Stud.*, 2017, 3(5), 103-107.
- [12] Dergachev V. *Geoeconomics (Modern Geopolitics)*, 2022, K.: VIRA-R.
- [13] Dibrova A., Davydenko N., Nehoda Y., Titenko Z.: Financial provision for competitiveness of agricultural enterprises. *Intellectual Econ.*, 2020, 14(1), 67-75.
- [14] Dropa Ya.B., Makarenko U.B.: The concept of modernization of the management of financial resources for the development of the national economy of Ukraine. *Black Sea Econ. Stud.*, 2019, 37, 191-198.
- [15] Filipenko A.S.: Methodological basis of geo-economic development. *Current Problems of International Relations*, 2008, 71(2), 5-10.
- [16] Galayko A.M.: State financial policy of supporting the development of the livestock industry. *Scientific Bulletin of I.I. Mechnikov Odesa National University. Series Economics*, 2018, 23, 3(68), 145-149.
- [17] Gordienko V.P., Tchaikovskiy Y.I.: Inflation targeting as an effective method of ensuring price stability. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 2012, 1(2), 15-21.
- [18] Hlushchenko S.V.: *Monetary policy: theoretical and methodological aspects*. 2017, Kyiv: NaUK-MA.
- [19] Ilchuk P.G., Kots O.O., Zborivets, Yu.B.: Impact of NBU monetary policy on credit and deposit rates dynamics. *Efficient Economy*, 2019, 9. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7278>
- [20] International Financial Corporation, 2023. Research on corporate governance in the banking sector of Ukraine. Retrieved from http://www2.ifc.org/ukraine/ucdp/materials/banking/Ukrainesurveyreport%20Final_Ukrainian.pdf
- [21] International Monetary Fund, 2022. Indicators of financial stability from the International Monetary Fund. Retrieved from <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fsi/guide/2006/pdf/rus/guide.pdf>.
- [22] Korneva I.V.: Increasing the effectiveness of monetary policy and tools for its implementation in Ukraine. *Scientific Notes of the National University "Ostroh Academy". Series "Economics"*, 2015, 28, 125-129.
- [23] Koroliuk T.O.: The role of monetary policy in ensuring the national security of Ukraine. *Economy and the State*, 2019, 6, 36-40.
- [24] Lanovska G.I., Demyanenko I.V.: Methodological aspects of financial intermediation research. *Economy and the State*, 2013, 12, 15-19.

- [25] Lemishko O.O.: State financial policy of capital reproduction in the agricultural sector of the economy. *Business Inform*, 2019, 6, 146-154.
- [26] Melnyk T., Varibusova A.: Variable indicators affecting the country's brand strategy effectiveness and competitiveness in the world. *Manage. Sci. Let.*, 2019, 9(10), 1685-1700.
- [27] Melnyk T., Golovachova O.: Foreign trade and regulatory policy in agriculture: national and international experience. *Economic Annals-XXI*, 2015, 3-4(2), 12-16.
- [28] Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Grain corridor of agricultural products left Ukraine. 2022. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/zernovyi-korydor-159-mln-tonn-ahroproduktii-vyikhalo-z-ukrainy>
- [29] Ministry of Finance of Ukraine. Grants and preferential financing from international partners. 2023. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/u-hrudni-2023-roku-minfin-zaluchyv-5-mlrd-dolariv-ssha-hrantiv-ta-pilhovoho-finansuvannia-vid-mizhnarodnykh-partneriv>
- [30] Ministry of Finance of Ukraine. 2022. Retrieved from <https://minfin.com.ua>
- [31] Ministry of Infrastructure of Ukraine Grain Initiative of agricultural products were shipped in the first month of operation. 2022. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/zernova-initsiatyva-za-pershyi-misiats-roboty-vidpravleno-ponad-17-mln-tonn-ahroproduktii>
- [32] Mishchenko V.I.: Organizational and methodological approaches to the introduction of the financial system stability assessment system at the NBU: informational and analytical materials. Kyiv: Center for Scientific Research of the NBU, 2015.
- [33] National Bank of Ukraine. NBU: Bank problems and a new stress test. 2020. Retrieved from <http://www.news.finance.ua/ua/news/~337930>
- [34] National Bank of Ukraine. NBU. Statistics of the financial sector. 2020. Retrieved from <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-financial#1ms>
- [35] National Bank of Ukraine. State Statistics Service of Ukraine. 2021. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- [36] National Bank of Ukraine. The about the activity of Ukrainian banks and banking groups. 2022a. Retrieved from https://bank.gov.ua/admin_uploads/law/25022022_23.pdf?v=6
- [37] National Bank of Ukraine Actions of the NBU during the aggravation of the global financial crisis. 2022b. Retrieved from <http://bank.gov.ua/doccatalog/document?id=120091>.
- [38] National Bank of Ukraine. State Statistics Service of Ukraine. 2022c. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua>.
- [39] National Bank of Ukraine. Report on financial stability. 2023. National Bank of Ukraine. Retrieved from https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/FSR_2023-H2.pdf?v=6
- [40] National Bank of Ukraine. Accounting rate of the NBU. 2023. Retrieved from <https://bank.gov.ua/ua/monetary/archive-rish>.
- [41] Orekhova T.V.: Transnationalization of economic systems in the conditions of globalization. Donetsk. Donetsk National University, 2007.
- [42] Papaika O.O., Gorbanskyi A.B.: World experience of the state's anti-inflationary policy: recommendations for Ukraine. *Industrial Economics*, 2010, 2, 3-8.
- [43] Pavlikha N.V.: Features of the formation of the country's modern geo-economic strategy from the standpoint of sustainable spatial development. *Current Problems of International Relations*, 2008, 71(2), 212-238.
- [44] Pidkhomnyi O.M., Demchyshak N.B., Dropa Y.B.: Population financial activity in the formation of indicators for public confidence level and shadow economy risks: the case of Ukraine. *Espacious*, 2019, 40(38), 16.

- [45] Polishchuk Y., Ivashchenko A., Britchenko I., Machashchik P., Shkarlet S.: European smart specialization for Ukrainian regional development: Path from creation to implementation. *Problems and Perspectives in Management*, 2019, 17(2), 376-391.
- [46] Prushkivska E.V., Vladykina A.B.: Targeting as an aspect of monetary policy in the context of globalization. *State and Regions. Series Economics and Entrepreneurship*, 2010, 3, 141-146.
- [47] Razumkov centre. Geopolitical and geo-economic changes shaped by Russian aggression and renewal of the place of Ukraine in the world. 2022. Retrieved from https://razumkov.org.ua/uploads/article/2022_TRANSFORMANS_UKR.pdf
- [48] Rokocha V.V., Ovahaylo B.M., Terekhov V.I.: *Geo-economics and global strategies of Ukrainian business (anti-crisis aspect): study guide*. K.: KROC University of Economics and Law, 2017.
- [49] Shevchenko M.M.: *Methodological principles of the analysis of interstate confrontation. A New Paradigm*, 2007, 68, 125-133.
- [50] Shushkova Y.V., Parfenyuk E.I., Turba R.B.: Peculiarities of bank lending and means of stabilizing business financial support in Ukraine in wartime conditions. *Business Inform*, 2023, 9, 213-221.
- [51] Slipchenko T.O.: Theoretical analysis of monetary regimes and criteria for its selection for Ukraine. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 2010, 20, 232-238.
- [52] State Financial Monitoring Service of Ukraine. Current methods and methods of legalization (laundering) of proceeds obtained through crime and financing of terrorism. 2021. Retrieved from <https://fiu.gov.ua/pages/dijalnist/tipologi/tipologi-derzhfinmonitoringu/tipologichne-doslidzhennya-aktualni-metodi-sposobi-instrumenti-legalizaczi-vidmivannya-zlochinnix-doxodiv-ta-finansuvannya-terorizmu-separatizmu.html>
- [53] The overcoming the global crisis. 2009. Retrieved from https://www.imf.org/external/russian/pubs/ft/ar/2009/pdf/ar09_rus.pdf
- [54] Trusova N.V., Prystemskyi O.S., Hryvkivska O.V., Sakun A.Zh., Kyrilov Yu.Y.: Modeling of system factors of financial security of agricultural enterprises of Ukraine. *Regional Science Inquiry*, 2021, 13(1), 169-182.
- [55] Trusova N.V., Yakusheva I.Ye., Zavoloka Yu.M., Yefremenko A.H., Malashenko Yu.A., Sidnenko M.V.: Imperatives of functioning of the financial market of Ukraine in the global space of debt loading. *J. Econ. Stud.*, 2020, 47(7), 101-115.
- [56] Tulush L., Hryshchenko O., Strikhovskiy D.: Trends in the development of dairy farming and its state financial support in Ukraine. *Economy of Agri-Industrial Complex*, 2023, 30(5), 33-45.
- [57] Tulush L.D., Radchenko O.D., Hryshchenko O.Yu.: The choice of indicators for monitoring financial regulation of sustainable development of agricultural regions: the example of Ukraine. 2021. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110601029>
- [58] Tulush L.D., Radchenko O.D., Lanovaya M.I.: Priorities and Efficiency of Government Support for the Agricultural Sector of Ukraine. In: *Sustainable Agriculture*. 2022. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-981-16-8731-0_2
- [59] Tyshchenko V.V.: Monetary policy in Ukraine. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Series: International Economic Relations and World Economy*, 2019, 26, 76-81.
- [60] Verkhovna Rada of Ukraine. Directive 94/19/EC "Deposit Guarantee Schemes". 2015. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_275#Text
- [61] Yegorycheva S.B.: *Innovative activity of commercial banks: strategic aspects*. 2010. Poltava: ASMI LLC.
- [62] Yurchyshyn V.: *Geopolitical and geo-economic changes formed under the influence of russian aggression and renewal of Ukraine's place in the world space*. 2022. Kyiv: Razumkov Center.

- [63] Zhelyuk T.L.: Achieving macroeconomic stabilization in the conditions of globalization and liberalization of the world economy. *Science and Economics*, 2014, 4(36), 171-176.
- [64] Zinchuk, T.A.: Problems of financial support of agricultural enterprises. *Scientific Bulletin of Kher-son State University. Series Economic Sciences*, 2014, 9(1), 109-112.

EWOLUCJA GEO-EKONOMICZNA W POLITYCE FINANSOWEJ I KREDYTOWEJ PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO NA UKRAINIE

Streszczenie

Wprowadzenie. Polityka finansowa i kredytowa sektora rolno-spożywczego Ukrainy ma kluczowe znaczenie dla jego stabilności i wzrostu, szczególnie w zmieniającym się kontekście geoeconomicznym. Zrozumienie tych zmian i ich wpływu jest niezbędne do opracowania skutecznych środków wspierających sektor.

Wyniki i wnioski. W artykule zbadano skuteczne środki rozwoju polityki finansowej i kredytowej sektora rolno-spożywczego Ukrainy w kontekście geoeconomicznym. Omówiono kierunki zmian geoeconomicznych wpływających na te polityki. W artykule pokazano globalny wektor rozwoju finansjalizacji w geoeconomii, który zmienia modele bilansów przepływów finansowych i kredytowych. Przedstawiono podejście geofinansowe i dokładnie przeanalizowano strukturę eksportu produktów rolno-spożywczych między Ukrainą a UE. Zbadano strukturę geograficzną ukraińskiego systemu geofinansowego. Oceniono wpływ ryzyka walutowego na eksport zboża dla przeciętnego podmiotu rolno-spożywczego na Ukrainie. W artykule zidentyfikowano dynamiczne wahania stopy inflacji wpływające na narzędzia pieniężne oraz politykę finansową i kredytową przemysłu rolno-spożywczego w krajach UE. Oceniono zakres udzielania pożyczek podmiotom prowadzącym działalność rolno-spożywczą. W artykule określono strukturę instytucjonalną operacji geofinansowych oraz warunki, które determinują przepływ środków finansowych z globalnych instytucji finansowych w celu wsparcia nowych cykli finansowych w kraju będącym w stanie wojny.

Słowa kluczowe: systemy geofinansowe, strategie finansowe i kredytowe, sektor rolno-spożywczy, finansowanie bankowe, dotacje 

ANNA KONIECZNA-MOLENDA

ZASTOSOWANIE GLUKOZYLTANSFERAZY CYKLODEKSTRYNOWEJ (CGTazy) IMMOBILIZOWANEJ NA SKROBI DIALDEHYDOWEJ (DAS) DO OTRZYMYWANIA CYKLODEKSTRYN

Streszczenie

Wprowadzenie. Unieruchomienie enzymu na nośniku może przynieść korzyści nie tylko z powodu obniżenia kosztów poprzez ponowne wykorzystanie lub zapewnienie ciągłości procesu, ale także przez zmianę specyficzności katalizatora względem produktów. Dużym wyzwaniem w reakcjach enzymatycznych jest zmiana specyficzności ilości produktów, co utrudnia powszechne stosowanie reakcji enzymatycznych, zwiększa koszty oddzielania i oczyszczania produktów. Cennym podejściem do generowania enzymów dostosowanych do potrzeb klienta stała się ukierunkowana zmiana enzymów na przykład w wyniku immobilizacji.

Wyniki i wnioski. W pracy zaprezentowano badania nad unieruchomieniem glukozylotransferazy cyklodekstrynowej (CGTaza) EC 2.4.1.19 na skrobi dialdehydowej (DAS), uzyskanej w wyniku utleniania skrobi ziemniaczanej. Dzięki dużej zawartości grup aldehydowych CGTaza była nieaktywna katalitycznie w stosunku do skrobi dialdehydowej. Uzyskany w wyniku immobilizacji biokatalizator CGTaza-DAS był aktywny w sześciu cyklach reakcji otrzymywania cyklodekstryn ze skrobi ziemniaczanej. Wyższą wydajność niż w katalizie homogenicznej uzyskano w czterech cyklach reakcji katalizowanych immobilizowaną CGTazą. W kolejnych cyklach biokatalizator nadal był aktywny, ale reakcja przebiegała z mniejszą wydajnością w porównaniu z reakcją z enzymem w stanie wolnym. Zaobserwowano zmianę stosunku otrzymywanych cyklodekstryn α : β : γ . W reakcji z enzymem nieimmobilizowanym uzyskano najwięcej β -CD. W reakcji katalizy heterogenicznej w cyklach I-III otrzymano więcej α -CD, w kolejnych cyklach wydajność γ -CD była większa niż β -CD. Dzięki wielokrotnemu zastosowaniu heterogenicznej biokatalizy znacznie zwiększono sumaryczną ilość otrzymanych cyklodekstryn. Zaprezentowany biokatalizator CGTaza-DAS może być z sukcesem zastosowany w procesach technologicznych w celu obniżenia kosztów otrzymywania cyklodekstryn.

Słowa kluczowe: immobilizacja, CGTaza, skrobia dialdehydowa DAS, cyklodekstryny

Wprowadzenie

Cyklodekstryny (CD) to klasa naturalnych maltooligosacharydów o unikalnych właściwościach. Są to jednorodne, krystaliczne i niehigroskopijne struktury cykliczne.

*Dr hab., prof. URK A. Konieczna-Molenda ORCID: 0000-0002-1283-0306; Katedra Chemii, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.
Kontakt e-mail: anna.konieczna-molenda@urk.edu.pl*

Najczęstszymi formami CD są α -, β - i γ -cyklodekstryny, które składają się z 6, 7 lub 8 jednostek D-glukopiranozydu połączonych wiązaniami α -1,4-glikozydowymi [6]. CD posiadające kształt stożka z hydrofilową powierzchnią i hydrofobową wnęką wykazują niezwykłą zdolność do rozpuszczania w środowisku wodnym i tworzenia kompleksów inkluzyjnych/koacerwatów z polarnymi i niepolarnymi cząsteczkami o różnych rozmiarach. α -, β - i γ -Cyklodekstryny są ogólnie uznawane za bezpieczne (GRAS), co pozwala na ich stosowanie w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym [1, 14].

Właściwości amfifilowe, nietoksyczność i zdolność do tworzenia kompleksów z cennymi, słabo rozpuszczalnymi związkami bioaktywnymi i lekami pozwala na znalezienie nowych zastosowań dla cyklodekstryn. CD, ze względu na swoje unikalne właściwości, świetnie sprawdzają się w zastosowaniach, które wymagają zwiększania rozpuszczalności w wodzie [9], zwiększania stabilności związków przed reakcjami fotodegradacji [4] lub ochrony przed utlenianiem [11, 24]. Dzięki zastosowaniu CD można wydłużyć okres przydatności do spożycia produktów spożywczych, maskować smaki/zapachy w żywności i lekach [2, 4, 12] i skutecznie uwalniać leki lub związki bioaktywne w organizmie lub systemach żywnościowych [7, 19, 23]. Rynek cyklodekstryn doświadczył na całym świecie w ciągu ostatniej dekady szybkiego wzrostu napędzanego dużym popytem w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym oraz kosmetycznym.

Cyklodekstryny uzyskiwane są wyłącznie poprzez działanie enzymu glukozylotransferazy cyklodekstrynowej (CGTaza) EC 2.4.1.19. Stosowana jest ona nie tylko do biotransformacji skrobi w celu otrzymywania cyklicznych oligosacharydów, ale też szeregu innych produktów transglikozylacji [3, 17]. Produkty te mają szerokie zastosowanie w różnych sektorach przemysłu, w tym w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, tekstylnym, kosmetycznym i agrochemicznym [15]. Ostatnie odkrycia nowych CGTaz z różnych mikroorganizmów dodatkowo jeszcze rozszerzyły jej zastosowania. Główną jednak wadą naturalnej CGTazy jest niska wydajność, która połączona z wysokim popytem na cyklodekstryny doprowadziła do znacznego wzrostu badań nad CGTazami [6]. W celu zwiększenia produktywności stosowana jest heterologiczna ekspresja, zmiany struktury molekularnej CGTazy oraz inne podejścia inżynierii molekularnej mające na celu poprawę właściwości enzymu, w tym specyficzności w stosunku do produktu i substratu, wydajności katalitycznej i stabilności termicznej.

Duże wyzwanie stanowi zmiana specyficzności ilości uzyskiwanych CD α -, β - i γ - oraz wielkości mieszanin CD otrzymywanych w reakcjach katalizowanych przez CGTazy. Utrudnia to ich powszechne stosowanie, stwarza problemy w oddzielaniu i oczyszczaniu cyklodekstryn, przez co zwiększa koszty produkcji. Dlatego konieczne jest opracowanie opłacalnych strategii ukierunkowania zmiany enzymów w celu generowania CGTaz dostosowanych do potrzeb klienta [16].

Immobilizacja CGTazy może poprawić znacznie specyficzność, stabilność wobec zmian temperatury i pH, a także wpływu rozpuszczalników organicznych oraz umożliwić ponowne użycie enzymu. Przejście z katalizy homogenicznej do heterogenicznej w wyniku unieruchomienia enzymu może prowadzić do poprawy aktywności i swoistości CGTazy.

Po raz pierwszy jako nośnik do unieruchomienia CGTazy zastosowano skrobię dialdehydową (DAS), która jest jednym z rodzajów skrobi utlenionej [26]. Utlenianie jest powszechnie stosowaną metodą modyfikacji chemicznej, która wprowadza grupy funkcyjne (np. grupy karbonylowe i karboksylowe) do skrobi [13]. DAS posiada inne właściwości fizykochemiczne niż skrobia natywna. Podczas utleniania łańcuchy skrobi zwykle ulegają fragmentacji i utlenianiu, zmieniając w ten sposób właściwości fizykochemiczne skrobi (np. właściwości termiczne, właściwości żelowania, właściwości reologiczne, lepkość, siłę pęcznienia i rozpuszczalność w wodzie) [16, 28]. Wprowadzenie grup aldehydowych nadaje skrobi dodatkowe właściwości przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe [26], które są ważne w zastosowaniach spożywczych i farmaceutycznych [13, 18].

Ponadto skrobia dialdehydowa wykazuje dobre właściwości sieciujące. Dzięki tym właściwościom funkcjonalnym DAS znalazła zastosowanie w: opakowaniach do żywności, produkcji tworzyw termoplastycznych, unieruchomieniu enzymów, adsorpcji jonów metali ciężkich, dostarczaniu leków, przyleganiu do drewna i garbowaniu skóry. Dodatkowo wysoce reaktywne grupy aldehydowe w DAS mogą reagować z substancjami zawierającymi grupy aminowe i grupy karbonylowe/hydroksylowe odpowiednio poprzez reakcje otrzymywania zasad Schiffa i aldolowe [8, 10].

Celem pracy było zbadanie zastosowania skrobi dialdehydowej (DAS) jako nośnika CGTazy i otrzymanie biokatalizatora o wyższej aktywności i zmienionej specyficzności w stosunku do produktów, co stanowi punkt odniesienia przy przygotowywaniu innych unieruchomionych enzymów o pożądanych właściwościach.

Materiał i metody badań

Enzym zastosowany do reakcji otrzymywania cyklodekstryn

Zastosowano enzym CGTazę z *Thermoanaerobacter* sp. (EC 2.4.1.19) w postaci roztworu o komercyjnej nazwie Toruzyme 3.0 L (Novozymes, Dania), który jest 4- α -D-(1,4- α -D-glukano)-transferazą 1,4- α -D-glukanu. Toruzyme 3.0 L katalizuje powstawanie α - i β -cyklodekstryny w równych ilościach, ale przy dłuższym czasie reakcji dominującym składnikiem staje się β -cyklodekstryna. Optymalna temperatura nie powinna przekraczać $80 \div 90$ °C, a zakres pH to 5,0 - 6,5.

Skrobia zastosowana do reakcji otrzymywania cyklodekstryny

Aktywność katalityczną CGTazy wolnej i immobilizowanej testowano w reakcjach z użyciem skrobi ziemniaczanej (Sigma-Aldrich, Polska).

Nośnik do immobilizacji CGTazy

Jako nośnik do immobilizacji CGTazy zastosowano skrobię dialdehydową DAS uzyskaną według procedury, w której przed utlenianiem jodanem(VII) sodu skrobię naświetlano przez 24 godziny światłem widzialnym liniowo spolaryzowanym [20]. Do utleniania zastosowano skrobię ziemniaczaną (Sigma-Aldrich, Polska).

Oznaczenie zawartości grup aldehydowych

Zawartość grup aldehydowych w DAS wyznaczono na podstawie miareczkowania kwasem [25]. DAS zmielono, 2,0 g umieszczono w 50 cm³ wody destylowanej w kolbie o pojemności 250 cm³ i ogrzewano we wrzącej wodzie przez 60 minut. Następnie roztwór schłodzono i doprowadzono do pH 3,2 za pomocą 0,1 M HCl. Do zawiesiny dodano 30 cm³ roztworu hydroksyloaminy. Roztwór hydroksyloaminy przygotowano przez rozpuszczenie 25 g chlorowodoru hydroksyloaminy w 100 cm³ 0,5 M NaOH, a następnie doprowadzono do 500 cm³ za pomocą wody destylowanej. Na koniec kolbę inkubowano w temperaturze 40 °C w łaźni wodnej przez 5 godz. przy 120 obr./min. Mieszaninę reakcyjną miareczkowano w celu określenia nadmiaru hydroksyloaminy, mianowanym roztworem HCl o stężeniu 0,1 mol/dm³ do punktu końcowego pH 3,2. Wykonano ślepą próbę z wodą destylowaną i odczynnikiem hydroksyloaminy, stosując tę samą procedurę. Zawartość grup aldehydowych w DAS obliczono, stosując równanie (1):

$$\text{zawartość grup aldehydowych \%} = [100\% \cdot (V_0 - V_p) \cdot C_M \cdot M_W] / (m \cdot 1000) \quad (1)$$

gdzie: V [cm³] – objętość roztworu HCl zużytego podczas miareczkowania; C_M [0,1 mol/dm³] – stężenie HCl; M_W – średnia masa cząsteczkowa powtarzalnej jednostki w skrobi dialdehydowej (161 g/mol); m – masa DAS (2,0 g). Oznaczenie zawartości grup aldehydowych wykonano dla 6 próbek DAS.

Immobilizacja CGTazy na nośniku DAS

Do $0,2 \pm 0,01$ g nośnika dodano 19,50 cm³ buforu fosforanowego o pH 7,0 i stężeniu 0,03 mol/dm³ oraz 0,50 cm³ enzymu i mieszano na mieszadle magnetycznym przez 120 minut. Następnie mieszaninę przesączono na lejku Büchnera przez sącdek celulozowy o średnicy porów 0,2 μm (Whatman). W przesączu po immobilizacji oznaczono ilość białka. Immobilizowaną CGTazę przemywano po kolei roztworami buforowymi: fosforanowym pH 7,0, fosforanowym pH 7,0 + 0,5 M NaCl, octanowym pH 5,5 i TRIS-Cl pH 7,2. Schemat immobilizacji przedstawiono na rycinie 1.



Rycina 1. Schemat immobilizacji CGTazy na nośniku DAS (opracowanie własne z użyciem programu CorelDRAW 2024)

Figure 1. Diagram of CGTase immobilization on the DAS carrier (own work using CorelDRAW 2024)

Reakcja otrzymywania cyklodekstryn

Skrobię ziemniaczaną zawieszoną w buforze fosforanowym o pH 5,5 i stężeniu $0,03 \text{ mol/dm}^3$ ogrzewano w temperaturze 90°C przez 10 min. Kleiki skrobiowe o stężeniu $0,1000 \pm 0,0001 \text{ mg/dm}^3$ termostatowano w temp. 37°C i dodano do jednego biokatalizator, do drugiego wolny enzym o aktywność $0,50 \text{ U/dm}^3$. Rozpoczęto pomiar czasu reakcji, próbki inkubowano mieszając w temp. 37°C i w określonych odstępach czasu, pobierano po $1,5 \text{ cm}^3$ mieszaniny reakcyjnej. Reakcję prowadzono przez 8 godzin. Próbki mieszaniny reakcyjnej ogrzewano we wrzącej łaźni wodnej przez $5 \div 7$ min. Po zakończeniu reakcji enzymatycznej oznaczono stężenie α -, β - i γ -CD metodą HPLC.

Po każdym cyklu reakcji odzyskiwano enzym immobilizowany na nośniku i używano go w kolejnych cyklach z nowymi roztworami skrobi. Każdą reakcję otrzymywania cyklodekstrym wykonano trzy razy.

Wykonano ślepą próbę, w celu sprawdzenia czy DAS ulega reakcji enzymatycznej pod wpływem CGTazy. Reakcję powtórzono 3 razy stosując enzym o trzech różnych aktywnościach : $0,50 \text{ U/dm}^3$, $1,00 \text{ U/dm}^3$, $1,50 \text{ U/dm}^3$.

Sposób oznaczania α -, β - i γ -CD

Mieszaniny reakcyjne filtrowano przez filtry membranowe z azotanu celulozy o średnicy porów $5 \mu\text{m}$ (Whatman, Wielka Brytania) i analizowano metodą chromatografii HPLC. Zestaw zbudowany był z pompy Shimadzu LC 10A (Shimadzu, Tokio, Japonia), iniektora Rheodyne 1020 (Rheodyne, Palo Alto CA, USA), kolumny Hyperasil APS-2 (Thermoelectron Corp., Londyn, Wielka Brytania; $300 \text{ mm} \times 4,5 \text{ mm}$) i detektora współczynnika załamania światła (L-7490 Merck, Darmstadt, Niemcy). Jako fazę ruchomą zastosowano mieszaninę acetonitryl:woda (80:20 v/v) z szybkością przepływu $0,5 \text{ cm}^3/\text{min}$. Stężenia cyklodekstryn obliczono na podstawie krzywej kalibracyjnej przygotowanej przy użyciu standardów α -, β - i γ -CD (Sigma-Aldrich, Polska).

Oznaczenie zawartości białka metodą Lowry'ego

Ilość CGTazy unieruchomionej na nośniku wyznaczono metodą Lowry'ego [22] na podstawie różnicy pomiędzy ilością enzymu w próbce do immobilizacji a ilością enzymu pozostającego w roztworze po immobilizacji. Pomiary wykonano z wykorzystaniem spektrofotometru UV-Vis 2101PC Shimadzu (Japonia), a ilość białka w badanych próbkach obliczono na podstawie krzywej kalibracyjnej przygotowanej dla tyrozyny jako substancji wzorcowej (Sigma-Aldrich, Polska) w zakresie stężeń $5 \div 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$. Na podstawie oznaczeń obliczono zawartości białka enzymatycznego na powierzchni nośnika DAS.

Analiza statystyczna wyników

Jednoczynnikową analizę wariancji przeprowadzono przy użyciu programu STATISTICA 13 (Dell Inc., Tulsa, USA). Do porównania zawartości cyklodekstryn w mieszaninach reakcyjnych wykorzystano test HSD Tukeya. Porównanie średnich przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Zawartość grup aldehydowych w DAS

Zawartość grup aldehydowych w DAS użytej do immobilizacji CGTazy wynosiła $36,4 \pm 0,72 \%$ ($p < 0,05$); jest to stosunkowo wysoka zawartość grup aldehydowych w porównaniu z danymi literaturowymi ($5,1 \div 20,2 \%$) [21]. Wysoki stopień utlenienia skrobi i duża zawartość grup $\text{C}=\text{O}$ ograniczyły selektywność substratową CGTazy w stosunku do DAS. W żadnej z próbek nie stwierdzono obecności cyklodekstryn w mieszaninach reakcji wykonanych jako ślepa próba czyli DAS z CGTazą.

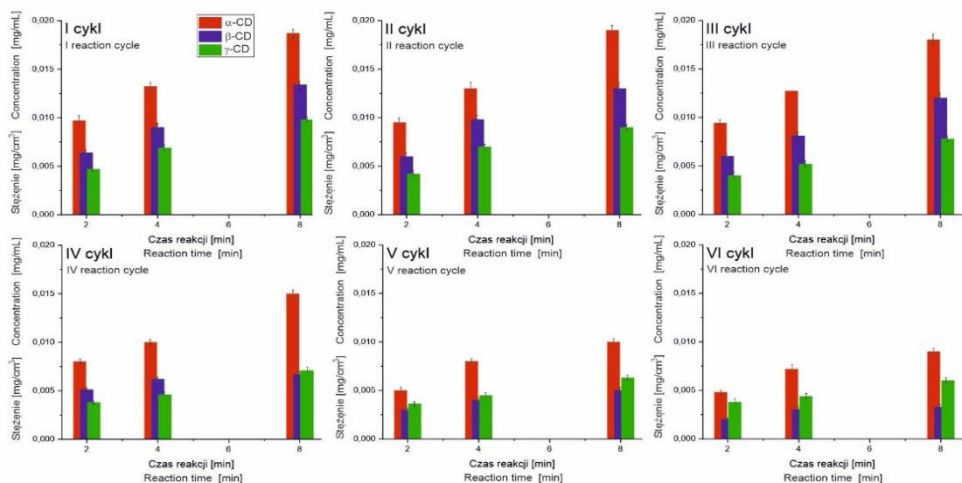
Ilość enzymu immobilizowanego na nośniku

Ilość enzymu unieruchomionego na DAS określono jako procent wyznaczony z próbki roztworu użytego do immobilizacji. Na nośniku immobilizacji uległo $86 \pm 6,7 \%$ zastosowanego preparatu enzymatycznego. Odpowiadało to ilości wolnej CGTazy pozwalającej uzyskać aktywność w reakcji wynoszącą $0,50 \pm 0,039 \text{ U}/\text{cm}^3$.

Badania aktywności biokatalizatora CGTaza-DAS

Wykonano reakcje otrzymywania cyklodekstryn z zastosowaniem CGTazy unieruchomionej na skrobi dialdehydowej. Biokatalizator zastosowano w sześciu cyklach reakcji (rysunek 2). W trzech pierwszych cyklach reakcji otrzymano najwięcej $\alpha\text{-CD} > \beta\text{-CD} > \gamma\text{-CD}$. Od IV cyklu reakcji zmienia się stosunek ilości cyklodekstryn $\alpha\text{-CD} > \gamma\text{-CD} > \beta\text{-CD}$. Uzyskany biokatalizator CGTaza-DAS został użyty w reakcji wielokrotnie i był on aktywny w sześciu cyklach reakcji (rycina 2). Biokatalizatora nie za-

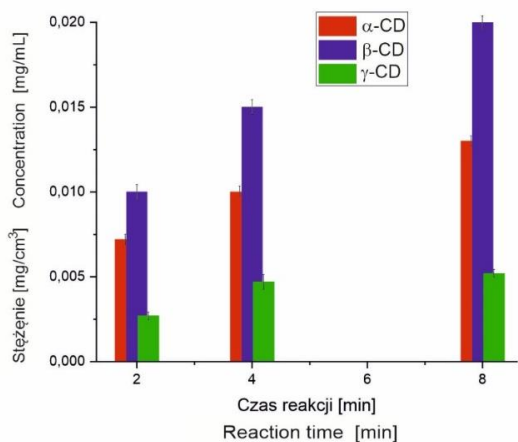
stosowano w siódmym cyklu, nie z powodu utraty aktywności, lecz z powodu utrudnionego odzyskania z mieszaniny, wynikającego z dużej rozpuszczalności w wodzie w porównaniu ze skrobią natywną.



Rycina 2. Zależność stężenia cyklodekstryn od czasu reakcji: ■ α-CD, ■ β-CD, ■ γ-CD, I-VI cykl reakcji z zastosowaniem biokatalizatora CGTaza-DAS

Figure 2. Dependence of cyclodextrin concentration on reaction time: ■ α-CD, ■ β-CD, ■ γ-CD, I-VI reaction cycle with the use of biocatalyst CGTase-DAS

Na rycinie 3 przedstawiono zależność stężenia cyklodekstryn α, β i γ od czasu reakcji katalizowanej CGTazą w stanie wolnym.



Rycina 3. Zależność stężenia cyklodekstryn od czasu reakcji: ■ α-CD, ■ β-CD, ■ γ-CD w reakcji z wolną CGTazą

Figure 3. Dependence of cyclodextrin concentration on reaction time: ■ α-CD, ■ β-CD, ■ γ-CD in the reaction with free CGTase

W wyniku reakcji katalizowanej wolną CGTazą otrzymano najwięcej β -CD > α -CD > γ -CD. Ilość cyklodekstryn otrzymanych w poszczególnych reakcjach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wydajność reakcji otrzymywania cyklodekstryn z zastosowaniem CGTazy wolnej i immobilizowanej na DAS

Table 1. Efficiency of reaction for obtaining cyclodextrins using free and immobilized CGTase on DAS

CGTaza		Produkty / Products	Wydajność reakcji po 8 godz. / Reaction yield after 8 hours $\times 10^{-3}$ [mg/cm ³]	Stosunek otrzymanych CD / CD Received Ratio $\alpha : \beta : \gamma$
Immobilizowana / immobilized	I cykl / cycle	α -CD	18,7 ^a ± 0,37	1,9 : 1,4 : 1
		β -CD	13,4 ^a ± 0,21	
		γ -CD	9,8 ^a ± 0,11	
	II cykl / cycle	α -CD	19,1 ^a ± 0,19	2,1 : 1,45 : 1
		β -CD	13,2 ^a ± 0,12	
		γ -CD	9,1 ^a ± 0,09	
	III cykl / cycle	α -CD	18,0 ^a ± 0,10	2,3 : 1,54 : 1
		β -CD	12,0 ^a ± 0,14	
		γ -CD	7,8 ^a ± 0,08	
	IV cykl / cycle	α -CD	15,1 ^a ± 0,10	2,2 : 1 : 1
		β -CD	7,0 ^a ± 0,05	
		γ -CD	7,2 ^a ± 0,03	
	V cykl / cycle	α -CD	10,1 ^a ± 0,11	1,6 : 0,78 : 1
		β -CD	4,9 ^a ± 0,02	
		γ -CD	6,3 ^a ± 0,04	
VI cykl / cycle	α -CD	9,0 ^a ± 0,09	1,48 : 0,54 : 1	
	β -CD	3,3 ^a ± 0,02		
	γ -CD	6,1 ^a ± 0,02		
nieimmobilizowana / not immobilized		α -CD	13,0 ^a ± 0,21	2,5 : 4 : 1
		β -CD	20,9 ^a ± 0,19	
		γ -CD	5,2 ^a ± 0,05	

Objaśnienia / Explanatory notes:

Średnie $\pm$ odchylenie standardowe; wartości liczbowe w wierszu oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy $p < 0,05$ ($n = 3$) / Means $\pm$ standard deviation; numerical values in the line labelled with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ ($n = 3$).

Sumarycznie we wszystkich sześciu cyklach reakcji katalizowanej CGTazą immobilizowaną otrzymano 0,1297 mg/cm³ α -CD, 0,0537 mg/cm³ β -CD i 0,0461 mg/cm³ γ -CD, co stanowi odpowiednio 998 %, 256 % i 883 % więcej niż w przypadku reakcji katalizowanej enzymem wolnym.

Wnioski

1. Skrobię dialdehydową (DAS) otrzymaną w wyniku utleniania skrobi ziemniaczanej zastosowano jako nośnik do immobilizacji enzymu. Dzięki wysokiej zawartości grup aldehydowych (36,4 %) CGTaza była nieaktywna katalitycznie w stosunku do DAS. Opracowano optymalne warunki reakcji umożliwiające immobilizację CGTazy na dialdehydowej skrobi.
2. Uzyskano aktywny biokatalizator CGTaza-DAS, którego wielokrotnie użyto w reakcji otrzymywania cyklodekstryn. Biokatalizator wykazywał aktywność w sześciu cyklach reakcji. Uzyskano wyższą wydajność w czterech cyklach reakcji katalizowanych immobilizowaną CGTazą. W V i VI cyklu biokatalizator nadal był aktywny, ale reakcja przebiegała z mniejszą wydajnością w porównaniu z reakcją z enzymem nieimmobilizowanym.
3. Zaobserwowano zmianę stosunku otrzymywanych cyklodekstryn $\alpha:\beta:\gamma$. W reakcji z enzymem nieimmobilizowanym uzyskano najwięcej β -CD, a w reakcjach katalizy heterogenicznej w cyklach I-III otrzymano więcej α -CD. W kolejnych cyklach wydajność γ -CD była większa niż β -CD.
4. Dzięki wielokrotnemu zastosowaniu heterogenicznej biokatalizy znacznie zwiększono ilość otrzymanych cyklodekstryn 998 % więcej α -CD, 256 % β -CD i 883 % γ -CD.
5. Zaprezentowany biokatalizator CGTaza-DAS może być z sukcesem zastosowany w procesach technologicznych w celu obniżenia kosztów otrzymywania cyklodekstryn. Ukierunkowana zmiana enzymu w wyniku immobilizacji może stać się cennym podejściem do generowania enzymów dostosowanych do potrzeb klienta.

Literatura

- [1] Aree T.: Understanding structures and thermodynamics of β -cyclodextrin encapsulation of chlorogenic, caffeic and quinic acids: implications for enriching antioxidant capacity and masking bitterness in coffee. *Food Chem.*, 2019, 293, 550-560.
- [2] Cantarel B.L., Coutinho P.M., Rancurel C., Bernard T., Lombard V., Henrissat B.: The Carbohydrate-Active EnZymes database (CAZy): An expert resource for glycogenomics. *Nucleic Acids Res.*, 2009, 37, D233-238.
- [3] Carmo C.S., Maia C., Poejo J., Lychko I., Gamito P., Nogueira I., Bronze M.R., Serra A.T., Duarte C.M.M.: Microencapsulation of α -tocopherol with zein and β -cyclodextrin using spray drying for colour stability and shelf-life improvement of fruit beverages. *RSC Adv.*, 2017, 7, 32065-32075.
- [4] [Carmo C.S., Pais R., Simplicio A.L., Mateus M., Duarte C.M.M.: Improvement of aroma and shelf-life of non-alcoholic beverages through cyclodextrins-limonene inclusion complexes. *Food Bioproc. Technol.*, 2017, 10, 1297-1309.

- [5] Carvalho Batista Muniz I., Barbosa Santos J., Moura de Oliveira R., Godoy Santos F., Cardozo de Souza Junior E., Oyama L., da Costa Ilh'eu Fontan R., Ferreira Bonomo R.C.: Current advances in obtaining novel cyclodextrin glycosyltransferases for optimizing the synthesis of cyclodextrins. *Process Biochem.*, 2024, 145, 95-209.
- [6] Chen H., Li L., Ma Y., McDonald T.P., Wang Y.: Development of active packaging film containing bioactive components encapsulated in β -cyclodextrin and its application. *Food Hydrocoll.*, 2019, 90, 360-366.
- [7] Ding W., Wu Y.: Sustainable dialdehyde polysaccharides as versatile building blocks for fabricating functional materials: an overview. *Carbohydr. Polym.*, 2020, 248, #116801.
- [8] Dong Q., Yuan E., Huang M., Zheng J.: Increased solubility and taste masking of a ternary system of neodiosmin with β -cyclodextrin and lysine. *Starch/Staerke*, 2017, 69, 5-6, #1600322.
- [9] Falsafi S.R., Topuz F., Rostamabadi H.: Dialdehyde carbohydrates-advanced functional materials for biomedical applications. *Carbohydr. Polym.*, 2023, 321(9), #121276.
- [10] Ghorbanzade T., Akhavan-Mahdavi S., Kharazmi M.S., Ibrahim S.A., Jafari S.M., Loading of fish oil into β -cyclodextrin nanocomplexes for the production of a functional yogurt, *Food Chemistry*, 2022,
- [11] Ho S., Thoo Y.Y., Young D.J., Siow L.F.: Stability and recovery of cyclodextrin encapsulated catechin in various food matrices. *Food Chem.*, 2019, 275, 594-599.
- [12] Hu, H., Yong H., Yao X., Yun D., Huang J., Liu J.: Highly efficient synthesis and characterization of starch aldehyde-catechin conjugate with potent antioxidant activity. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2021, 173, 13-25.
- [13] Jicsinszky L., Martina K., Cravotto G.: Cyclodextrins in the antiviral therapy. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, 2021, 64, #102589.
- [14] Khushbu R., Dimple P., Khushali T., Jaimini P., Kiransinh R., Rushikesh J.: A review on recent upgradation and strategies to enhance cyclodextrin glucanotransferase properties for its applications. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2024, 259, #129315.
- [15] Kuchaiyaphum P., Chotichayapong C., Butwong N., Bua-Ngern W.: Silk fibroin/poly (vinyl alcohol) hydrogel cross-linked with dialdehyde starch for wound dressing applications. *Macromol. Res.*, 2020,
- [16] Li Z., Wang M., Wang F., Gu Z., Du G., Wu J., Chen. J.: γ -Cyclodextrin: a review on enzymatic production and applications, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2007, 28, 844-850.
- [17] Li Y., Wang J.-H., Han Y., Yue F.-H., Zeng X.-A., Chen B.-R., Zeng M.-Q., Woo M.-W., Han Z.: The effects of pulsed electric fields treatment on the structure and physicochemical properties of dialdehyde starch. *Food Chem.*, 2023, 408, 135231.
- [18] Oliveira A.C., de Lima G.R.F., Klein R.S., Souza P.R., Vilsinski B.H., Garcia F.P., Nakamura C.V., Martins A.F.: Thermo-and pH-responsive chitosan/gellan gum hydrogels incorporated with the β -cyclodextrin/curcumin inclusion complex for efficient curcumin delivery. *React. Funct. Polym.*, 2021, 165, #104955.
- [19] Para A., Konieczna-Molenda A.: Starch dialdehyde from potato starch illuminated with linearly polarized visible light. *Carbohydr. Polym.*, 2010, 79, 445-448.
- [20] Rahman N.H.A., Jaafar N.R., Annuar N.A.S., Rahman R.A., Murad A.M.A., El-Enshasy H.A, Illias R.M.: Efficient substrate accessibility of cross-linked levanase aggregates using dialdehyde starch as a macromolecular cross-linker. *Carbohydr. Polym.*, 2021, 267, 118159.
- [21] Shen Y.X., Xiao K., Ling P., Ma Y.W., Huang X.: Improvement on the modified Lowry method against interference of divalent cations in soluble protein measurement. *Int. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Res.*, 2013, 97(9), 4167-4178.

- [22] Simionato I., Domingues F.C., Nerín C., Silva F.: Encapsulation of cinnamon oil in cyclodextrin nanosponges and their potential use for antimicrobial food packaging. *Food Chem. Toxicol.*, 2019, 132, #110647.
- [23] Vilanova N., Solans C.: Vitamin A Palmitate- β -cyclodextrin inclusion complexes: Characterization, protection and emulsification properties. *Food Chem.* 2015, 175, 529-535.
- [24] Wongsagon R., Shobsngob S., Varavinit S.: Preparation and physicochemical properties of dialdehyde tapioca starch. *Starch/Staerke*, 2005, 57, 3-4, 166-172.
- [25] Yong H., Liu J.: Recent advances on the preparation conditions, structural characteristics, physicochemical properties, functional properties and potential applications of dialdehyde starch: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2024, 259, #129261.
- [26] Yong H., Bai R., Bi F., Liu J., Qin Y., Liu J.: Synthesis, characterization, antioxidant and antimicrobial activities of starch aldehyde-quercetin conjugate. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2020, 156, 462-470.
- [27] Zuo Y., Liu W., Xiao J., Zhao X., Zhu Y., Wu Y.: Preparation and characterization of dialdehyde starch by one-step acid hydrolysis and oxidation, *Int. J. Biol. Macromol.*, 2017, 103, 1257-1264.

APPLICATION OF CYCLODEXTRIN GLUCOSYLTRANSFERASE (CGTASE) IMMOBILIZED ON DIALDEHYDE STARCH (DAS) FOR OBTAINING CYCLODEXTRINS

S u m m a r y

Background. Enzyme immobilization on a support can bring benefits not only due to cost reduction through reuse or ensuring process continuity, but also by changing the specificity of the catalyst for products. A major challenge in enzymatic reactions is the variability of the specificity of the amount of products, which makes the widespread use of enzymatic reactions difficult, increases the costs of product separation and purification. A directed change of enzymes, for example by immobilization, has become a valuable approach to generating enzymes tailored to customer needs.

Results and conclusions. This paper presents studies on the immobilization of cyclodextrin glucosyltransferase (CGTase) EC 2.4.1.19 on dialdehyde starch (DAS), obtained by oxidation of potato starch. Due to the high content of aldehyde groups, CGTase was catalytically inactive towards dialdehyde starch. The CGTase-DAS biocatalyst obtained as a result of immobilization was active in six reaction cycles of obtaining cyclodextrins from potato starch. Higher efficiency than in homogeneous catalysis was obtained in four reaction cycles catalyzed by immobilized CGTase. The biocatalyst was still active in the subsequent cycles, but the reaction proceeded with lower efficiency compared to the reaction with the enzyme in the free state. A change in the ratio of obtained α : β : γ cyclodextrins was observed. The most β -CD was obtained in the reaction with the non-immobilized enzyme. More α -CD was obtained in the reaction with the heterogeneous catalyst in cycles I-III, in subsequent cycles the efficiency of γ -CD was higher than β -CD. Due to the multiple use of the heterogeneous biocatalyst, the total amount of obtained cyclodextrins was significantly increased. The presented CGTase-DAS biocatalyst can be successfully used in technological processes to reduce the costs of obtaining cyclodextrins.

Key words: immobilization, CGTase, dialdehyde starch DAS, cyclodextrins 

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 2024 r.

Polskie akty prawne

1. Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 16 października 2024 r. zmieniające rozporządzenia w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii. (Dz. U. 2024 r, poz. 1548).
W rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 25 sierpnia 2004 w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii. (Dz. U. 2023 r, poz. 766) w załączniku nr 2 wprowadzono zmiany dotyczące granicznych lekarzy weterynarii w:
 - Dorohusku,
 - Koroszczynie,
 - Korczowej.Rozporządzenia obowiązują od dnia 1 stycznia 2024 r.
2. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 18 października 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie konkurencji i konsumentów. (Dz. U. 2024 r., poz. 1616).
Został ogłoszony jednolity tekst ustawy z dn. 16 lutego 2007 r. o ochronie konkurencji i konsumentów.
Przedmiotowa ustawa określa:
 - warunki rozwoju i ochrony konkurencji,
 - zasady podejmowania w interesie publicznym ochrony interesów przedsiębiorców i konsumentów.

W ustawie zostały określone organy właściwe w sprawach ochrony konkurencji i konsumentów.

3. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 19 grudnia 2024 r. w sprawie środków podejmowanych w związku z wystąpieniem choroby niebieskiego języka. (Dz. U. 2024 r, poz. 1906).

W związku z wystąpieniem na terytorium RP choroby niebieskiego języka:

- określono obszary na którym występuje choroba,
- zakazano przemieszczania bydła, owiec, kóz poza określone obszary.

4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 16 listopada 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie grzybów dopuszczalnych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy. (Dz.U. 2024 r., poz. 1686).

W rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 17 maja 2011 r. w sprawie grzybów dopuszczalnych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy wprowadzono zmiany w załączniku nr 3 do rozporządzenia, a dotyczące „wzoru atestu na grzyb świeży”.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2024/3167 z dn. 18 grudnia 2024 r. dotyczące zezwoleń na stosowanie cyjanokobalaminy (witamina B12) wytwarzanej przy użyciu *Ensifer adhaerens* CGMCC19596 jako dodatku paszowego dla wszystkich gatunków zwierząt. (Tekst ma znaczenie dla EOG). (DZ.U. UE L 2024 r., poz. 3167).

Komisja uznała, że substancja cyjanokobalamina (witamina B12) zostaje dopuszczona jako dodatek stosowany w żywieniu zwierząt z warunkami określonymi w załączniku do niniejszego rozporządzenia.

2. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2024/3167 z dn. 18 grudnia 2024 r. dotyczące zezwoleń na stosowanie preparatu L-slenometiooniny cynku jako dodatku paszowego dla wszystkich gatunków zwierząt. (Tekst ma znaczenie dla EOG). (DZ.U. UE L 2024 r., poz. 3168).

L-slenometionina cynk została dopuszczona jako dodatek stosowany w żywieniu zwierząt z warunkami określonymi w załączniku do niniejszego rozporządzenia.

3. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2024/2694 z dn. 17 października 2024 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek L-treonianu magnezu jako nowej żywności oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) 2017/2470. (Tekst ma znaczenie dla EOG). (DZ.U. UE L 2024 r., poz. 2694).

Zostało zezwolone wprowadzenie L-treonianu magnezu jako nowej żywności w Unii i włącza się go do wykazu nowej żywności. ☒



**X Ogólnopolska Konferencja Naukowa
z cyklu ŻYWNOSĆ – ŻYWIENIE – DIETETYKA
nt. „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne”**

W dniach 21-22 listopada 2024 r. w Częstochowie, odbyła się jubileuszowa, X Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu ŻYWNOSĆ – ŻYWIENIE – DIETETYKA. Tematem tegorocznej konferencji była „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne”.

W skład Komitetu Naukowego weszli Przewodnicząca prof. dr hab. inż. Danuta Kołożyn-Krajewska, UJD w Częstochowie, PTTŻ, KNoŻiŻ PAN) oraz Członkowie: prof. dr hab. inż. Zbigniew Dolatowski (IBPRS w Warszawie), prof. dr hab. Marzena Jeżewska-Zychowicz, prof. dr hab. inż. Lesław Juszcak (UJD w Częstochowie, UR w Krakowie, PTTŻ, KNoŻiŻ PAN), prof. dr hab. Janusz Kapuśniak, (UJD w Częstochowie, PTTŻ, KNoŻiŻ PAN), prof. dr hab. inż. Joanna Stadnik (UP w Lublinie, PTTŻ, KNoŻiŻ PAN), dr hab. Renata Barczyńska-Felusiak prof. UJD (UJD w Częstochowie, PTTŻ), dr hab. inż. Magdalena Człapka-Matyasik UP w Poznaniu, dr hab. Magdalena Franczyk-Żarów, prof. URK (UR w Krakowie), mgr inż. Marek Zborowski ANS w Nowym Sączu (praktyk)

W konferencji uczestniczyło 66 osób reprezentujących 17 ośrodków naukowych z całej Polski, a także studenci Uniwersytetu Jana Długosza w Częstochowie studiujący na kierunkach Dietetyka oraz Żywnienie Człowieka i Dietetyka. W trakcie konferencji zaproszeni goście wygłosili w sumie 7 wykładów plenarnych, 14 doniesień w formie 10 minutowych wystąpień oraz 31 e-posterów. Swoje wystąpienia mieli także przedstawiciele sponsorów – Firma Conbest, Firma Shim-pol, Firma FOSS Polska sp. z o.o., Premium Foods Group, Ogródek Dziadunia.

Konferencję otworzyła Pani Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, gości przywitani również w imieniu JM Rektor UJD Pan Prorektor ds. Nauki i Badań Naukowych dr hab. Bogusław Przywora, prof. UJD oraz Pani Dziekan WNŚPT dr hab. inż. Renata Barczyńska-Felusiak, prof. UJD.

W pierwszym dniu konferencji odbyły się 3 sesje naukowe w czasie których wygłoszono m.in. 4 interesujące wykłady plenarne:

- Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska - UJD w Częstochowie, dr hab. Renata Barczyńska-Felusiak, prof. UJD - UJD w Częstochowie „*10 lat Konferencji Naukowych ŻYWNOŚĆ – ŻYWIENIE – DIETETYKA*”,
- Prof. dr hab. Joanna Stadnik - Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie „*Żywność funkcjonalna - czyli jaka? Aspekty prawne*”.
- Dr hab. Magdalena Franczyk-Żarów, prof. URK - Uniwersytet Rolniczy w Krakowie „*Diety niekonwencjonalne - za i przeciw, bezpieczeństwo żywieniowe*”.
- Prof. dr hab. Marzena Jeżewska-Zychowicz - SGGW w Warszawie „*Dlaczego człowiek modyfikuje swoją dietę? Perspektywa społeczna i psychologiczna*”.

W drugim dniu konferencji odbyły się 2 sesje, w czasie których zaprezentowano 3 wykłady plenarne:

- Dr Andrzej Siemaszko - Centrum Badawcze nad Żywnością Funkcjonalną sp. z o.o. „*Znak Certyfikujący Unii Europejskiej „F-Food” dla żywności o szczególnej wartości odżywczej*”.
- Dr hab. Magdalena Człapka-Matyasik - Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu „*Wykorzystanie żywności funkcjonalnej w żywieniu i dietetyce*”.
- Mgr inż. Marek Zborowski - ANS w Nowym Sączu (praktyk) „*Diety konwencjonalne i niekonwencjonalne w cateringu dietetycznym*”.

Wystąpili również przedstawiciele sponsorów.

Przerwy kawowe przygotowali i obsługiwali studenci Dietetyki oraz Żywnienia Człowieka i Dietetyka. Obok kawy i herbaty goście mogli poczęstować się ciastami, które przygotowali studenci, sokami i musami dostarczonymi przez jednego ze sponsorów firma MASPEX oraz lemoniadami dostarczonymi Premium Foods Group, Ogródek Dziadunia. Obiady przygotowała firma cateringowa Amaro, a obsługę zapewnili uczniowie z Zespołu Szkół Gastronomicznych w Częstochowie im. Marii Skłodowskiej-Curie pod opieką absolwentki kierunku Żywnienia Człowieka i Dietetyki mgr

Justyny Ludynii. Uroczysta kolacja odbyła się w restauracji hotelu Browar Czenstochovia.

Nad organizacją i sprawnym przebiegiem konferencji pieczę pełnił Komitet Organizacyjny Konferencji w osobach Przewodnicząca dr inż. Beata Mikuta, Sekretarz mgr Cyprian Lisowski, Członkowie dr Kamila Kapuśniak, prof. UJD, dr inż. Marta Pokora-Carzyńska, dr Anna-Maria Sapała, dr Arkadiusz Żarski, mgr Karolina Górnik-Horn, mgr Monika Lewańska, mgr Agnieszka Migoń, mgr Anita Szczechowicz, mgr Magdalena Rudlicka, mgr Malwina Wójcik.

Kolejna konferencja odbędzie się za 2 lata, czyli jesienią 2026 roku.

Opracowała:

Dr inż. Beata Mikuta

Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie

Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych

Katedra Dietetyki i Badań Żywności

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

PROF. DR HAB. ZDZISŁAW TARGOŃSKI 1947-2024



Profesor Zdzisław Targoński urodził się 27 października 1947 roku w Lublinie. W latach 1961-1966 uczęszczał do Technikum Chemicznego w Lublinie do klasy o specjalności technologia chemiczna. Studiował na kierunku chemia Wydziału Mat-Fiz-Chem. UMCS w Lublinie. Studia ukończył w 1971 r. z wynikiem bardzo dobrym. Karierę zawodową rozpoczął jako nauczyciel w Technikum Spożywczym w Lublinie. W 1973 roku został zatrudniony na stanowisku starszego asystenta w Zakładzie Technologii Rolnej, Instytutu Chemii i Technologii Rolnej, Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej w Lublinie. W 1978 r. obronił pracę doktorską pt. „Dynamika nagromadzania kompleksu enzymów celulolitycznych w hodowlach szczepu *Fusarium* sp. na różnych substratach celulozowych” przed Radą Wydziału Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Poznaniu, uzyskując stopień naukowy doktora nauk technicznych z zakresu technologii i chemii żywności. Promotorem pracy doktorskiej był doc. dr hab. Czesław Szajer. W 1986 r. Rada Wydziału Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Poznaniu na podstawie rozprawy pt. „Badania nad zwiększeniem efektywności enzymatycznej hydrolizy surowców ligninocelulozowych i biokonwersji hemiceluloz”, nadała mu stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych. Od 1990 roku pracował na stanowisku profesora nadzwyczajnego, a od 1999 roku profesora zwyczajnego. Tytuł profesora nauk rolniczych uzyskał w 1995 roku.

Profesor Targoński w latach 1990-1996 pełnił funkcję prodziekana na Wydziale Rolniczym Akademii Rolniczej w Lublinie. W 1992 roku objął stanowisko kierownika Katedry Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, która od 2005 r. zmieniła nazwę na Katedrę Biotechnologii Żywnienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, a na-

stępnie na Katedrę Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka. Kierował Katedrą do chwili przejścia na emeryturę co miało miejsce 30 września 2018 r.

W latach 1996 – 2002 pełnił funkcję prorektora ds. studenckich i dydaktyki, a następnie, przez dwie kadencje, w latach 2002-2008 rektora Akademii Rolniczej w Lublinie, a po zmianie nazwy – Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. W latach 2005-2008 był przewodniczącym Konferencji Rektorów Uczelni Rolniczych KRASP a w latach 2010-19 członkiem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułu Naukowego.

W 2007 roku otrzymał godność doktora honoris causa Narodowego Uniwersytetu Rolniczego w Kijowie, w 2015 r. godność doktora honoris causa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, a w 2019 r. godność doktora honoris causa Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Zainteresowania badawcze prof. dr. hab. Zdzisław Targońskiego skupiały się na następujących obszarach; biotechnologia żywności, biotechnologia przemysłowa, towaroznawstwo surowców i środków spożywczych, żywienie człowieka. Bardzo ważną częścią Jego dorobku naukowego były badania nad biotransformacją biomasy ligninocelulozowej oraz opracowaniem technologii etanolu z tych substratów. Prace te obejmowały obróbkę wybranych źródeł biomasy, wykorzystując do tego celu zarówno metody fizyczne jak i fizykochemiczne. Ponadto prowadził badania nad intensyfikacją wytwarzania celulaz i ksylanaz przez mutanty *Trichoderma reesei*. Zajmował się również takimi zagadnieniami jak: aktywność prozdrowotna bakterii jelitowych, właściwościami prozdrowotnymi bakterii fermentacji mlekowej, syntezą pullulanazy przez szczep *Lactobacillus* IBB500 czy hamowaniem aktywności esterazy acetylocholinowej i butyrocholinowej, które są enzymami odpowiedzialnymi za rozwój choroby Alzheimera.

Dorobek naukowy obejmuje 291 publikacji naukowych, w tym m.in. 140 oryginalnych prac naukowych, 106 artykułów popularnonaukowych, komunikatów na sympozja i sesje naukowe, 5 rozdziałów w książkach, 13 opracowań nie przeznaczonych do publikacji. Jego publikacje ukazały się w znanych czasopismach zagranicznych m.in. w: *Biotechnol. Letters*, *Biotechnol. and Bioeng.*, *Enzyme Microb. Technol.*, *Acta Biotechnol.*, *Syst. Appl. Microbiol.*, *Appl. Biol. Comm.*, *Le Lait*, *J. Microbiol. Biotechnol.*, *Lett. Appl. Microbiol.*, *J. Inst. Brew.*, *J Functional Foods*, *Plots One*, *Current Microbiology*, *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, *Molecules*, *Int. J. Mol. Sci.*, *Scientific Reports*; jak również w czasopismach krajowych takich jak; *Polish J. Food Nutr. Sci.*, *Acta Microb. Pol.*, *Postępy Mikrob.*, „Żywność. Nauka.Technologia. Jakość” i inne.

Współautor lub autor 27 patentów i wzorów użytkowych oraz ponad 160 ekspertyz, opinii i recenzji. Był kierownikiem lub wykonawcą w 16 projektach badawczych realizowanych na zlecenie różnych jednostek w tym; Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa

Wyższego, Komitetu Badań Naukowych, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju i innych.

W czasie pracy zawodowej Profesor przebywał na stażach naukowych w University British Columbia w Vancuve (Kanada), Narodowym Uniwersytecie Rolniczym w Kijowie (Ukraina), Taiyuan Uniwersytet w Taiyuan (Chiny) oraz Ain Shams University w Kairze (Egipt). Odbił średnioterminowe staże naukowe w Instytucie Biochemii w Moskwie oraz Instytucie Biotechnologii i Inżynierii Genetycznej w Trieście (Włochy). W ramach programu Tempus wielokrotnie wizytował uczelnie wyższe Francji, Włoch, Holandii, Belgii.

Prof. dr hab. Zdzisław Targoński wypromował 22 doktorów. Wykonał 156 recenzji w tym; 4 recenzje na tytuł doktora honoris causa, 22 recenzje dorobku na tytuł naukowego profesora na zlecenie rad wydziałów, 38 opinii dotyczących wniosków o nadanie tytułu naukowego profesora na zlecenie CK, 20 recenzji dorobku kandydatów ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego, 66 ocen rozpraw doktorskich, 6 rozpraw doktorskich i oceny przebiegu postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora na zlecenie CK. Ponadto był 120-krotnie przewodniczącym komisji habilitacyjnych w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Profesor Zdzisław Targoński był cenionym dydaktykiem. Potrafił dzielić się swoją wiedzą z wieloma pokoleniami studentów jak również współpracowników. Był odpowiedzialny za tworzenie kierunku technologia żywności i żywienie człowieka oraz biotechnologia, które są realizowane na Wydziale Nauk o Żywności i Biotechnologii UP w Lublinie. Z Jego inicjatywy powołany został kierunek nauczania towaroznawstwo. Był promotorem 72 prac magisterskich i 18 prac inżynierskich. Ponadto recenzował ponad 150 prac magisterskich i inżynierskich. Był organizatorem i opiekunem studenckiego koła naukowego technologów żywności przy Lubelskim Oddziale PTTŻ.

Poza działalnością naukowo-dydaktyczną Profesor Zdzisław Targoński aktywnie uczestniczył w pracach Komitetu Nauk o Żywności i Komitetu Biotechnologii PAN. Był współtwórcą i pierwszym przewodniczącym Lubelskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności. Za działalność na rzecz PTTŻ został odznaczony Złotą Odznaką PTTŻ w 2004 roku, a w 2019 r. został honorowym członkiem PTTŻ. Od 2007 roku pełnił funkcję prezesa Akademickiego Związku Sportowego Województwa Lubelskiego. W latach 2012-2017 był przewodniczącym Rady Naukowej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie.

Za swoją pracę profesor Zdzisław Targoński był wielokrotnie odznaczany m.in. Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Medalem Komisji Narodowej, Nagrodami I Stopnia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2002-08 oraz w 2017 roku za całokształt osiągnięć, papieskim Medalem Pro Ecclesia et Pontifice, Medalem Lumen Mundi, odznaczeniami Akademickiego Związku Sportowego, w tym

honorowym członkiem AZS, nagrodą Prezydenta Miasta Lublin za działalność w sporcie akademickim za 2018 r., nagrodami JM Rektora Akademii Rolniczej w Lublinie. Za wybitne zasługi w działalności naukowej i organizacyjnej Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej Andrzej Duda nadał pośmiertnie profesorowi Zdzisławowi Targońskiemu Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski.

Społeczność Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii UP w Lublinie z głębokim smutkiem przyjęła wiadomość o odejściu prof. dr hab. Zdzisława Targońskiego dr h.c. multi w dniu 24 września 2024 roku. Był wzorem dla wielu z nas, oddanym przyjacielem i doradcą, człowiekiem, na pomoc którego zawsze można było liczyć, obdarzonym subtelnym poczuciem humoru, o ogromnym autorytecie naukowym oraz głębokiej mądrości i wiedzy. Profesor Zdzisław Targoński pozostawił po sobie trwały ślad w historii Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii UP w Lublinie, którego był pomysłodawcą i doprowadził do jego powstawania. Miał znaczący wpływ na powstanie budynku w którym mieści się Wydział. Jednak jednym z ważniejszych, z wymienionych osiągnięć profesora Zdzisława Targońskiego, był jego nieoceniony wkład w kształcenie wielu pokoleń studentów oraz rozwój kadry naukowej. Pokazał wielu młodym pracownikom nauki, że warto współpracować z innymi naukowcami, warto być otwartym, warto konkurować, ale także akceptować propozycje innych. Kształtował nowe pokolenia, nie tylko używając słowa, ale też poprzez przykład swojego postępowania. Niespodziewane odejście Profesora Targońskiego to bardzo bolesna strata dla społeczności akademickiej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii, straciliśmy znanego i powszechnie szanowanego naukowca, mentora, skutecznie zabiegającego o rozwój, pozycję i prestiż naszej Jednostki. Ale przede wszystkim straciliśmy dobrego człowieka, który pomógł wielu osobom w osiągnięciu obecnej pozycji zawodowej.

W naszej pamięci Profesor Zdzisław Targoński pozostanie na zawsze jako Wybitny Naukowiec i Nauczyciel Akademicki, zasługujący na najwyższy szacunek Przełożony, Człowiek bardzo zycliwy i serdeczny, połączony szczególnie trwałą więzią z Uniwersytetem i Wydziałem.

*prof. dr hab. Waldemar Gustaw
Dziekan Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii
Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie*

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

PROF. DR HAB. INŻ. PIOTR TOMASIK 1937-2024



31 października 2024 roku zmarł prof. dr hab. inż. Piotr Tomasik – wybitny naukowiec, znawca syntezy organicznej, chemii koordynacyjnej oraz chemii i technologii polisacharydów, autor i współautor ponad 400 prac naukowych oraz 67 patentów, promotor 29 doktorów.

Piotr Tomasik urodził się 19 maja 1937 roku w Drohobyczu (ówczesna Polska, obecnie Ukraina) w rodzinie Zdzisława Józefa Tomasika, doktora chemii, specjalisty w dziedzinie technologii przemysłu naftowego, profesora Politechniki Lwowskiej i Politechniki Wrocławskiej oraz jego żony Heleny. Dzieciństwo spędził w Drohobyczu, skąd podczas drugiej wojny światowej w obliczu ataków sowieckiego lotnictwa na znajdujące się tam rafinerie ropy, rodzina Tomasików musiała ewakuować się w okolice Krosna, następnie przeniosła się do Rzeszowa, potem do Krakowa i Oświęcimia, gdzie Zdzisław Tomasik był głównym technologiem tamtejszego kombinatu, by w końcu dotrzeć i osiedlić się we Wrocławiu.

Piotr Tomasik studiował na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej (PW) (1954-1959). Jeszcze przed ukończeniem studiów został asystentem w Katedrze Chemii Organicznej na Wydziale Farmaceutycznym Akademii Medycznej we Wrocławiu (1959-1961), a po ich ukończeniu, początkowo asystentem, a po obronie pracy doktorskiej (1966) starszym asystentem w Katedrze Chemii Organicznej I na Wydziale Chemicznym PW (1961-1967). Przez kolejne lata był adiunktem w Instytucie Chemii Organicznej PAN w Warszawie (1967-1972), pracując w Laboratorium Petrochemii we Wrocławiu oraz adiunktem w Instytucie Chemii i Technologii Nafty i Węgla PW (1972-1973). Po przeniesieniu się do Częstochowy został zatrudniony na stanowisku docenta w Wyższej Szkole Pedagogicznej (1973-1978). Gdy zamieszkał w Krakowie, przez blisko 30 lat był związany z Akademią Rolniczą im. Hugona Kołłątaja (AR),

gdzie pracował na stanowisku docenta, a następnie profesora w Katedrze Chemii, przemianowanej w późniejszych latach na Katedrę Chemii i Fizyki (1978-2007), był kierownikiem tej Katedry (1996-2007). Po przejściu na emeryturę (2007) został profesorem w Krakowskiej Wyższej Szkole Promocji Zdrowia (2010-2017), a następnie objął stanowisko kierownika Działu Badań i Rozwoju w Nantes Nanotechnological System. Inc. w Bolesławcu (2017-2024).

Piotr Tomasik uzyskał tytuł mgr inż. chemii mając 22 lata (PW), stopień doktora nauk chemicznych po siedmiu latach (PW), a doktora habilitowanego (Instytut Chemii Organicznej PAN), profesora nadzwyczajnego i zwyczajnego (AR), odpowiednio, w 1973, 1978 i 1990 roku.

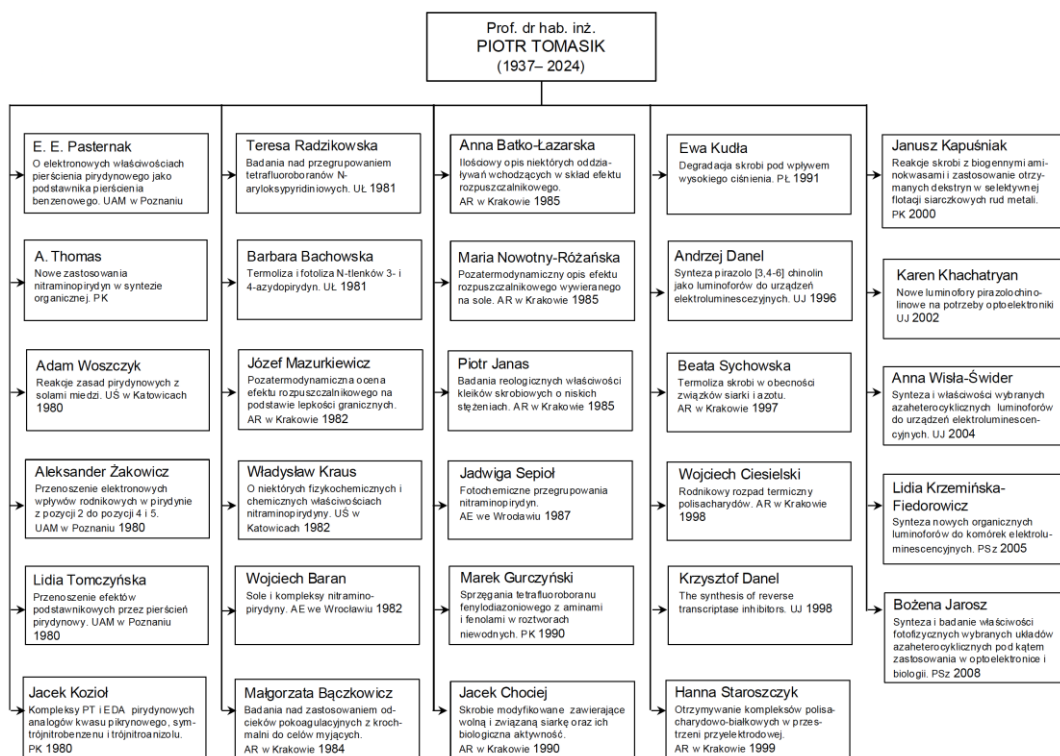
Zatrudnienie i prowadzenie badań w polskich jednostkach naukowych dało Piotrowi Tomasikowi możliwość nawiązania kontaktów z badaczami nie tylko z kraju, ale też z zagranicznych ośrodków naukowych. Odbył wiele krótko- i długoterminowych staży naukowych, w tym jako postdoktorant w Uniwersytecie Alabama, USA (1969-1970, dwukrotnie 1 miesiąc w 1975 i 1978) oraz jako profesor/profesor wizytujący w Uniwersytecie Garyounis w Benghazi, Libia (1985-1987), Uniwersytecie Tokijskim (2 miesiące w 1990), Uniwersytecie Zimbabwe, Harare (1991-1993), Uniwersytecie Stanowym Iowa, USA (1993-1994, 3 miesiące w 1997, 1 miesiąc w 1999, 3 miesiące w 2000), Instytucie Badań nad Żywnością, Norwich, Wielka Brytania (3 tygodnie w 1998), Chińskiej Akademii Nauk, Tajpej, Tajwan (3 miesiące w 1999, 9 miesięcy w 2000-2001), Saginaw Valley State University, Michigan, USA (4 miesiące w 2002), Uniwersytecie Petersburskim i Uniwersytecie Technicznym w Kazaniu (1 miesiąc w 2005), Uniwersytecie Tatung, Tajpej, Tajwan (1 miesiąc w 2006) i Uniwersytecie Fudan, Szanghaj (1 miesiąc w 2007).

Zainteresowania naukowe Pana Profesora były szerokie. Obejmowały one głównie syntezę heterocykliczną, chemię polisacharydów, biochemię nieorganiczną i nanotechnologię. Po obronie pracy magisterskiej zatytułowanej *„Nowatorska metoda usuwania resztkowej kwasowości z olejów smarowych i frakcji naftowych”*, prowadził badania nad syntezą nowych barbituranów w zespole prof. Bogusława Bobrańskiego. Badania nad acylofosforinami i w zakresie chemii związków heterocyklicznych (głównie pirydyn), które prowadził w zespole prof. Edwina Płażka, twórcy Szkoły Chemii Związków Heterocyklicznych, doprowadziły do napisania i obrony pracy doktorskiej pt. *„O chemicznej i polarograficznej redukcji 3,5-dinitropirydyny i jej pochodnych”* przygotowanej pod kierunkiem prof. Zofii Skrowaczewskiej. Jako stażysta podoktorski w grupie prof. Rudiego A. Abramovitcha na Uniwersytecie w Alabamie pracował nad zagadnieniem aminowania i acylowania pirydyno-1-tlenków chlorkami imidoilowymi, a później, jako stażysta US National Science Foundation i Fundacji Marii Skłodowskiej-Curie, także w tym zespole, nad reakcjami nitrenów pirydyno-1-tlenku oraz reakcjami wysokociśnieniowego utleniania pirydyn siarczanami(VI) mie-

dzi(II) i srebra(I). Badania te, ukierunkowane na zastosowaniu analizy korelacyjnej do reaktywności układu pirydynowego i syntezy heterocyklicznej w szeregu pirydynowym, były podstawą do przygotowania rozprawy habilitacyjnej pt. „*Chemia połączeń heterocyklicznych w ujęciu hammettowskim*”. W tym okresie kontynuował swoje zainteresowania termodynamiką i nowymi syntezami w układach zawierających pierścień pirydynowy, ze szczególnym uwzględnieniem reaktywności grup nitraminowych w nitraminopirydynach oraz pirydynowych analogów chlorodinitrobenzenu, kwasu pikrynowego i chlorku pikrylu w reakcji Zinckego. W tym też czasie rozpoczął badania w zakresie chemii koordynacyjnej, zwracając uwagę na wpływ centralnych atomów metali w kompleksach Wernera na reaktywność ligandów pirydynowych. Badania te kontynuował obejmując stanowisko profesora w Katedrze Chemii AR w Krakowie. W Katedrze tej zaangażował się w badania w zakresie chemii polisacharydów, ze szczególnym uwzględnieniem skrobi. Realizował badania nad fizycznymi i chemicznymi modyfikacjami skrobi prowadzącymi do powstania różnych jej pochodnych. Do fizycznych modyfikacji wykorzystywał takie źródła energii jak niskociśnieniowa plazma jarzeniowa, wyładowania koronowe, promieniowanie mikrofalowe, lasery i światło spolaryzowane. Badał też termiczny rozkład sacharydów, wpływ głębokiego zamrażania na ich właściwości, a także nowe możliwości wykorzystania wtórnych aromatów spożywczych i gum brytyjskich, np. w selektywnej flotacji złożonych rud metali. W syntezie heterocyklicznej skupił się na pirazolo [3,4-b] i [1,5-a] chinolinach jako luminoforach emitujących niebieskie światło ze stanu stałego. Zostały one z powodzeniem przetestowane w diodach elektroluminescencyjnych. Od 2002 roku rozpoczął badania w obszarze nanotechnologii, wykorzystując i łącząc swoje doświadczenie w syntezie organicznej, chemii polisacharydów i chemii koordynacyjnej. W badaniach tych koncentrował się na oczyszczaniu i chemicznej derywatywacji nanorurek węglowych, generowaniu kropek kwantowych, nanoproszków metali i nanoskrobi. Mimo przejścia na emeryturę był nadal niezwykle aktywny zawodowo, zarówno jako naukowiec, jak i dydaktyk. W Krakowskiej Wyższej Szkole Promocji Zdrowia prowadził zajęcia dla studentów, rozwijając jednocześnie badania z zakresu psychofizyki. Ostatnie lata życia poświęcił na badania wody poddanej działaniu niskociśnieniowej, niskotemperaturowej plazmy jarzeniowej o niskiej częstotliwości.

Efektom badań naukowych prof. Piotra Tomasika były liczne prace, w tym oryginalne prace badawcze (382) i inne prace (15) opublikowane w renomowanych czasopiśmie o światowym zasięgu, monografie i rozdziały w monografiach oraz rozszerzone recenzje i rozprawy (55), inne recenzje (22), podręczniki dla studentów (7), tłumaczenia monografii dla PWN (3) oraz patenty (67). Wśród tych prac znalazły się takie pozycje jak np. „*Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*”, książka wydana w 2003 r. przez amerykańskie wydawnictwo CRC Press, w której prof. Piotr Tomasik pełnił rolę edytora oraz rozdziały w tej książce „*Chemical modifications of poly-*

saccharides” i „*Nonnutritional applications of saccharides and polysaccharides*”, których był autorem. Był również autorem rozdziału „*Saccharides*” w książce „*Chemical and Functional of Food Compounds*” (3rd Edition), która ukazała się w 2006 r. nakładem tego samego wydawnictwa oraz autorem rozdziału „*Caramel. Properties and analysis*” w książce *Encyclopedia of Food Science and Nutrition* (2nd Edition), która ukazała się w 2003 r. nakładem wydawnictwa Elsevier (imprint: Academic Press). Według bazy Scopus z dn. 21.11.2024 prace autorstwa Piotra Tomasika były cytowane blisko 6300 razy, a indeks Hirsha za te cytowania wyniósł 44. Wiele z tych prac Pan Profesor opublikował wraz ze swoimi współpracownikami i doktorantami. Wypromował 29 doktorantów:



W czasie swojej wieloletniej pracy prof. Piotr Tomasik pełnił szereg odpowiedzialnych funkcji. W Instytucie Chemii i Technologii Nafty i Węgla PW kierował małym zespołem badawczym i był promotorem pierwszych prac magisterskich. Następnie był kierownikiem Zakładu Chemii Organicznej w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Częstochowie. W uczelni tej przez ponad 5 lat pełnił funkcję Prorektora ds. nauki i współpracy z zagranicą. Podczas dwuletniego pobytu w Libii był kierownikiem Sekcji Chemii Organicznej w Katedrze Chemii na Wydziale Nauk Uniwersytetu Garyou-

nis. Wypromował dwóch pierwszych magistrów w historii Katedry Chemii tego Uniwersytetu. W czasie pobytu na Uniwersytecie Zimbabwe w Harare był dyrektorem Instytutu Chemii. Będąc zatrudnionym w AR w Krakowie, przez 11 lat był kierownikiem Katedry Chemii. Był też wieloletnim członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego, pełniąc przez dwie kadencje funkcję przewodniczącego (1984-1989) oraz sekretarza naukowego Komisji Ochrony Zdrowia Społecznego (1980-1985) Krakowskiego Oddziału. Był również członkiem Międzynarodowej Grupy Analizy Korelacyjnej.

Profesor Piotr Tomasik był zapraszany do wygłoszenia wykładów w licznych instytutach badawczych i uniwersytetach w kraju i za granicą, w tym na Słowacji, w Austrii, Bułgarii, Czechosłowacji, Danii, Francji, Holandii, Hongkongu, Japonii, Niemczech, Chinach (ChRL), Republice Południowej Afryki, Rosji, Tajlandii, Tajwanie, USA, Wielkiej Brytanii i Włoszech. Był aktywnym uczestnikiem ponad 180 sympozjów naukowych na całym świecie. Od 1990 roku był współorganizatorem kilku edycji międzynarodowych konferencji International Conferences on Heavy Metals in Environment w Krakowie. W 1996 roku zorganizował VII International Starch Convention – Międzynarodową Konferencję Skrobiową, której początki sięgają lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy głównym organizatorem Starch Colloquia of Socialist Countries w Polsce był prof. Mieczysław Pałasiński. W latach 1996-1999 International Starch Convention odbywała się wyłącznie w Krakowie, a od 2000 roku w latach parzystych w Krakowie, a nieparzystych w Moskwie. Konferencje te gromadziły uczestników zarówno z ośrodków naukowych w kraju, jak i z kilkunastu krajów świata.

Swoją wiedzę i doświadczenie przekazywał Pan Profesor studentom oraz pracownikom naukowym. Przez kilkadziesiąt lat pracy dydaktycznej w uczelniach krajowych i zagranicznych przekazał swoją wiedzę z zakresu podstaw chemii, chemii organicznej, mechanizmów reakcji organicznych, analizy korelacji, chemii i biochemii żywności, nanotechnologii żywności oraz podstaw biotechnologii kosmetyków tysiącom słuchaczy. Oprócz wiedzy podręcznikowej pobudzał młodzież do twórczego myślenia i zachęcał do podejmowania odważnych decyzji. Kierując zespołami naukowymi, swoich współpracowników potrafił zainspirować do realizacji odważnych, czasem kontrowersyjnych i nowatorskich zadań badawczych. Jego działalność, wyróżniająca się umiejętnością łączenia szerokiej wiedzy z różnych dziedzin i zawsze najwyższym poziomem merytorycznym, sprawiła, że zyskał uznanie wśród całej społeczności akademickiej. Jego niezależność, odważne poglądy i konsekwentne działania budziły szacunek.

Poza pracą naukową, której był oddany niemal całe życie, pasją Pana Profesora była muzyka klasyczna oraz literatura piękna. Był znawcą opery, koncertów i innych dzieł, których szeroką kolekcję zgromadził i lubił przesłuchiwać w zaciszu domowym.

Wraz z żoną Danutą z domu Plucińską (zm. 2008) Pan Profesor wychował dwójkę dzieci, córkę Jagnę (zm. 2007) i syna Przemysława. Doczekał się też trójki wnucząt.

Pan Profesor Piotr Tomasik był z nami przez mniejszą lub większą część naszego zawodowego życia. Kierował zespołem z pełnym zaangażowaniem w rozwój naukowy każdego z nas, pomagał w realizowaniu zadań badawczych i dydaktycznych, przekazując doświadczenie i umiejętności, które cechują rzetelnego i prawego naukowca. Dziękujemy Panu Profesorowi za wzór sumiennej i pełnej oddania pracy, za to, że codziennie był pierwszy na stanowisku pracy i witał każdego z życzliwym uśmiechem, z zainteresowaniem pytając „co nowego?” Był zawsze punktualny, uczył nas, że w życiu trzeba być nie przed i nie po, ale zawsze o czasie. Niezależnie czy badania szły poprawnie, czy już wszystko wydawało się bez sensu, potrafił merytorycznie poradzić, czasem pobudzić do działania lub wskazać inną drogę do celu. Jesteśmy wdzięczni za Jego mądrość i cenne, twórcze wskazówki oraz za to, że mogliśmy zawsze liczyć na Jego wsparcie, nie tylko w pracy. Pan Profesor wyczuwał nasze dobre dni, ale i niepowodzenia lub kłopoty rodzinne. W trudnych momentach życia potrafił dyskretnie wesprzeć, delikatnie doradzić i wskrzesić życiowy optymizm. Nigdy nie usłyszeliśmy, że nie ma dla nas czasu. Dziękujemy za wszystkie wspólnie spędzone chwile, za życzliwość jakiej doświadczyliśmy od Niego, za wspólne radości, a czasem smutki. Wypełnił część naszego życia i wpisał się w nie na zawsze.

Pan Profesor Piotr Tomasik pozostanie dla nas wzorem naukowca i człowieka.

*Dr hab., prof. PG Hanna Staroszczyk
Politechnika Gdańska*

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

DR HAB. ZENON KĘDZIOR 1950-2024



Dr hab. Zenon Kędzior urodził się 8.04.1950 roku w Katowicach. W 1973 roku ukończył studia na Wydziale Technologii Rolno-Spożywczej Akademii Rolniczej w Poznaniu. W tym samym roku podjął pracę w Instytucie Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego w Zakładzie Technologii Zbóż. W 1983 roku obronił pracę doktorską z zakresu nauk technicznych pt. „Charakterystyka fizyko-chemiczna preparatów białkowych otrzymywanych z nasion roślin strączkowych pastewnych, z uwzględnieniem roli fityny i oligosacharydów” pod kierunkiem dr

hab. Mieczysława Jankiewicza. Stopień doktora habilitowanego nauk rolniczych w zakresie technologii i chemii żywności uzyskał w 2004 roku na podstawie dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej zatytułowanej „Białka grochu i ich funkcjonalność w technologii zbóż”.

Dr hab. Zenon Kędzior na przestrzeni swojego życia zawodowego, związanego od początku z Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu (dawniejszą Akademią Rolniczą), realizował zadania nauczyciela akademickiego, angażując się w proces kształcenia kadr, działalność dydaktyczną i organizacyjną oraz w działania na rzecz popularyzacji nauki i promocji macierzystego Wydziału.

W latach 1995 – 1998 dr hab. Zenon Kędzior był koordynatorem międzynarodowego projektu Phare-Tempus pt. „Metody pomiarów i kontroli jakości w biotechnologii i przemyśle spożywczym”, a od 1998 do 2004 roku koordynował programy współpracy realizowane z partnerami z Francji (Laboratorium Fizykochemii Makrocząstek Centrum INRA w Nantes), Wielkiej Brytanii (Laboratorium Nauki o Materiałach, Institute of Food Research w Norwich) i Węgier (Instytut Biochemii Żywności, Poli-

technika Budapeszteńska) w zakresie biochemii, reologii, chemii fizycznej i reologii powierzchni białek grochu, mleka i pszenicy oraz ich wzajemnych interakcji. Był także członkiem Komitetu Zarządzającego programem europejskim COST pt. „The application of innovative fundamental food-structure-property relationships to the design of foods for health, wellness and pleasure”.

Dr hab. Zenon Kędzior wypromował liczne rzesze magistrantów i kilku doktorów nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia. Jest autorem i współautorem 5 książek i podręczników akademickich w języku polskim i angielskim, ponad 100 prac naukowych i licznie wygłoszonych referatów konferencyjnych.

Za swoją działalność naukową i organizacyjną był wielokrotnie wyróżniany nagrodami JM Rektora. W 1999 roku otrzymał Srebrny Krzyż Zasługi.

*Prof. dr hab. Sylwia Mildner-Szkudlarz
Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego,
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

SPIS TREŚCI
CZASOPISMA „ŻYWNOŚĆ”
NR 138–141

Wykaz opublikowanych materiałów

1(138)

Od Redakcji.....	3
MALGORZTA Z. WIŚNIEWSKA: Żywność jako broń w obliczu agresji rosyjskiej na Ukrainę	5
PAULINA PAJĄK, JACEK ROŻNOWSKI: Skrobia ziemniaczana i inne biopolimery jako alternatywa dla tworzyw sztucznych – przepisy prawne, możliwości i wyzwania dla branży opakowaniowej.....	23
PATRYCJA SŁOMCZYŃSKA, PAWEŁ SIUDEM, KATARZYNA PARADOWSKA: ¹ H NMR jako narzędzie do oceny jakości olejów roślinnych	47
DOMINIKA STYPUŁA, PAWEŁ SZLACHCIC, IWONA DROŻDŻ: Pochodne 7-amino-4-(trifluorometylo)kumaryny jako potencjalne barwniki fluorescencyjne do żywności - wyniki wstępne... 66	
DOROTA DEREWIAKA, RAFAŁ WOŁOSIAK, EWA MAJEWSKA, AGATA LACH: Badanie wiarygodności informacji na temat obecności glutenu w wybranych produktach spożywczych	78
IWONA ADAMSKA, KATARZYNA FELISIAK, KACPER KILIAŃSKI: wpływ wybranych przypraw na aktywność przeciwutleniającą i walory sensoryczne temphe.....	95
WIKTORIA KAMIŃSKA, GRAŻYNA NEUNERT, MACIEJ JARZĘBSKI: Analiza właściwości fizykochemicznych i charakterystyka spektrofotometryczna wybranych olejów roślinnych	113
MICHAŁ ZABOROWSKI, WOJCIECH POĆWIARDOWSKI, ANNA DŁUGOSZ: badania odzysku wód popłucznych w mikrobrowarze	134
ROBERT DULIŃSKI, ŁUKASZ BYCZYŃSKI, INGA KWIECIEŃ, ADRIAN KARBOWSKI: Analiza wybranych parametrów bioaktywnych czarnego czosnku uzyskanego w krótkim trybie fermentacji.....	148
KAROLINA ROPEJKO, MAGDALENA TWARUŻEK: Wpływ diety na występowanie ochratoksyny A w płynach ustrojowych.....	160
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	177
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. inż. Stefan Ziajka 1941 – 2024	179
Technolog Żywności	183

2(139)

Od Redakcji.....	3
MALGORZATA GUMIENNA, MALGORZATA LASIK-KURDYŚ, BARBARA GÓRNA: Rozwój rynku piw rzemieślniczych, mikroorganizmy, niekonwencjonalne dodatki i ich wpływ na produkt końcowy	5

DOROTA GAŁKOWSKA, KAMILA KAPUŚNIAK, KAROLINA PYCIA, LESŁAW JUSZCZAK: Zanieczyszczenia żywności – charakterystyka i regulacje prawne. Część II.....	24
IRYNA SIMONOVA, BOHDAN TSIZH, ULIANA DRACHUK, BOHDAN HALUKH, IRYNA BASARAB, HALYNA KOVAL, ROSTYSLAV VOLOSHYN, LIUDMYLA PESHUK: Wykorzystanie nowych rodzajów marynat na bazie surowców owocowych w technologii półproduktów króliczych.....	46
EMILIA JANISZEWSKA-TURAK, NATALIA MUSIELIK: Wpływ stężenia NaCl w zalewie na strukturę i teksturę kiszzonego buraka żółtego.....	67
NADIIA I. SVYNOUS, NATALIJA O. HOLUB, IHOR V. DATSENKO, VALERII HR. SYTNYK, IRYNA M. KAPELISTA: Uwarunkowania zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego przez producentów grupy zbożowo-olejowej Ukrainy na rynku europejskim	88
JACEK GOŁAŃSKI, BOGUSŁAWA LUZAK: znaczenie wybranych składników żywności pochodzenia roślinnego hamujących funkcje płytek krwi w profilaktyce pierwotnej chorób sercowo-naczyniowych	120
MAREK ZBOROWSKI, ANNA MIKULEC, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ, ANNA PLATTA, STANISŁAW KOWALSKI, ALEKSANDRA STAWIARSKA: Stan wiedzy na temat bezpieczeństwa i marnowania żywności wśród młodych konsumentów - część 2.....	141
AGNIESZKA JANKOWSKA, KATARZYNA KIELCZEWSKA, MARIA WACHOWSKA, DAMIAN MARCINIAK: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane właściwości mleka koziego	158
LUZIANA HOXHA, MERGIM MESTANI, DEMOKRAT NUHA, PAJTIM BYTYÇI, BERAT DURMISHI: Zrównoważone zastosowanie produktów na bazie zbóż poprzez wykorzystanie odpadów owocowych	174
EWA KACZMARCZYK, JERZY ŁUKASIAK, KAROL SZCZUROWSKI, MAREK PRUSAKOWSKI: Otrzymywanie suplementów diety żelaza(II) i selenu(IV) poprzez ich biotransformację w <i>Arthrospira sp.</i>	199
TETIANA YAVORSKA, OKSANA KOSTYUK, MYKOŁA KOSTIUK, SERGIY TSVILIJ, VIKTORIJA OGLOBLINA: Determinanty neutralizowania wpływu ryzyk produkcyjnych przedsiębiorstw rolnych na konkurencyjność przemysłu przetwórczego	211
MARTA LISZKA-SKOCZYŁAS, WALTER HUNTER, TERESA WITCZAK, ŁUKASZ SKOCZYŁAS, MARIUSZ WITCZAK, GOHAR KHACHATRYAN, DOROTA GAŁKOWSKA: Wpływ metod ekstrakcji na oznaczanie zawartości polifenoli i działania przeciwutleniającego wzbogacanego proszku jajecznego	240
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	255
MARZENA TOMASZEWSKA: Podsumowanie VIII Sympozjum Naukowego z cyklu „Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności”	257
MARCELINA KARBOWIAK: Podsumowanie XIV Krokusowe Sympozjum Naukowego z cyklu „Probiotyki i Prebiotyki w Żywności”.....	260
MONIKA PRZEOR: XXVIII Sesja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ zawiątała w Gdańsku	262
Technolog Żywności	267

3(140)

Od Redakcji.....	3
GABRIELA SOKOŁOWSKA, AGATA JABŁOŃSKA-TRYPUĆ, MONIKA NAUMOWICZ: Berberyna – związek bioaktywny pozyskiwany z roślin leczniczych	5
ADRIANNA SZPRYNCA, ANNA PILISZEK, EMILIA BAGNICKA: Rozwój badań w dziedzinie bioinżynierii i biotechnologii	16
MAGDALENA KARWACKA, AGNIESZKA CIURZYŃSKA, MONIKA JANOWICZ, SABINA GALUS: Algi morskie – niekonwencjonalny składnik żywności	38

NATALIA POLAK, STANISŁAW KALISZ, BARTOSZ KRUSZEWSKI: Przepływowa pasteryzacja mikrofalowa produktów owocowych i warzywnych	55
PIOTR ŁAŁOWSKI, MARCIN KRUK, MUHAMMAD SALMAN, MONIKA TRZĄSKOWSKA: Właściwości prebiotyczne młóta browarnianego – przegląd literatury	69
PIOTR JANISZEWSKI, DARIUSZ LISIAK, KAROL BORZUTA, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, TOMASZ SCHWARZ, KRZYSZTOF POWAŁOWSKI, BEATA LISIAK, URSZULA SIEKIERKO, ŁUKASZ SAMARDAKIEWICZ: Wpływ zastosowania dodatku pszenżyta w żywieniu tuczników na cechy fizykochemiczne oraz profil kwasów tłuszczowych mięsa	82
AGNIESZKA JANKOWSKA, KATARZYNA KIELCZEWSKA, MARIA WACHOWSKA, DAMIAN MARCINIAK: Określanie pochodzenia wina na podstawie wybranych parametrów jakościowych	94
ANITA KUKUŁOWICZ, ANNA ZBAWICKA: Bezpieczna soja: starcie mikrobiologiczne między tofu ekologicznym a konwencjonalnym	106
MARTA POPIELARCZYK, MARTA CZARNOWSKA-KUJAWSKA, BEATA PASZCZYK, MAŁGORZATA STAROWICZ: Właściwości chemiczne, przeciwutleniające i sensoryczne napoju sojowego typu kombucha	115
ANNA PLATTA, ANNA MIKULEC, MONIKA RADZYMIŃSKA, GRZEGORZ SUWAŁA, MAREK ZBOROWSKI, MILLENA RUSZKOWSKA, MARCIN NOWICKI, PRZEMYSŁAW Ł. KOWALCZEWSKI: Owady jadalne jako potencjalny produkt służący osiągnięciu bezpieczeństwa żywnościowego. Część 1	129
ANNA MIKULEC, ANNA PLATTA, MONIKA RADZYMIŃSKA, GRZEGORZ SUWAŁA, MAREK ZBOROWSKI, MILLENA RUSZKOWSKA, MARCIN NOWICKI, PRZEMYSŁAW Ł. KOWALCZEWSKI: Owady jadalne jako potencjalny produkt służący osiągnięciu bezpieczeństwa żywnościowego. Część 2	149
JAN PIECKO, MONIKA MIESZCZAKOWSKA-FRĄC, JUSTYNA SZWEJA-GRZYBOWSKA, KAROLINA CELEJEWSKA: Wpływ rodzaju homogenizacji na właściwości reologiczne i zawartość związków bioaktywnych w mętym soku z truskawek	171
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	186
Nowe książki	188
Technolog Żywności	195

4(141)

Od Redakcji	3
BARBARA STACHOWIAK, KACPER ZIEMBIKIEWICZ, ANNA KACZMAREK: Wykorzystanie drożdży probiotycznych <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. Boulardii do refermentacji piwa pszenicznego ...	5
BOHDAN TSIZH, INNA SKULSKA, ORYSIA TSISARYK, NATALYA SLYVKA, LUBOV MUSIY, IRYNA SLYVKA: Charakterystyka przebiegu procesów proteolitycznych w bryndzy o obniżonej zawartości soli kuchennej	23
EWA KULCZYK-MAŁYSA, ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS: Optymalizacja warunków biosyntezy wybranych karotenoidów przez drożdże z rodzaju <i>Rhodotorula</i>	45
VIKAS MAHOR, PRACHI SINGH: Postęp w technologiach głębokiego uczenia się stosowanych w procesach wykrywania i klasyfikacji w przemyśle spożywczym	63
KAROLINIA MROCZEK, MACIEJ KLUZ, MARCIN BAJCAR, BOGDAN SALETNIK, GRZEGORZ ZAGUŁA: Domowe systemy oczyszczania wody domowej jako źródło związków jonowych	83

FREDY PATTIPEILOHY, TRIJUNIANO MONIHARAPON, DOMEY LOWITS MONIHARAPON: Wpływ wielopoziomowego moczenia w roztworze proszku z nasion atung (<i>Parinarium glaberrimum</i> , hassk) i rodzaju opakowania na jakość suszonych solonych ryb.....	100
LEONID D. TULUSH, NATALIJA H. VYHOVSKA, IVAN V. SVYNOUS, IRYNA A. CHKAN, MARYNA A. MELNIK: Ewolucja geo-ekonomiczna w polityce finansowej i kredytowej przemysłu rolno-spożywczego na Ukrainie	117
ANNA KONIECZNA-MOLENDA: Zastosowanie glukozyltransferazy cyklodekstrynowej (CGTazy) immobilizowanej na skrobi dialdehydowej (DAS) do otrzymywania cyklodekstryn.....	144
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	155
X Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu ŻYWNOSĆ – ŻYWIENIE – DIETETYKA nt. „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne”	157
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Zdzisław Targoński 1947-2024	160
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. inż. Piotr Tomasik 1937-2024	164
Z żałobnej karty: Dr hab. Zenon Kędzior 1950-2024.....	170
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 138 – 141	172
Wykaz nazwisk Autorów w 2024 roku	176
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2024 roku.....	178
Technolog Żywności	180

WYKAZ AUTORÓW W 2024 ROKU

Adamska I. 1/95
Bagnicka E. 3/16
Bajcar M. 4/83
Basarab I. 2/46
Bogusławska-Wąs E. 4/45
Borzuta K. 3/82
Byczyński Ł. 1/148
Bytycki P. 2/174
Celejewska K. 3/171
Chkan I.A. 4/117
Cisoń-Apanasewicz U. 2/141
Ciurzyńska A. 3/38
Czarnowska-Kujawska M. 3/115
Datsenko I.V. 2/88
Derewiaka D. 1/78
Długosz A. 1/134
Drachuk U. 2/46
Drożdż I. 1/66
Duliński R. 1/148
Durmishi B. 2/174
Felisiak K. 1/95
Galus S. 3/38
Gałkowska D. 2/24
Gałkowska D. 2/240
Golański J. 2/120
Górna B. 2/5
Grześkowiak E. 3/82
Gumienna M. 2/5
Halukh B. 2/46
Holub N.O. 2/88
Hoxha L. 2/174
Hunter W. 2/240
Jabłońska-Trypuć A. 3/5
Janiszewska-Turak E. 2/67
Janiszewski P. 3/82
Jankowska A. 2/158
Jankowska A. 3/94
Janowicz M. 3/38
Jarzębski M. 1/113
Juszczak L. 2/24
Kaczmarczyk E. 2/199
Kaczmarek A. 4/5
Kalisz S. 3/55
Kamińska W. 1/113
Kapelista I.M. 2/88
Kapuśniak K. 2/24
Karbowiak M. 2/260
Karbowska A. 1/148
Karwacka M. 3/38
Khachatryan G. 2/240
Kielczewska K. 2/158
Kielczewska K. 3/94
Kiliański K. 1/95
Kluz M. 4/83
Konieczna-Molenda A. 4/144
Kostiuk M. 2/211
Kostyuk O. 2/211
Koval H. 2/46
Kowalczewski P.L. 3/129
Kowalczewski P.L. 3/149
Kowalski S. 2/141
Kruk M. 3/69
Kruszewski B. 3/55
Kukulowicz A. 3/106
Kulczyk-Małysa E. 4/45
Kwiecień I. 1/148
Lach A. 1/78
Lalowski P. 3/69
Lasik-Kurdyś M. 2/5
Lisiak B. 3/82
Lisiak D. 3/82
Liszka-Skoczylas M. 2/240
Luzak B. 2/120
Łukasiak J. 2/199
Mahor V. 4/63
Majewska E. 1/78
Marciniak D. 2/158
Marciniak D. 3/94
Melnik M.A. 4/117
Mestani M. 2/174
Mieszczakowska-Frąc M. 3/171
Mikulec A. 2/141
Mikulec A. 3/129
Mikulec A. 3/149
Moniharapon D.L. 4/100
Moniharapon T. 4/100
Morkis G. 1/177, 2/255, 3/186, 4/155
Mroczek K. 4/83
Musielik N. 2/67
Musiy L. 4/23
Naumowicz M. 3/5
Neunert G. 1/113
Nowicki M. 3/129
Nowicki M. 3/149

- Nuha D. 2/174
Ogłoblina V. 2/211
Pająk P. 1/23
Paradowska K. 1/47
Paszczyk B. 3/115
Pattipeilohy F. 4/100
Peshuk L. 2/46
Piecko J. 3/171
Piliszek A. 3/16
Platta A. 2/141
Platta A. 3/129
Platta A. 3/149
Poćwiardowski W. 1/134
Polak N. 3/55
Popielarczyk M. 3/115
Powalowski K. 3/82
Prusakowski M. 2/199
Przeor M. 2/262
Pycia K. 2/24
Radzymińska M. 3/129
Radzymińska M. 3/149
Ropejko K. 1/160
Rożnowski J. 1/47
Ruszkowska M. 3/129
Ruszkowska M. 3/149
Saletnik B. 4/83
Salman M. 3/69
Samardakiewicz Ł. 3/82
Schwarz T. 3/82
Siekierko U. 3/82
Simonova I. 2/46
Singh P. 4/63
Siudem P. 1/47
Skoczylas Ł. 2/240
Skulska I. 4/23
Slyvka I. 4/23
Slyvka N. 4/23
Słomczyńska P. 1/47
Sokołowska G. 3/5
Stachowiak B. 4/5
Starowicz M. 3/115
Stawiarska A. 2/141
Stypuła D. 1/66
Suwała G. 3/129
Suwała G. 3/149
Svynous I.V. 4/117
Svynous N.I. 2/88
Sytnyk V.Hr. 2/88
Szczurowski K. 2/199
Szlachcic P. 1/66
Szprynca A. 3/16
Szweja-Grzybowska J. 3/171
Tomaszewska M. 2/257
Trzaskowska M. 3/69
Tsisaryk O. 4/23
Tsizh B. 2/46
Tsizh B. 4/23
Tsviliy S. 2/211
Tulush L.D. 4/117
Twarużek M. 1/160
Voloshyn R. 2/46
Vyhovska N.H. 4/117
Wachowska M. 2/158
Wachowska M. 3/94
Wiśniewska M.Z. 1/5
Witczak M. 2/240
Witczak T. 2/240
Wołosiaś R. 1/78
Yavorska T. 2/211
Zaborowski M. 1/134
Zagula G. 4/83
Zbawicka A. 3/106
Zborowski M. 2/141
Zborowski M. 3/129
Zborowski M. 3/149
Ziembikiewicz K. 4/5

WYKAZ RECENZENTÓW W 2024 ROKU

Redakcja czasopisma „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” przekazuje wyrazy wdzięczności P.T. Recenzentom za opiniotwórczą i społeczną pracę na rzecz naszego czasopisma. Dziękujemy Państwu za wspieranie naszych wysiłków nad doskonaleniem poziomu naukowego publikowanych prac.

1. Dr Monika Bakierska, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
2. Dr hab. inż., prof. PŁ. Maria Balcerek, Politechnika Łódzka
3. Dr hab., prof. UJD Renata Barczyńska-Felusiak, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie
4. Dr Andżelika Borkowska, Gdański Uniwersytet Medyczny
5. Dr inż., prof. UPWr Joanna Chmielewska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
6. Dr hab. inż., prof. UEK Agnieszka Cholewa-Wójcik, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
7. Dr hab. inż. Monika Cioch-Skoneczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
8. Dr hab. inż., prof. ZUT Izabela Dmytrów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
9. Prof. dr hab. Małgorzata Dżugan, Uniwersytet Rzeszowski
10. Dr Wadah Elsheikh, Khartoum University, Sudan
11. Dr hab. inż. prof. URK Magdalena Franczyk-Żarów, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
12. Dr hab., prof. SGGW Sabina Galus, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
13. Prof. dr hab. Urszula Gawlik, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
14. Dr hab. inż., prof. URK Piotr Gębczyński, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
15. Dr hab., prof. GUM Małgorzata Grembecka, Gdański Uniwersytet Medyczny
16. Dr hab. inż., prof. UPWr Artur Gryszkin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
17. Dr hab. inż., prof. UPP Małgorzata Gumienka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
18. Dr hab. inż., prof. UEK Michał Halagarda, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
19. Prof. dr hab. Jadwiga Hamułka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
20. Dr hab. inż., prof. UEW Joanna Harasym, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
21. Prof. dr hab. inż. Grażyna Jaworska, Uniwersytet Rzeszowski
22. Dr hab. inż., prof. UPWr Małgorzata Kapelko-Żeberska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
23. Prof. dr hab. inż. Małgorzata Karwowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

24. Prof. dr hab. inż. Joanna Kawa-Rygielska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
25. Prof. dr hab. Elżbieta Klewicka, Politechnika Łódzka
26. Dr hab. inż., prof. UPP Dominik Kmiecik, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
27. Dr hab. inż., prof. URK Stanisław Kowalski, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
28. Dr Vijesh V. Krishna, Georg August Universität Göttingen, Germany
29. Prof. dr hab. inż. Jolanta Król, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
30. Prof. dr hab. inż. Małgorzata Krzywonos, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
31. Dr hab. inż. Ewa Lange, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
32. Prof. dr hab. inż. Tomasz Lesiów, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
33. Prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
34. Prof. dr Jens-Peter Loy, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany
35. Dr hab. inż., prof. SGGW Katarzyna Marciniak-Lukasiak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
36. Dr inż. Michał Miłek, Uniwersytet Rzeszowski
37. Prof. dr hab. inż. Stanisław Mleko, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
38. Dr hab. prof. NIZP PZH Hanna Mojska, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny w Warszawie
39. Prof. dr hab. Magdalena Montowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
40. Dr hab. Katarzyna Neffe-Skocińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
41. Dr Marko Obranović, University of Zagreb, Croatia
42. Prof. dr hab. inż. Ireneusz Ochmian, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
43. Dr hab. Agnieszka Olejnik-Schmidt, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
44. Prof. dr Burhan Ozkan, Akdeniz University, Turkey
45. Dr inż., prof. URK Paulina Pająk, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
46. Prof. dr hab. Urszula Pankiewicz, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
47. Dr inż. Anna Platta, Uniwersytet Morski w Gdyni
48. Dr inż. Agnieszka Pluta-Kubica, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
49. Dr inż. Tomasz Puksza, Uniwersytet Morski w Gdyni
50. Dr inż. Monika Radzymińska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
51. Prof. dr. Kenneth A. Rose, University of Maryland, United States
52. Dr hab. inż., prof. URK Marek Sady, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
53. Dr hab. Magdalena Skotnicka, Gdański Uniwersytet Medyczny
54. Dr, prof. UR., Robert Socha, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
55. Prof. dr hab. Bartosz Sołowiej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
56. Prof. dr hab. Joanna Stadnik, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
57. Dr hab. inż. prof. PG Hanna Staroszczyk, Politechnika Gdańska

58. Prof. dr hab. inż. Krzysztof Surówka, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
59. Dr inż. Katarzyna Tkacz Olsztyn, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
60. Dr inż., prof. ZUT Grzegorz Tokarczyk, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
61. Dr hab. Marzen Tomaszewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
62. Dr hab. inż., prof. SGGW Monika Trząskowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
63. Dr hab. Dorota Walkowiak-Tomczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
64. Dr hab. inż., prof. URK Ewelina Węsierska, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
65. Dr hab. inż., prof. ZUT Agata Witczak, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
66. Dr hab. inż., prof. URK Teresa Witczak, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
67. Dr hab., prof. URK Magdalena Witek, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
68. Dr Tetiana Yavorska Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
69. Dr hab. inż., prof. URK Marzena Zając, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
70. Dr hab., prof. URK Małgorzata Ziarno, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
71. Dr hab. inż., prof. UR Agata Znamirska-Piotrowska, Uniwersytet Rzeszowski

TECHNOLOG ŻYWNOŚCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Rok 34 Nr 4

grudzień 2024

FOODFAKTY SUMMIT - ŻYWNOŚĆ JUTRA, ŁÓDŹ 6 - 7.11.24

W dniach 6 i 7 listopada 2025 r. w Łodzi odbyła się konferencja FoodFakty Summit: Żywność Jutra – food4tomorrow. Strategicznym Partnerem Naukowym FoodFakty Summit było Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, a gospodarzem wydarzenia Politechnika Łódzka. Misją tego projektu było pokazanie możliwości i potencjału polskiej nauki oraz rozwoju branży spożywczej, dialogu z instytucjami centralnymi i wymiana wiedzy pomiędzy delegatami firm produkcyjnych.

To pierwsze tak duże post pandemiczne spotkanie środowiska nauki, przedstawicieli instytucji centralnych oraz producentów i dystrybutorów żywności w Polsce. Wydarzenie zorganizowane na terenie kampusu Politechniki Łódzkiej obejmowało ponad 20 merytorycznych sesji w 5 ścieżkach tematycznych, sesje plenarne z panelami dyskusyjnymi, warsztaty i wiele form networkingu. W ciągu dwóch dni ponad 100 prelegentów i ekspertów podzieliło się swoją wiedzą z ponad 600 uczestnikami szczytu, debatując na temat żywności jutra.

Podczas spotkań podejmowano kluczowe dla branży i nurtujące konsumentów zagadnienia, takie jak m.in.:

- alternatywne źródła białek, w tym pochodzących z hodowli insektów,
- wpływ mikrobiomu oraz żywności funkcjonalnej na zdrowie człowieka,
- nowa żywność, czyli taka, która wcześniej nie była spożywana w Europie,
- aspekty bezpieczeństwa zdrowotnego i ekonomicznego konsumentów, w tym: zafałszowania żywności, alergie pokarmowe i alergenów w żywności,
- materiały z recyklingu w opakowaniach żywności.

Ponad pięćdziesięciu przedstawicieli polskiej nauki w ramach różnych sesji tematycznych omówiło zagadnienia związane z nowymi technologiami w przetwórstwie żywności, zdrowiem publicznym oraz ekologicznymi metodami produkcji. Ich wkład w wydarzenie podkreślił wagę współpracy między nauką a przemysłem, co ma kluczowe znaczenie dla przyszłości sektora spożywczego.

ZEBRANIE ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTTŻ XII KADENCJI

Dnia 6 listopada 2024 r. odbyło się zebranie Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności XII kadencji w trybie stacjonarnym w Łodzi (Politechnika Łódzka).

Spotkanie otworzyła Prezes Zarządu Głównego prof. Joanna Stadnik i powitała uczestników. Następnie Pani Prezes przedstawiła sprawozdanie z działalności Prezydium ZG PTTŻ w okresie czerwiec – październik 2024. W dalszej kolejności ogłoszono wyniki konkursu na najlepszą publikację w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w roku 2023. W ramach spraw organizacyjnych zatwierdzono harmonogram przygotowań do jubileuszu 35-lecia PTTŻ oraz omówiono sposób opracowania publikacji związanej z tym wydarzeniem. Następnie przedstawiono wyniki konkursu „Doskonała nauka” oraz związane z tym przesuniecie konferencji „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”. W dalszej kolejności przedstawiono działania związane z utworzeniem i rozpoczęciem działalności Sekcji analizy sensorycznej żywności. Na koniec Pani Prezes podsumowała spotkanie i podziękowała członkom Zarządu za uczestnictwo.

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE W ROKU 2025

Luty

- 24 – 25 lutego, Madrit, Spain – **6th International Conference on Food and Nutrition**
“*Emerging trends in food technology shaping the future of diets*”;
Informacje: <https://food.global-summit.com/>

Marzec

- 14 – 15 marca, London, Great Britain – **7th World Congress on Food Science & Technology**;
Informacje: <https://foodtech.inovinemeetings.com/>
- 26 – 28 marca, Piešťany, Slovak Republic – **XXII Konferencja Naukowa: Bezpieczeństwo i Kontrola Żywności**;
Organizatorzy: Slovenská spoločnosť pre poľnohospodárske, lesnícke potravinárske a veterinárske vedy pri SAV, SPU Nitra;
Informacje: www.potravinarstvo.sk
Kontakt: Jozef.Golian@uniag.sk

Kwiecień

- 2 – 4 kwietnia, Kiry k. Zakopanego, Ośrodek SGGW „Marymont” - **Krokusowe XV Sympozjum Naukowe „Probiotyki i prebiotyki w żywności”**;
Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie, Zarząd Główny PTTŻ, KNoŻiŻ PAN;
Kontakt: sympozjum_probiotyki@sggw.edu.pl

- 7 – 9 kwietnia, Kiry k. Zakopanego, Ośrodek SGGW „Marymont“ - **IX 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: sympozjum_bezpieczenstwo@sggw.edu.pl

Maj

- 8 – 9 maja, Wrocław – **XI Konferencja Naukowa z cyklu „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”** - „*Nauka i praktyka w produkcji i przetwórstwie ziemniaka*”;
Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Technologów Żywności - Oddział Wrocławski, Sekcja Technologii Węglowodanów; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności oraz Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy;
Informacje: www.ziemniak.wroclaw.pl
- 29 – 30 maja Kraków – **XXIX Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ** pt. „*Żywności w oczach młodego pokolenia*” oraz XIIth International Session of Young Scientific Staff „*Food in the eyes of the young generation*”;
Organizatorzy: Oddział Małopolski PTTŻ, Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ;
Patronat: Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN;
- 19 – 20 maja, Zurych, Switzerland – **28th Euro-Global Summit on Food and Beverages**;
Informacje: <https://europe.foodtechconferences.org/>

Czerwiec

- 4 – 6 czerwca, Gdynia – **XII Międzynarodowej Konferencji „Rola towaroznawstwa w zarządzaniu jakością w gospodarce opartej na wiedzy”**;
Organizator: Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości Uniwersytetu Morskiego w Gdyni
- 9 – 10 czerwca, Łódź – **4. Edycja Międzynarodowej Konferencji Naukowej Bioactive Compounds in Food „Innovations for Food, Nutrition, Health and Beauty”**; **Jubileusz 80-lecia Politechniki Łódzkiej oraz 75-lecia WBiNoŻ**;
Organizatorzy: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej, Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności;
Informacja: <http://www.bacif2025.p.lodz.pl>
- 11 – 13 czerwca – Bratysława, Slovak Republic – **XXIII European Conference on Food Chemistry (EUROFOODCHEM XXIII)**;
Organizatorzy: Slovak Chemical Society, the National Agricultural and Food Centre, and the Faculty of Chemical and Food Technology of the Slovak University of Tech-

nology in Bratislava, Division of Food Chemistry of the European Chemical Society;
Informacje: <https://eurofoodchem2025.schems.sk/>

Lipiec

- 3 – 4 lipca, Olsztyn – **XLVII Konferencja Naukowa Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu Polskiej Akademii Nauk „Doskonalenie żywności i żywienia dla zachowania komfortu życia człowieka”**; **Jubileusz 80-lecia Wydziału Nauk o Żywności UWM w Olsztynie**;
Organizatorzy: Wydziału Nauk o Żywności UWM w Olsztynie; Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie; Patronat: Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN;

Wrzesień

- 9 – 11 września, Łańsk-Olsztyn – **VI Polski Kongres Reologii**
Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Reologii Technicznej, Katedra Inżynierii, Aparatury Procesowej i Biotechnologii Żywności UWM w Olsztynie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności;
Informacje: <http://ptrt.com.pl>
- 17 – 18 września, Osijek, Croatia – **15th International Scientific-Professional Conference “With Food to Health”**
Informacje: http://www.ptfos.unios.hr/Hranom_Do_Zdravlja/
Kontakt: jbabic@ptfos.hr

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, HORTIMEX Sp. z o.o. Konin, BUNGE POLSKA Sp. z o.o. Karczew.**
Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o. Bielsko-Biała.**

KOMUNIKATY

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

Przypominamy Państwu o aktualnym adresie internetowym Wydawnictwa – e-mail: **redakcja@pttz.org**

FOOD. Science. Technology. Quality

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

No 4 (141)

Kraków 2024

Vol. 31

CONTENTS

From the Editor	3
BARBARA STACHOWIAK, KACPER ZIEMBIKIEWICZ, ANNA KACZMAREK: The use of probiotic yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. Boulardii for the refermentation of wheat beer ...	5
BOHDAN TSIZH, INNA SKULSKA, ORYSIA TSISARYK, NATALYA SLYVKA, LUBOV MUSIY, IRYNA SLYVKA: Characteristics of the course of proteolytic processes in brynza with reduced common salt content	23
EWA KULCZYK-MAŁYSA, ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS: Optimization of biosynthesis conditions of selected carotenoids by <i>rhodotorula</i> yeasts	45
VIKAS MAHOR, PRACHI SINGH: Advances in deep learning technologies for detection and classification processes in the food industry	63
KAROLINIA MROCZEK, MACIEJ KLUZ, MARCIN BAJCAR, BOGDAN SALETNIK, GRZEGORZ ZAGUŁA: Domestic water purification systems as a source of ionic compositions	83
FREDY PATTIPEILOHY, TRIJUNianto MONIHARAPON, DOMEY LOWITS MONIHARAPON: The effect of multi-level soaking in atung seed powder solution (<i>Parinarium glaberrimum</i> , hassk) and packaging type on the quality of dried salted fish.....	100
LEONID D. TULUSH, NATALIIA H. VYHOVSKA, IVAN V. SVYNOUS, IRYNA A. CHKAN, MARYNA A. MELNIK: Geo-economic evolution in financial and credit policies of Ukraine's agri-food industry	117
ANNA KONIECZNA-MOLENDA: Application of cyclodextrin glucosyltransferase (CGTase) immobilized on dialdehyde starch (DAS) for obtaining cyclodextrins	144
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	155
X Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu ŻYWNOŚĆ – ŻYWIENIE – DIETETYKA nt. „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne”	157
Contemporary terms: Prof. Zdzisław Targoński 1947-2024	160
Contemporary terms: Prof. Piotr Tomasik 1937-2024	164
Contemporary terms: PhD. Zenon Kędzior 1950-2024	170
Annual contents "Food" No. 138 - 141	172
Index of Authors in 2024	176
Index of Reviewers in 2024	179
The Food Technologist.....	181

Only reviewed papers are published

Covered by: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef, EBSCO, Electronic Journal Library, JouroScope, ResearchGate

© mikelaptev - Fotolia.com



Wydawnictwo Naukowe PTTŻ
30-149 Kraków, ul. Balicka 122
e-mail: redakcja@pttz.org
www.wydawnictwo.pttz.org