REDAKCJA NAUKOWA
ZUZANNA GOLUCH

ŻYWNOŚĆ FERMENTOWANA

ASPEKTY DIETETYCZNE, TECHNOLOGICZNE I ZDROWOTNE

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

ŻYWNOŚĆ FERMENTOWANA – ASPEKTY DIETETYCZNE, TECHNOLOGICZNE I ZDROWOTNE

Redakcja naukowa

Zuzanna Goluch

REDAKCJA NAUKOWA
ZUZANNA GOLUCH

ŻYWNOŚĆ FERMENTOWANA

ASPEKTY DIETETYCZNE, TECHNOLOGICZNE I ZDROWOTNE

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

REDAKCJA NAUKOWA
ZUZANNA GOLUCH

RECENZJA
DR HAB. INŻ. IZABELA DMYTRÓW, PROF. ZUT
DR HAB. INŻ. MIROSŁAWA TELESZKO, PROF. UEW
DR HAB. INŻ. LEK MED. DARIUSZ WŁODAREK, PROF. SGGW
PROF. DR HAB. INŻ. JOANNA WYKA

RADA NAUKOWA PROJEKTU:
DR HAB. INŻ. ZUZANNA GOLUCH, PROF. UEW
KATEDRA TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIA, WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI, UNIWERSYTET EKONOMICZNY WE WROCŁAWIU
DR HAB. INŻ. IZABELA DMYTRÓW, PROF. ZUT
KATEDRA TOKSYKOLOGII, TECHNOLOGII MLECZARSKIEJ I PRZECHOWALNICTWA ŻYWNOŚCI, WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I RYBACTWA, ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE
DR HAB. INŻ. MIROSŁAWA TELESZKO, PROF. UEW
KATEDRA TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIA, WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI, UNIWERSYTET EKONOMICZNY WE WROCŁAWIU
DR HAB. INŻ. LEK MED. DARIUSZ WŁODAREK, PROF. SGGW
KATEDRA DIETETYKI, INSTYTUT NAUK O ŻYWIENIU CZŁOWIEKA, SGGW W WARSZAWIE
PROF. DR HAB. INŻ. JOANNA WYKA
KATEDRA ŻYWIENIA CZŁOWIEKA, WYDZIAŁ BIOTECHNOLOGII I NAUK O ŻYWNOŚCI, UNIWERSYTET PRZYRODNICZY WE WROCŁAWIU

KOREKTA REDAKTORSKA, SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI
KAROL ŁUKOMIAK

© COPYRIGHT BY AUTHORS & ARCHAEGRAPH

ISBN: 978-83-67959-31-5

WERSJA ELEKTRONICZNA DOSTĘPNA NA STRONIE INTERNETOWEJ WYDAWCY:
www.archaegraph.pl

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

ŁÓDŹ, GRUDZIEŃ 2023

SPIS TREŚCI

WSTĘP 7

CZĘSTOTLIWOŚĆ I PREFERENCJE SPOŻYCIA KEFIRU PRZEZ OSOBY DOROSŁE 9
Zuzanna Goluch, Malwina Pietras, Gabriela Haraf

FERMENTED PRODUCTS AND HUMAN MICROBIOTA 33
Ewelina Książęk

WPŁYW FERMENTACJI MLEKOWEJ NA WYBRANE PARAMETRY JAKOŚCI VEGURTÓW (ROŚLINNYCH SUBSTYTUTÓW JOGURTÓW) 53
Mirosława Teleszko, Adam Zając

WPŁYW OPAKOWAŃ AKTYWNYCH I INTELIGENTNYCH NA TRWAŁOŚĆ I JAKOŚĆ ŻYWNOŚCI FERMENTOWANEJ 73
Marta Bochniak, Monika Wereńska, Zlata Kralik

WPŁYW SKŁADU ILOŚCIOWEGO KULTURY STARTEROWEJ I RODZAJU MLEKA NA PRZEBIEG UKWASZANIA I KOAGULACJI MLEKA W CZASIE RZECZYWISTYM 89
Izabela Dymitrów, Łukasz Łopusiewicz, Elżbieta Bogusławska-Wąs

WPŁYW ŻYWNOŚCI PROZDROWOTNEJ - KAPUSTY KISZONEJ NA POPRAWĘ STANU JELIT 113
Aldona Wierzbicka-Rucińska

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII INFORMACYJNO KOMUNIKACYJNYCH W PROCESIE DYSTRYBUCJI ŻYWNOŚCI FERMENTOWANEJ 139
Monika Wereńska, Marta Bochniak

ŻYWNOŚĆ FERMENTOWANA A DIETA OSÓB STARSZYCH 153
Zuzanna Goluch, Gabriela Haraf, Renata Wójcik

WSTĘP

Szanowni Państwo

Znanym jest fakt, że istnieje silny związek pomiędzy sposobem żywienia a zachowaniem zdrowia, dlatego konsumenci poszukują żywności o walorach prozdrowotnych. Natomiast producenci żywności, kierując się preferencjami konsumentów, wytwarzają żywność prozdrowotną określaną jako funkcjonalną. Grupą produktów spożywczych (zarówno pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego), pozytywnie wpływających stan zdrowia człowieka, są produkty fermentowane. Włączenie ich diety jest zasadne zarówno w profilaktyce żywieniowej, jak i w dietoterapii niektórych schorzeń. Utrzymanie prawidłowego składu mikrobioty jelit nabiera szczególnego znaczenia w okresie osłabienia działania układu immunologicznego oraz u osób leczonych antybiotykami czy też żyjących w permanentnym stresie. W celu uzyskania efektu zdrowotnego należy spożywać fermentowane produkty probiotyczne w ilościach nie mniejszych niż 100g, regularnie i w dłuższym czasie. Ich skuteczność prozdrowotna zależy bowiem od ilości występujących w żywności probiotycznych mikroorganizmów.

Niniejsza monografia zawiera zarówno artykuły przeglądowe, jak i prace badawcze. Prace przeglądowe dotyczą aktualnych informacji na temat związku pomiędzy spożyciem żywności fermentowanej a mikrobiotą jelitową, ze szczególnych uwzględnieniem osób starszych. Od strony technologicznej przedstawiono wpływ procesu fermentacji mlekowej na parametry roślinnych vegurtów, popularnie spożywanych przez osoby stosujące diety alternatywne. Również zwrócono uwagę na sposób opakowania produktów fermentowanych (aktywne i inteligentne) wpływający na ich trwałość i jakość. Prace badawcze dotyczą częstotliwości i preferencji spożycia kefirów przez osoby dorosłe, wykorzystania przez konsumentów technologii informacyjno-cyfrowych

w zakupie żywności fermentowanej oraz zastosowania różnych kultur staterowych w procesie fermentacji mleka, w zależności od jego rodzaju.

Życzymy, aby ta monografia posłużyła każdemu, kto interesuje się żywnością fermentowaną, jej produkcją oraz korzyściami zdrowotnymi wynikającymi z jej spożycia.

- Autorzy-

ZUZANNA GOLUCH
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: zuzanna.goluch@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-6241-3914

MALWINA PIETRAS
ul. Prądzyńskiego 40/7
50-433 Wrocław

GABRIELA HARAF
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: gabriela.haraf@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-9398-228X

CZĘSTOTLIWOŚĆ I PREFERENCJE SPOŻYCIA KEFIRU PRZEZ OSOBY DOROSŁE

Streszczenie: Powszechnie wiadomo, że wiele chorób cywilizacyjnych jest dietozależnych. Dlatego zasadnym jest wykorzystywanie produktów funkcjonalnych zarówno w dietoprofilaktyce, jaki i dietoterapii chorób. Celem pracy była ocena częstotliwości i preferencji spożycia kefiru przez osoby dorosłe. Przeprowadzono badanie pośrednią metodą ankietową CAVI (ang. *Computer-Assisted Web Interview*), wśród 107 osób (obojga płci, w wieku 18-64 lat), które podzielono na dwie grupy wiekowe (19-30 lat i > 30 lat). Kwestionariusz ankiety zawierał pytania o dane antropometryczne, socjodemograficzne, stan zdrowia, częstotliwość i preferencje spożycia kefirów. Stwierdzono, że: 1) tylko połowa badanych respondentów charakteryzuje się prawidłowym stanem odżywienia; 2) kefir spożywany jest przez badanych głównie czasami lub bardzo rzadko; 3) w obu grupach wiekowych badanych kefir jest średnio lubianym produktem nabiałowym; 4) osoby rezygnujące ze spożywania kefiru za powód podały jego cechy smakowo-zapachowe; 5) właściwości probiotyczne kefiru respondenci głównie kojarzyli z pozytywnym wpływem na układ pokarmowy oraz właściwościami immunomodulacyjnymi; 6) badani spożywają kefir w celu urozmaicenia diety i wzbogacenia mikroflory jelit w bakterie probiotyczne; 7) najważniejsze czynniki determinujące spożywanie kefiru przez respondentów to smakowitość i pozytywny wpływ na zdrowie, a przy jego zakupie kierują się głównie składem; 8) zasadnym jest promowanie wśród społeczeństwa spożycia kefiru jako produktu o prozdrowotnym działaniu probiotycznym, włączanie go do dietoprofilaktyki i dietoterapii chorób oraz do diet alternatywnych

i odchudzających; 9) również zasadnym wydaje się zwrócenie uwagi producentom kefirów na potrzebę poprawy w procesie produkcji walorów smakowo-zapachowych kefirów oraz rozszerzenie ich asortymentu na rynku.

Słowa kluczowe: kefir, probiotyki, dieta, częstotliwość spożycia, preferencje.

1. Wstęp

Powszechnie wiadomo, że istnieje silny związek pomiędzy dietą a zachowaniem zdrowia (de Ridder i in. 2017). Współcześni konsumenci poszukują żywności, której zadaniem jest nie tylko dostarczanie energii, ale takiej wartości odżywczej, której funkcją jest wspomaganie zdrowia psychofizycznego, opóźnianie procesów starzenia się i/lub zapobieganie chorobom (Świderski i in. 2003). Jednym z fermentowanych produktów nabiałowych jest kefir, który jako produkt „czystej etykiety" (ang. *clean label*) zdaje się doskonale wpasowywać w trend prozdrowotnego odżywiania (Górska 2014). W jego składzie znajduje się wyłącznie mleko, bakterie fermentacji mlekowej oraz drożdże. Być może jest to czynnik przyciągający świadomych konsumentów, którzy preferują żywność o najprostszym składzie. Zwiększone zapotrzebowanie na artykuły fermentowane (w tym kefir), znajduje potwierdzenie w danych analitycznych publikowanych w Euromonitor International, z których wynika wzrost popularności mlecznych produktów fermentowanych i ich spożycia (Euromonitor International, 2023). Europa Wschodnia to ważny obszar rynku produktów fermentowanych (Tamang i in. 2020). Największymi producentami są Rosja i Polska. Kefir w Polsce jest postrzegany jako produkt tradycyjny i ma on silną pozycję, w porównaniu do innych krajów. Kefir i inne produkty fermentowane stały się silną konkurencją dla jogurtów smakowych. Jest to spowodowane rozwojem wygodnych opakowań „*on-the-go*" oraz rosnącej świadomości konsumentów i tendencji do unikania produktów słodzonych (Kim i in. 2021).

Kefir zaliczany jest do grupy mlecznych napojów fermentowanych (*Codex Alimentarius* 2012). Do grupy tej należą także: maślanka, jogurt, mleko acidofilne, kumys i mleko kwaśne. Za produkt fermentowany według Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej (ang. *International Dairy Federation*) uważa się mleko, które zostało poddane fermentacji przez mikroorganizmy, które powodują wzrost jego kwasowości (https://fil-idf.org/our-work/dairy-science-and-technology/fermented-dairy-products/).

Według Bintsis i in. (2022) mleko fermentowane ma wielowiekową tradycję produkcji. Fermentacja mleka wydłuża datę przydatności do spożycia, poprawia smak oraz przyczynia się do zwiększenia strawności. Jednak ze względu na kłopotliwą technologię jego produkcji z użyciem ziaren kefiru oraz konieczność standaryzacji walorów sensorycznych, odżywczych, dietetycznych i biologicznych odchodzi się od tej tradycyjnej metody. W przemysłowej produkcji kefiru coraz częściej stosuje się łatwe w użyciu inokulum kefiru głęboko mrożonego lub liofilizowanego, a także inne preparaty o właściwościach żywych ziaren kefiru (Duran i in. 2022; Ganatsios i in. 2021; Mituniewicz -Małek i in. 2009).

Najważniejszymi parametrami atrakcyjności produktu z perspektywy żywienia człowieka, są jego wartość energetyczna oraz odżywcza. Technologia wytwarzania żywności jest obecnie tak zaawansowana, że umożliwia zachowanie pożądanej jakości pożywienia, a przede wszystkim gwarantuje bezpieczeństwo mikrobiologiczne (Xiao i in. 2023).

W najnowszej infografice stworzonej przez Narodowe Centrum Edukacji Żywieniowej, tzw. „Talerza zdrowego żywienia" zwrócono uwagę na potrzebę zwiększenia w diecie Polaków produktów mlecznych niskotłuszczowych, a w szczególności tych fermentowanych. Biorąc pod uwagę wartość odżywczą, to kefir jest produktem niskoenergetycznym i niskotłuszczowym ale za to dobrym źródłem białka, gdyż zawiera komplet aminokwasów egzogennych, niezbędnych do utrzymania równowagi azotowej w ustroju. Kefir jest bogatym źródłem aminokwasu lizyny, w porównaniu do produktów zbożowych, dlatego może być dobrym produktem uzupełniającym dietę w ten aminokwas. Ponadto kefir jest dobrym źródłem pokarmowym wapnia, potasu, witaminy A i z grupy B, natomiast słabym witaminy D. Obecna w kefirze laktoza wspomaga wchłanianie witaminy D, obniża pH pokarmu znajdującego się w przewodzie, co ułatwia rozpuszczanie wapnia, który może przedostać się do enterocytów. Laktoza trawi się wolno, dzięki temu przedostaje się aż do jelita krętego i okrężnicy. Tam hamuje wzrost bakterii gnilnych oraz sprzyja rozwojowi prawidłowej flory jelitowej (mikrobioty) (García-Burgos i in. 2020).

Kefir może być rekomendowany do spożycia w dietoterapii chorób takich jak: osteoporoza (wchłanianie wapnia w obecności laktozy), zaburzania układu odpornościowego (właściwości immunomodulujące), zaburzenia mikrobioty jelitowej (dzięki obecności szczepów probiotycznych *Lactobacillus acidophilus, L. kefiranofaciens*, *Bifidobacteruim bifidum,* oraz drożdżom), nietolerancja laktozy, dyslipidemia (obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego i triacylogliceroli), a nawet nowotworu (polisacharydy wyizolowane

z grzybków kefirowych). Ponadto wykazuje działanie antyoksydacyjne, antymutagenne i przeciwbakteryjne (Azizi i in. 2021; Chen i in. 2020; Hamida i in. 2021; Salari i in. 2021; Sharma i in. 2021; World Cancer Research Fund Raport 2017).

Ponieważ konsumenci preferują wersje smakowe produktów nabiałowych, często są do nich dodawane substancje dodatkowe do żywności. Kefir najczęściej produkowany jest jako naturalny, bez tych związków (Ozcan i in. 2018). Jednak aby zwiększyć walory kefiru producenci podczas jego produkcji najczęściej wykorzystują wsady owocowe (maliny, jeżyny, jagody), które mają za zadanie nadać kefirowi odpowiedni smak, zapach i barwę. Barwa jest tym, co przyciąga konsumenta oraz decyduje o atrakcyjności produktu (Zaręba i Ziarno, 2018).

Celem pracy była ocena częstotliwości i preferencji spożycia kefiru przez dorosłe osoby oraz ocena ich wiedzy na temat tego produktu fermentowanego.

2. Materiał i metody badań

Badanie (dobrowolne i anonimowe) zostało przeprowadzone pośrednią metodą ankietową CAVI (ang. *Computer Assisted Web Interview*), z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza, który został umieszczony w formularzu interentowym Google. W badaniu udział wzięło 107 osób, w wieku 18-64 lat (obojga płci), mieszkańców województwa dolnośląskiego. Respondenci zostali podzieleni na dwie grupy według kryterium wieku (Tab.1), zgodnie z „*Normami żywienia dla populacji Polski i ich zastosowania*" (Jarosz i in. 2020).

Tabela 1. Liczba osób biorących udział w badaniu według kryterium wieku, (N=107).

Osoby w wieku 18-30 lat (n=81)		Osoby w wieku >31 lat (n=26)		Ogółem wiek 18-64 lat (N=107)	
n	%	n	%	n	%
81	76	26	24	107	100

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety

Kwestionariusz ankiety zawierał pytania zamknięte, otwarte, półotwarte oraz filtrujące, by wyeliminować osoby, których poszczególne pytania nie dotyczyły. Wśród pytań zamkniętych były koniunktywne, które umożliwiają wybór więcej niż jednej odpowiedzi oraz dysjunktywne, które umożliwiają wybór jednej spośród wielu odpowiedzi (Gąsior, 2016). Kwestionariusz

składał się z trzech części i zawierał pytania o dane antropometryczne (masa i wysokość ciała), dane socjodemograficzne, zdiagnozowane schorzenia, częstotliwość i preferencje spożycia kefirów.

Na podstawie danych antropometrycznych obliczono wartość wskaźnika stanu odżywienia BMI (ang. *Body Mass Index*) ze wzoru masa ciała [kg]/wzrost [m^2], który zinterpretowano w oparciu o klasyfikację World Health Organization (1995). Uzyskane od respondentów dane cech antropometrycznych oraz wyliczona na ich podstawie wartość wskaźnika BMI została poddana analizie normalności rozkładu testem Shapiro –Wilka i jednorodności wariancji testem Lavena. Za pomocą programu statystycznego Statistica (13.1.) wykonano analizę wariancji Anova testem NIR (dla różnych N), a do oceny istotności różnic pomiędzy badanymi grupami przyjęto poziom istotności $P \leq 0,05$ i $P \leq 0,01$.

W ocenie preferencji spożycia przez respondentów kefirów smakowych zastosowano hedoniczną skalę 5-punktową, ze skrajnymi znaczeniami: „bardzo lubię" (5 punktów) i „bardzo nie lubię" (1 punkt) oraz o znaczeniu neutralnym „średnio lubię" (3 punkty), „nie lubię" (2 punkty) i „lubię" (4 punkty).

Do oceny ważności wybranych czynników decydujących o spożywaniu kefiru przez respondentów użyto skali 4-punktowej, gdzie: „w bardzo dużym stopniu biorę pod uwagę" (4 punkty); „w dużym stopniu biorę pod uwagę" (3 punkty); „biorę pod uwagę w niewielkim stopniu" (2 punkty) oraz „zdecydowanie nie biorę pod uwagę" (1 punkt) (Apanowicz, 2002).

Wyniki preferencji obu grup wiekowych respondentów zostały zrangowane - odpowiednio dla grupy A (osoby w wieku 18-30 lat) - R_A i dla grupy B (osoby w wieku powyżej 30 lat) - R_B. Do uszeregowania preferencji wykorzystano wartości średnich preferencji ($\bar{x}$), które sklasyfikowano w trzech zakresach wartości:

$\bar{x} < 2,34$ - preferencje niskie;
$2,34 \leq \bar{x} < 3,67$ - preferencje średnie
z $\bar{x} \geq 3,67$ - preferencje wysokie (Przysławski i in. 2012).

Współzależność pomiędzy badanymi grupami respondentów zweryfikowano testem τ-Kendalla przy poziomie istotności $P \leq 0,05$.

Do opisu danych ankietowych wykorzystano elementy statystyki opisowej.

3. Wyniki

Respondentów stanowiły głównie osoby zamieszkujące wieś lub miasto > 500 tys. mieszkańców (częściej w wieku 19-30 lat), pracujące (częściej osoby

> 31 lat) i pracujące oraz studiujące (częściej w wieku 19-30 lat), o wystarczającej (częściej osoby młodsze) lub dobrej sytuacji materialnej (osoby > 31 lat). Spośród zdiagnozowanych schorzeń respondenci wymienili: nietolerancję na laktozę lub gluten, alergie pokarmowe (na orzechy, białka mleka) i inne np. nadciśnienie tętnicze, arytmię serca, łuszczycę (Tab. 2).

Tabela 2. Charakterystyka socjodemograficzna respondentów, (N=107).

Odpowiedzi	Osoby w wieku 19-30 lat (n=81)		Osoby w wieku >31 lat (n=26)		Ogółem (N=107)	
	n	%	n	%	n	%
Miejsce zamieszkania:						
– wieś	26	32,1	5	19,2	31	28,9
– miasto do 50 tys. mieszkańców	13	16,0	10	38,4	23	21,5
– miasto 50-150 tys. mieszkańców	6	7,4	2	7,6	8	7,4
– miasto 150-500 tys. mieszkańców	12	14,8	2	7,6	14	13,0
– miasto > 500 tys. mieszkańców	24	29,6	7	26,9	31	28,9
Status zawodowy:						
– uczeń (szkoła średnia/policealna)	6	7,4	0	0	6	5,6
– student	28	34,5	0	0	28	26,1
– osoba pracująca	16	19,7	24	92,3	40	37,3
– osoba pracująca i studiująca	29	35,8	0	0	29	27,1
– bezrobotny	0	0	1	3,8	1	0,9
– osoba na urlopie macierzyńskim/ tacierzyńskim/wychowawczym	2	2,4	1	3,8	3	2,8
– emeryt/rencista	0	0	1	0	0	0,9
Sytuacja materialna:						
– bardzo zła	1	1,2	0	0	1	0,9
– zła	3	3,7	0	0	3	2,8
– wystarczająca	36	44,4	10	38,4	46	42,9
– dobra	29	35,8	12	46,1	41	38,3
– bardzo dobra	12	4,8	4	15,3	16	14,9
Zdiagnozowane schorzenia:						
– nietolerancja na laktozę	6	7,4	2	7,6	8	7,4
– nietolerancja na gluten	2	2,4	0	0	2	1,8
– alergie pokarmowe	13	16,0	4	15,4	17	15,9
– inne choroby	18	22,2	5	19,2	23	21,5

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartościach masy i wysokości ciała oraz wskaźnika stanu odżywienia BMI pomiędzy grupami wiekowymi badanych respondentów (Tab. 3).

Tabela 3. Wartości cech antropometrycznych oraz wskaźnika BMI u badanych osób w zależności od wieku, (N=107).

Badana cecha	Osoby w wieku 18-30 lat (n=81)	Osoby w wieku >31 lat (n=26)	P value
Masa ciała [kg]	67,5 ± 15,0	72,6 ± 13,3	0,129
Wysokość ciała [m]	1,70 ± 0,1	1,71 ± 0,1	0,699
BMI (Body Mass Index [kg/m2])	23,3 ± 4,4	24,9 ± 3,9	0,096

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety

Biorąc pod uwagę szczegółową wartość wskaźnika BMI (Tab. 4) stwierdzono u połowy ogółu badanych prawidłową masę ciała (częściej w grupie 19-30 lat). Niedożywienie i niska masa ciała występowała u niewielkiego odsetka osób (częściej w grupie młodszej). Natomiast nadwaga lub otyłość występowała częściej u osób w wieku powyżej 31 lat.

Tabela 4. Stan odżywienia badanych osób w zależności od wartości wskaźnika BMI, (N=107).

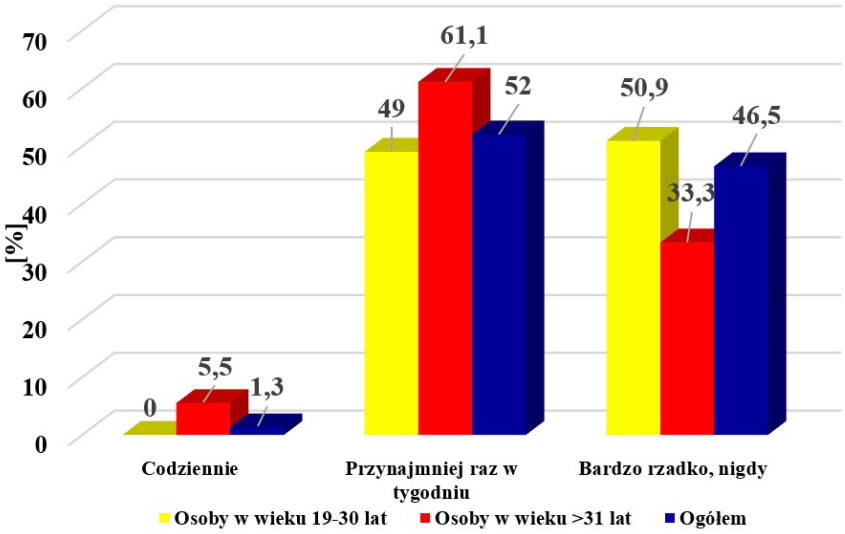
Klasyfikacja BMI wg WHO	Zakres BMI	Osoby w wieku 18-30 lat (n=81)		Osoby w wieku >31 lat (n=26)		Ogółem (N=107)	
		n	%	n	%	n	%
Niedożywienie	< 18,49	5	6,1	1	3,8	6	5,6
Niska masa ciała	18,5 - 19,99	11	13,5	1	3,8	12	11,2
Prawidłowa masa ciała	20,0 - 24,99	40	49,3	12	46,1	52	48,6
Nadwaga	25,0 - 29,99	19	23,4	9	34,6	28	26,1
Otyłość I°	30,0 - 34,99	4	4,9	3	11,5	7	6,5
Otyłość II°	35,0 - 39,9	1	1,2	0	0	1	0,9
Otyłość III°	> 40,0	1	1,2	0	0	1	0,9

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety

Analizując częstotliwość spożywania kefirów stwierdzono, że co drugi z respondentów (częściej w wieku > 31 lat) zadeklarował spożycie tego produktu przynajmniej raz w tygodniu. Tylko niewielki odsetek badanych spożywa ten produkt fermentowany codziennie (Rys.1).

Osoby, które nie spożywają kefiru (N=54) poproszono w ankiecie o uzasadnienie. Prawie 3/4 badanych nie konsumuje ich ponieważ woli jogurty (częściej osoby w wieku 19-30 lat). Prawie połowa ankietowanych nie spożywa kefiru ze względu na jego kwaskowaty smak (częściej osoby > 31 lat). Młodszym osobom nie odpowiada natomiast nieprzyjemny zapach lub

nieakceptowana konsystencja, a problemem są też posiadane alergie pokarmowe, nieodpowiedni smak. Tylko jedna osoba zwróciła uwagę na nieodpowiednią zawartość makroskładników (Tab. 5).



Rysunek 1. Częstotliwość (%) spożycia kefirów przez badanych respondentów, (N=107)
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 5. Odsetek osób (%) w zależności od powodów, przez które ankietowani rezygnują z picia kefiru, (N=54).

Powody	Osoby w wieku 18-30 lat (n=41)		Osoby w wieku >31 lat (n=13)		Ogółem (N=54)	
	n	%	n	%	n	%
Ma kwaskowaty smak	18	43,9	6	46,1	24	44,4
Ma nieprzyjemny zapach	11	26,8	3	23,0	14	25,9
Ma złą konsystencję	10	24,3	2	15,3	12	22,2
Wolę jogurty od kefiru	31	75,6	9	69,2	40	74,0
Szkodzi na żołądek*	0	0	1	7,6	1	1,8
Średnio wchodzi w moje zapotrzebowanie na makroskładniki*	1	2,4	0	0	1	1,8
Nie smakuje mi*	1	2,4	0	0	1	1,8
Alergia pokarmowa*	1	2,4	0	0	1	1,8

*odpowiedzi dodane przez ankietowanych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Biorąc pod uwagę stopień akceptacji kefiru (preferencje) stwierdzono, że ponad 1/3 respondentów lubi ten produkt fermentowany (częściej osoby w wieku 19-30 lat) i blisko tyle samo osób go nie lubi (częściej osoby > 31 lat). Młodsi respondenci bardzo nie lubią kefiru, natomiast starsi respondenci bardzo go lubią (Tab. 6).

Tabela 6. Preferencje spożycia kefiru przez badanych respondentów, (N=107).

Preferencje	Osoby w wieku 18-30 lat (n=81)		Osoby w wieku >31 lat (n=26)		Ogółem (N=107)	
	n	%	n	%	n	%
Bardzo lubię	8	9,8	5	19,2	13	12,1
Lubię	31	38,2	8	30,7	39	36,4
Ani lubię, ani nie lubię	12	14,8	4	15,3	16	14,9
Nie lubię	24	29,6	9	34,6	33	30,8
Bardzo nie lubię	6	7,4	0	0	6	5,6

Skala: bardzo lubię 5 pkt., lubię 4 pkt., średnio lubię 3 pkt., nie lubię 2 pkt., bardzo nie lubię 1 pkt.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Ponad połowa ankietowanych preferuje kefir naturalny o zawartości 2% tłuszczu (częściej osoby > 31 lat), natomiast osoby młodsze preferują kefir bez laktozy lub o zawartości tłuszczu 0 % (Tab.7).

Tabela 7. Odsetek (%) osób w zależności od preferencji dotyczącej zawartości tłuszczu w kefirze, (N=68).

Preferencje spożycia kefiru	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)		Ogółem (N=68)	
	n	%	n	%	n	%
Naturalny 0% tłuszczu	15	27,2	2	11,7	17	23,6
Naturalny 2% tłuszczu	26	48,1	10	71,4	36	52,9,5
Naturalny bez laktozy	5	9,0	0	0	5	6,9
Smakowy	8	14,5	2	11,7	10	13,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Poza bezpośrednim piciem kefiru, najczęściej używają go jako dodatku do smoothie (częściej w grupie młodszej) oraz do ziemniaków (w takim samym stopniu w obu grupach). Co trzecia osoba używa kefiru do przygotowania naleśników (częściej w grupie starszej), a niewielki odsetek młodszych respondentów do zabielania zup (Tab. 8).

Tabela 8. Odsetek osób (%) w zależności od zastosowania kefiru innego niż bezpośrednie spożycie, (N=68) (wielokrotny wybór).

Cel	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)		Ogółem (N=68)	
	n	%	n	%	n	%
Do smoothie	26	49,0	5	31,2	31	44,9
Do naleśników	14	26,4	7	43,7	21	30,4
Dodatek do ziemniaków	23	43,4	7	43,7	30	43,4
Do surówek/sałatek	10	18,8	3	18,7	13	18,8
Do zabielania zup	7	13,2	1	6,2	8	11,5
Do kaszy gryczanej*	1	1,8	0	0	1	1,4
Do owsianki, kaszki*	1	1,8	0	0	1	1,4
Do ciast*	1	1,8	0	0	1	1,4
Do niczego innego*	0	0	2	12,5	2	2,9

*odpowiedzi dodane przez ankietowanych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Czynnikiem decydującym o spożywaniu kefiru dla prawie co drugiej osoby jest jego prozdrowotny charakter (częściej osoby w wieku 19-30 lat). Blisko 1/3 respondentów uważa, że drugim ważnym czynnikiem jest jego smakowitość (częściej osoby > 31 lat). Dla niewielkiej liczby osób czynnikiem tym jest smak dzieciństwa lub spożywają kefir z przyzwyczajenia. Jako czynnik ograniczający spożycie kefiru wymieniono również ograniczanie spożycia nabiału (Tab. 9).

Tabela 9. Odsetek osób (%) w zależności od czynników decydujących o spożywaniu kefiru, (N=68).

Czynniki	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)		Ogółem (N=68)	
	n	%	n	%	n	%
Ograniczam spożycie nabiału	1	1,8	0	0	1	1,4
Przyzwyczajenie	4	7,4	0	0	4	5,9
Rzadko spożywam	1	1,8	0	0	1	1,4
Smaczny	15	27,7	7	41,1	22	30,9
Smak dzieciństwa	8	14,8	0	0	8	11,8
Zdrowy	25	46,3	7	41,1	32	45,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Celem spożywania kefiru (Tab. 10) dla ponad połowy badanych jest urozmaicenie diety (częściej osoby w wieku 19-31 lat) oraz wzbogacenie mikroflory jelit w bakterie probiotyczne (częściej osoby > 31 lat). Ponadto osoby młodsze poprzez spożycie kefiru chcę zwiększyć zawartość białka w diecie, leczyć „kaca", poprawić defekację lub zredukować masę ciała. Natomiast starsi respondenci chcą schłodzić się w upalne dni.

Tabela 10. Odsetek osób (%) w zależności od celu spożywania kefiru, (N=68) (wielokrotny wybór).

Cel	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)		Ogółem (N=68)	
	n	%	n	%	n	%
Aby leczyć „kaca"	8	14,8	1	5,8	9	12,6
Aby schłodzić się w upalne dni	8	14,8	4	23,5	12	16,9
Aby urozmaicić dietę	33	61,1	9	52,9	42	59,1
Aby zwiększyć spożycie białka	19	35,1	5	29,4	24	33,8
Aby wzbogacić mikroflorę jelit w bakterie probiotyczne	26	48,1	15	88,2	41	57,7
Aby poprawić defekację	12	22,2	1	5,8	13	18,3
W celu redukcji masy ciała	8	14,8	2	11,7	10	14,0
Dla smaku*	1	1,8	0	0	1	1,4
Bo lubię*	1	1,8	0	0	1	1,4

*odpowiedzi dodane przez ankietowanych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Przy dokonywaniu zakupu kefiru połowa respondentów kieruje się jego składem (częściej osoby > 31 lat). Ponad jedna trzecia ankietowanych kieruje się ceną lub pojemnością opakowania (częściej osoby w wieku 19-30 lat). Niewielką uwagę respondenci zwracają na wygodne opakowanie i znaną markę (Tab. 11).

Tabela 11. Odsetek osób (%) w zależności od czynników decydujących o wyborze kefiru w sklepie, (N=68) (wielokrotny wybór).

Czynniki	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)		Ogółem (N=68)	
	n	%	n	%	n	%
Cena	24	43,6	3	17,6	27	37,5
Pojemność	18	33,3	2	11,7	20	29,4

Wygodne opakowanie	8	14,5	0	0	8	11,8
Dostępny asortyment tego samego producenta	3	5,4	0	0	3	4,1
Wartość energetyczna	1	1,8	0	0	1	1,3
Prozdrowotne działanie	8	14,5	6	35,2	14	19,4
Skład	27	49,0	9	52,9	36	50,0
Smak	2	3,6	0	0	2	2,7
Znana marka	7	12,7	2	11,7	9	12,5
Musi być rzadki*	1	1,8	0	0	1	1,3

*odpowiedzi dodane przez ankietowanych.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

W sprzedaży na krajowym rynku znajdują się kefiry smakowe. Analizując preferencje w zakresie spożycia różnych smaków kefirów to wśród ogółu respondentów najwyższą średnią punktów, a zarazem średnie preferencje, uzyskał smak truskawkowy (3,2 pkt.). W młodszej grupie wiekowej respondentów średnie preferencje oraz najwyższą rangę uzyskał właśnie smak truskawkowy (3,2 pkt.). Natomiast w starszej grupie badanych wysokie preferencje oraz najwyższą rangę uzyskał smak brzoskwiniowy (3,9 pkt.). Najniższą rangę i niskie preferencje w młodszej grupie respondentów uzyskał smak brzoskwiniowy (2,1 pkt.), natomiast w grupie starszej najniższą rangę i średnie preferencje uzyskał smak owoców leśnych (3,0 pkt.).

Współzależność pomiędzy badanymi grupami respondentów w zakresie preferencji smakowych kefiru zweryfikowana testem τ-Kendalla nie była statystycznie istotna. Z niskiej wartości współczynnika τ-Kendalla (0,400; $P < 0,05$) wynika, że obie grupy wiekowe badanych respondentów charakteryzowały się niezbyt silnie zgodnymi preferencjami w zakresie wyboru smaków kefiru (Tab. 12).

Tabela 12. Preferencje spożycia wybranych smaków kefiru, (N=68).

Smaki	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)	
	± SD	R_A	± SD	R_B
Truskawka	3,2±1,3	1	3,3±1,3	4
Suszona śliwka	3,0±1,4	2	3,6±1,2	2
Owoce leśne	2,8±1,3	3	3,0±1,2	5
Wanilia	2,7±1,2	4	3,4±1,0	3

Brzoskwinia	2,1±1,0	5	3,9±0,9	1
Wartość statystyki	τ-Kendalla = 0,400			

Skala: bardzo lubię 5 pkt., lubię 4 pkt., średnio lubię 3 pkt., nie lubię 2 pkt., bardzo nie lubię 1 pkt.
R_A - ranga analizowanej cechy dotyczącej preferencji wyboru smaku w grupie A (wiek 19-30 lata).
R_B - ranga analizowanej cechy dotyczącej preferencji wyboru smaku w grupie B (wiek > 31 lat).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Wśród czynników branych pod uwagę przez respondentów przy zakupie kefiru (Tab. 13) najwyższą rangę i średnie preferencje uzyskał aspekt posiadania właściwości prozdrowotnych w obu grupach (3,0 pkt. *vs.* 3,4 pkt.). Natomiast atrakcyjne opakowanie uzyskało najniższą rangę i niskie preferencje również w obu grupach (1,5 pkt. *vs.* 1,4 pkt.)

Współzależność pomiędzy badanymi grupami respondentów w zakresie ważności czynników decydujących o zakupie kefiru zweryfikowana testem τ-Kendalla nie była statystycznie istotna. Ze średniej wartości współczynnika τ-Kendalla (0,659; $P < 0,05$) wynika, że obie grupy badanych respondentów charakteryzowały się średnio zgodnymi preferencjami w zakresie ważności czynników branych pod uwagę podczas zakupu kefirów.

Tabela 13. Preferencje ważności wybranych czynników branych pod uwagę przy zakupie kefiru, (N=68).

Czynnik	Osoby w wieku 18-30 lat (n=54)		Osoby w wieku >31 lat (n=14)		Ogółem (N=68)
	± SD	R_A	± SD	R_B	
Posiada właściwości prozdrowotne	3,0±0,9	1	3,4±0,5	1	3,0±0,9
Jest produktem świeżym	2,8±0,8	2,5	2,4±1,1	11,5	2,8±0,9
Cenię jego walory smakowo-zapachowe	2,8±0,8	2,5	3,0±0,8	3	2,9±0,8
Jest probiotykiem i wspomaga florę jelitową prozdrowotnie	2,7±1,0	4	3,1±0,6	2	2,8±1,0
Jest źródłem pełnowartościowego białka	2,6±0,9	6,5	2,8±1,0	7	2,6±1,0
Pozytywnie wpływa na ruchy perystaltyczne jelit	2,6±1,1	6,5	2,9±0,8	5	2,7±1,0
Wspomaga układ odpornościowy	2,6±1,0	6,5	2,9±0,8	5	2,6±1,0
Jest produktem tanim	2,6±1,0	6,5	2,5±1,0	9	2,6±1,0
Reguluje przemianę materii	2,5±1,0	9	2,9±0,8	5	2,6±1,0
Jest produktem wygodnym	2,4±1,0	10,5	2,1±0,8	15,5	2,4±0,9

Jest zawsze dostępny	2,4±1,0	10,5	1,7±0,9	18	2,3±1,0
Jest niskokaloryczny	2,3±1,1	13	2,6±1,2	8	2,4±1,2
Pomaga w wypróżnianiu	2,3±1,0	13	2,4±1,1	11,5	2,3±1,0
Hamuje rozwój bakterii gnilnych w jelicie grubym	2,3±1,0	13	2,4±0,9	11,5	2,3±1,0
Latem ochładza organizm	2,2±0,9	15,5	2,4±1,1	11,5	2,2±0,9
Jest łatwy w przechowywaniu	2,2±0,9	15,5	2,0±0,8	17	2,1±0,9
Posiada dodatki smakowe	2,1±1,0	17	2,1±1,0	15,5	2,1±1,0
Gasi pragnienie	2,0±0,9	18	2,3±1,1	14	2,1±0,9
Produkowany jest przez ulubionego producenta	1,6±0,8	19	1,6±1,0	19	1,6±0,9
Posiada atrakcyjne opakowanie	1,5±0,7	20	1,4±0,9	20	1,5±0,7
Wartość statystyki	τ-Kendalla = 0,659				

R_A- ranga analizowanej cechy dotyczącej preferencji wyboru czynników w grupie A (wiek 19-30 lat).

R_B- ranga analizowanej cechy dotyczącej preferencji wyboru czynników w grupie B (wiek >31 lat).

Skala: w bardzo dużym stopniu biorę pod uwagę 4 pkt., w dużym stopniu biorę pod uwagę 3 pkt., biorę pod uwagę w niewielkim stopniu 2 pkt., zdecydowanie nie biorę pod uwagę 1 pkt.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

4. Dyskusja

W czasach produkcji żywności przetworzonej i oczyszczonej kefir jako produkt naturalny, tradycyjny i tani może znaleźć wielu zwolenników, przede wszystkim dzięki dobroczynnemu działaniu na organizm człowieka i wspomaganiu go w wielu funkcjach. Obecne w kefirze bakterie probiotyczne usprawniają pracę jelit i tym samym pomagają w utrzymaniu eubiozy, mają działanie antyrakotwórcze oraz wspomagają układ immunologiczny. Są to kluczowe obszary funkcjonowania organizmu, które jeśli są sprawne, gwarantują długofalowe utrzymanie zdrowia (García-Burgos i in. 2020).

Stan odżywienia ma istotny wpływ na stan zdrowia. Konsekwencją niedożywienia jest utrata masy ciała, osłabienie odporności oraz siły mięśni, co powoduje podatność na choroby. Nadwaga i otyłość są skorelowane z występowaniem chorób układu krążenia, nerek i wątroby, nowotworów i cukrzycy typu 2 (Whitlock i in. 2009, World Obesity Atlas 2023). Otyłość jest wyzwaniem dla zdrowia publicznego na całym świecie, mającym znaczące skutki zdrowotne i ekonomiczne (Okunogbe i in. 2021). W badaniach własnych, wśród ankietowanych osób w wieku 18-64 lat, tylko połowa miała

prawidłowy stan odżywienia, a co czwarty nadwagę. Świadczy to problemie utrzymania prawidłowej masy ciała w społeczeństwie. Jednym z produktów spożywczych wspomagających redukcję masy ciała jest kefir. W badaniach przeprowadzonych przez Bellikc-Koyu i in. (2019), nad wpływem regularnego spożywania kefiru (w ilości 180 cm^3) przez osoby z zespołem metabolicznym (w wieku 18-65 lat obojga płci), wykazano, że po 12 tygodniach jego spożywania obniżyło się u badanych ciśnienie tętnicze krwi, stężenie glukozy, cholesterolu całkowitego i triacylogliceroli we krwi oraz masa ciała. Autorzy przeglądu (Pimenta i in. 2018) na temat mechanizmu działania kefiru w chorobach układu sercowo-naczyniowego i zespołu metabolicznego jako powód jego skuteczności wskazali hamowanie nadmiernego wytwarzania reaktywnych form tlenu ROS (ang. *Reactive Oxygen Specie*s). Jednym z efektów spożywania kefiru może być aktywacja endogennego szlaku metabolizmu cholesterolu, który zapewnia jego metabolizację przez mikroorganizmy oraz hamuje wchłanianie cholesterolu w jelicie cienkim.

W badaniach własnych 18% respondentów spożywało kefir, aby poprawić defekację. Na skali ważności czynników branych pod uwagę przez respondentów przy spożywaniu kefiru pomoc w wypróżnianiu uzyskała średnie preferencje w obu grupach (2,3 *vs* 2,4 pkt). Wydawać się może, że badani łączą spożywanie kefiru z ogólną poprawą funkcjonowania układu trawiennego, gdyż niemal 80% uczestników uważało, że probiotyki ułatwiają trawienie. W badaniu Baars i in. (2019), przeprowadzonym u 390 osób obojga płci (średnia wieku 54 lata), sprawdzano wpływ spożywania kefiru na stan zdrowia, odporność, jelita, nastrój i kondycję skóry, po co najmniej 2 miesiącach od włączenia go do codziennej diety. Stwierdzono znaczącą poprawę wszystkich badanych aspektów z wyjątkiem poprawy stanu skóry. W grupie o złym stanie zdrowia, która liczyła 45% badanych, wystąpiła poprawa badanych aspektów zdrowotnych o 20%, a w grupie o prawidłowym stanie zdrowia poprawa wyniosła 8%.

Respondenci, którzy w badaniach własnych zadeklarowali, że rezygnują z picia kefiru podali jako powód większą popularność jogurtu, co zgadza się z danymi opublikowanymi przez Euromonitor (2020). Według badań własnych drugą przyczyną rezygnacji jest kwaskowaty smak.

W badaniach własnych respondenci deklarowali też problemy zdrowotne jelit. Jako cel spożywania kefiru 57% wskazała wzbogacenie mikroflory jelit w bakterie probiotyczne. Jako czynnik decydujący o spożywaniu kefiru co druga osoba wskazywała prozdrowotny charakter kefiru, który uzyskał najwyższe preferencje (3,0 pkt. w grupie młodszej *vs.* 3,4 pkt. w grupie starszej).

W istocie dysbioza jelit to utrata korzystnego mikrobiomu, zwiększona liczebność potencjalnie szkodliwych organizmów oraz niska różnorodność mikrobiologiczna (Petersen i Round 2014). W badaniach Hamet i in. (2016) u myszy monitorowano aktywność podanego kefiranu (polisacharydu obecnego w ziarnach kefirowych) pałeczek kwasu mlekowego oraz *Bifidobacterium* na liczebność populacji bakterii w kale w dniach 0, 2, 7, 14 i 21. Stwierdzono pozytywny wzrost populacji *Bifidobacterium* w kale oraz w dystalnej części okrężnicy.

Ważnym czynnikiem dla respondentów było też wspomaganie odporności przez spożywanie kefiru, co świadczy o wiedzy na temat potencjalnego jego wpływu na mi-kroflorę jelit oraz wspomaganie efektów immodulacyjnych organizmu. Adiloglu i in. (2013) badali u 18 mężczyzn (średnia wieku 35,5 lat) odpowiedź układu odpornościowego na spożywanie kefiru (w ilości 200 cm^3 przez 6 tygodni) poprzez monitorowanie profilu cytokin w surowicy krwi. Stwierdzono, że spożycie kefiru spowodowało polaryzację odpowiedzi immunologicznej względem limfocytów Th1 i zmniejszenie limfocytów Th2, co wskazywało na aktywację układu odpornościowego i gotowość do zwalczania patogenów.

W badaniach własnych nieliczni ankietowani zadeklarowali posiadanie nietolerancji na laktozę, gluten lub białka mleka. Osoby nietolerujące laktozy i glutenu nie powinny całkowicie rezygnować z kefiru, gdyż na rynku są dostępne te bez laktozy, a gluten nie jest składnikiem kefiru. Według literatury probiotyki zmniejszają dolegliwości występujące przy nietolerancji laktozy (Açik i in. 2020). Następuje redukcja skurczów brzucha, biegunek i wzdęć. Po dotarciu do przewodu pokarmowego bakterie probiotyczne (np. *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Lactobacillus acidophilus* LB) oraz niepatogenne drożdże (*Saccharomyces boulardii*) mają zdolność przekształcania laktozy i innych cukrów prostych w kwas mlekowy (fermentacja mlekowa). Probiotyki działają antagonistycznie na bakterie wytwarzające gazy jelitowe, co zwiększa kompensację okrężnicy. Zdiagnozowane alergie pokarmowe wśród respondentów nie wykluczają z ich diety kefiru, wyłączając osoby, które są uczulone na nabiał (Karwowska i Kaczmarzyk 2023).

Jak wykazali Nowak i in. (2007), w badaniach przeprowadzonych wśród 310 mieszkańców Wrocławia, największy wpływ na wybór produktów fermentowanych napojów mlecznych ma smak (27% wskazań), marka (23%) i cena (18%). Z późniejszych badań Baranowskiej i in. (2011) wynika, że dla grupy respondentów wieku 18-34 lat dominującym czynnikiem decydującym o spożywaniu mlecznych produktów fermentowanych były smak i pozytywny

wpływ na zdrowie. Jest to zbieżne z prezentowanymi wynikami własnymi, gdyż respondenci w ankiecie wskazali te same główne dwa czynniki, które decydują o spożywaniu przez nich kefiru: że jest zdrowy (45%) i smaczny (30%). Dla grupy młodszej (18-31 lat) bardziej liczył się fakt, że jest to produkt zdrowy, natomiast dla osób > 31 roku życia ważniejszy był smak.

Podczas dokonywania zakupu kefiru respondenci obu grup wiekowych kierowali się głównie jego składem. Potwierdza to wzrost zainteresowania konsumentów produktami określanymi jako „*clean label*", czyli produktami czystej etykiety (Wereńska, 2021). W następnej kolejności respondenci kierowali się ceną, głównie osoby młodsze (43,6%). Może być to związane z sytuacją materialną respondentów, z których największy odsetek posiada wystarczającą sytuację materialną, a kefir jest produktem stosunkowo tanim (w zależności od marki 1,78 zł - 2,61 zł za 250cm^3 kefiru 1,5%). Większość respondentów to osoby młode pracujące lub łączące pracę ze studiami, co może determinować prowadzenie oszczędnego trybu życia. Zgadza się to z badaniami Piekut (2018), w których spożycie napojów mlecznych było najwyższe w gospodarstwach 1-osobowych (1,12 dm^3 miesięcznie) i 2-osobowych (0,92 dm^3 miesięcznie). Natomiast Baranowska i in. (2011) przypuszczają, że to właśnie niskie dochody osób w wieku 18-34 lat mogą jednak hamować spożywanie droższych mlecznych napojów fermentowanych.

Najpopularniejszy, szczególnie wśród starszej grupy respondentów w badaniach własnych, okazał się kefir naturalny 2% tłuszczu. Zgadza się to z opinią opublikowaną na łamach Forum Mleczarskiego (Górska 2020), iż konsumenci wybierają kefiry naturalne, a kefiry smakowe notują bardzo mały udział w sprzedaży. To również zgadza się z badaniami własnymi, gdyż tylko 13% ankietowanych wybiera wariant smakowy. Młodsze osoby natomiast, oprócz kefiru o zawartości 2% tłuszczu, częściej niż osoby starsze wybierały kefir o zawartości tłuszczu 0%, co wskazuje na wybieranie przez tę grupę produktów o obniżonej zawartości tłuszczu, a tym samym niższej wartości energetycznej.

Poza bezpośrednim piciem, kefir wykorzystywany jest przez respondentów do przygotowywania smoothie, głównie w grupie młodszej (49%), co może być skorelowane z sezonowym zwiększeniem sprzedaży kefiru w miesiącach letnich, by przygotować koktajl ze świeżymi owocami (Górska 2020). Grupa starsza badanych respondentów chętniej używa kefiru do przygotowania naleśników (43,7%). Kefir używany jest także przez respondentów jako dodatek do ziemniaków (43,48%), co może mieć związek z tradycjami spożywania produktów mlecznych z tymi produktami w Polsce. Interesującym jest fakt, że kefir używany jest również przez respondentów do surówek (18,8%) oraz zabielania zup

(11,5%), co wskazuje na „przemycanie" go do różnych potraw, jako składnika dodatkowego. Może być to także wynik stosowania przez badanych kefiru jako zamiennika dla śmietany. Przy chorobach układu sercowo-naczyniowego czy hipercholesterolemii zaleca się spożywanie produktów o obniżonej zawartości tłuszczu oraz produktów funkcjonalnych (Eckel i in. 2014).

Ankietowani spożywają kefir głównie, żeby urozmaicić dietę i wzbogacić mikroflorę jelit w bakterie probiotyczne. Może to wskazywać na wysoką świadomość wpływu dobrostanu jelit na stan zdrowia oraz na właściwości prozdrowotne produktów fermentowanych. Ponad jedna trzecia respondentów chce zwiększyć również w ten sposób spożycie białka. Oznacza to, że produkty mleczne wciąż są postrzegane jako dobre źródło tego makroskładnika, co zgadza się z zaleceniami Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego - PZH, który w „Talerzu zdrowego żywienia" rekomenduje spożywanie co najmniej 2 szklanek mleka dziennie, które można zastąpić m.in kefirem (https://ncez.pzh.gov.pl). Ponadto spożycie kefiru wskazuje również na popularność tego produktu wśród osób dbających o sylwetkę. Starsza grupa respondentów w badaniach własnych chętniej spożywa kefir, aby leczyć „kaca" i schłodzić się w upalne dni, gdyż konsumenci wykorzystują orzeźwiające i musujące właściwości kefiru wynikające z obecności w nim ditlenku węgla i alkoholu występującego w tym produkcie w ilości od 0,1 do 0,8%.

Kefir lubi i bardzo lubi łącznie co drugi z respondentów (częściej w grupie > 31 lat). Jest to zbieżne z wynikami badań Piekut (2018), w których miesięczne spożycie napoi i innych mlecznych produktów mlecznych jest większe wśród osób w wieku 30-40 (1,32 dm^3), niż w wieku poniżej 30 lat (1,13 dm^3).

Częstotliwość spożycia kefiru rozkłada się między: „przynajmniej raz w tygodniu" (52,05%) i „nigdy" lub „bardzo rzadko" (46,58%). Podobne wyniki uzyskała Babicz-Zielińska (1999), która badała preferencje spożycia produktów mlecznych wśród młodych kobiet. Respondentki w cytowanym badaniu spożywały kefir z przewagą dla „czasami" oraz „przynajmniej raz w tygodniu". W nowszym badaniu Sawa i in. (2018), przeprowadzonym w grupie 271 polskich konsumentów wykazano, że spożycie fermentowanych napojów mlecznych deklarowało 83,8% badanych niezależnie od ich statusu społeczno-demograficznego (płeć, miejsce zamieszkania, wykształcenie, status społeczny), a kefir był spożywany „mniej niż raz w tygodniu".

Według badań Babicz-Zielińskiej (1999) dziesięć czynników ważkości uzyskało wynik powyżej 3 punktów (były brane pod uwagę w dużym stopniu). W kolejności: świeżość, smak, jakość, trwałość, dodatki smakowe, wpływ na zdrowie, wartość odżywcza, konieczność racjonalnego żywienia,

cena i informacja na opakowaniu. Według badań własnych średnią równą 3 punkty i wyższą rangę uzyskały takie czynniki jak: właściwości zdrowotne oraz walory smakowo-zapachowe, co zgadza się z wynikami Babicz-Zielińskiej (1999). Jeżeli oprócz dwóch pierwszych wymienionych czynników weźmie się pod uwagę kolejne 8 (średnia między 2,9-2,4 pkt.), to między wynikami Babicz-Zielińskiej (1999), a badaniami własnymi można zaobserwować, że pierwsze 10 czynników pokrywa się znacząco, choć są też i różnice. Dodatki smakowe w badaniach wyżej cytowanej autorki znalazły się w pierwszych 10 czynnikach, natomiast według badań własnych uzyskały średnią 2,1 pkt. (nie brane pod uwagę). Najmniejszą ważkość w badaniach Babicz-Zielińskiej (1999) uzyskały reklama i opakowanie. Podobnie według badań własnych nie ma znaczenia dla ankietowanych opakowanie oraz producent kefiru. Podsumowując według badań cytowanej autorki i badań własnych najważniejsze czynniki to: właściwości prozdrowotne i cechy sensoryczne (jak smak i świeżość) oraz niska cena. Jednak w badaniach Babicz-Zielińskiej (1999) zdecydowanie ważniejsze, niż w badaniach własnych, okazały się dodatki smakowe, co może wskazywać obecnie na przesunięcie preferencji w stronę produktów naturalnych, bez dodatków. W badaniu Sawa i in (2018), przeprowadzonym w grupie 271 polskich konsumentów wykazano, że na wybory zakupowe respondentów największy wpływ miała jakość produktu, w szczególności smak (4,48 pkt.), trwałości (4,27 pkt.), wartości odżywczej (3,82 pkt.) i prozdrowotnej (3,53 pkt.). Reklama była o znaczeniu marginalnym (1,94 pkt.). Ważkość czynników może wskazywać na znaczną wiedzę konsumentów na temat właściwości kefiru jako produktu probiotycznego.

5. Zakończenie

Z przeprowadzonych badań wynika, że: 1) tylko połowa badanych respondentów charakteryzuje się prawidłowym stanem odżywienia (częściej w grupie młodszej); 2) kefir głównie spożywany jest przez badanych czasami lub bardzo rzadko (częściej w grupie starszej); 3) w obu grupach wiekowych respondentów kefir jest średnio lubianym produktem nabiałowym; 4) osoby rezygnujące ze spożywania kefiru za powód podały jego cechy smakowo-zapachowe; 5) właściwości probiotyczne kefiru respondenci głównie kojarzyli z pozytywnym wpływem na układ pokarmowy oraz właściwościami immunomodulacyjnymi (częściej w młodszej grupie wiekowej); 6) badani spożywają kefir głównie w celu urozmaicenia diety oraz wzbogacenia mikroflory jelit w bakterie probiotyczne (częściej w starszej grupie wiekowej); 7) najważniejsze

czynniki determinujące spożywanie kefiru przez respondentów to smakowitość oraz pozytywny wpływ na zdrowie, a przy jego zakupie kierują się głównie składem (częściej w starszej grupie wiekowej); 8) w świetle powyższych stwierdzeń zasadnym jest promowanie wśród społeczeństwa spożycia kefiru jako produktu o prozdrowotnym działaniu probiotycznym, włączanie go do dietoprofilaktyki i dietoterapii chorób oraz do diet alternatywnych i odchudzających; 9) również zasadnym również wydaje się zwrócenie uwagi producentom kefirów na potrzebę poprawy w procesie produkcji walorów smakowo-zapachowych kefirów oraz rozszerzenie ich asortymentu na rynku.

LITERATURA

Açik M., Çakiriğlu F.P., Altan M., Baybo T., (2020). Alternative source of probiotics for lactose intolerance and vegan individuals: sugary kefir. *Food Science and Technology Campinas*, 40(3): 523-531.

Adiloglu A., Gonulates N., Iseler M., Senol A. (2013). The Effect of Kefir Consumption on Human Immune System: A Cytokine Study. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 47, 273-281.

Apanowicz J. (2002). *Metodologia ogólna*. Gdynia, Wydawnictwo Diecezji IV Pelpińskiej „BERNAR-DINUM".

Azizi NF., Kumar MR., Yeap SK., Abdullah JO., Khalid M., Omar AR., Osman MA., Mortadza SAS., Alitheen NB. (2021). Kefir and Its Biological Activities. *Foods,*10(6):1210.

Baars T., Berge A., Garssen J., Verster J. (2019). The impact of raw fermented milk products on perceived health and mood among Dutch adults. *Nutrition and Food Science*, 49, 1195-1206.

Babicz-Zielińska E. (1999). Preferencje i częstotliwość spożycia produktów mlecznych wśród młodych kobiet. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 3, 130-138.

Baranowska M., Bohodziewicz K., Staniewski B., Sygidus R. (2011). Mleczne napoje fermentowane - preferencje konsumentów. *Przegląd Mleczarski*, 10, 37-43.

Bellikci-Koyu E., Sarer-Yurekli B., Akyon Y., Aydin-Kose F., Karagozlu C., Ozgen A., Brinkmann A., Nitsche A., Ergunay K., Yilmaz E., Buyuktuncer Z. (2019). Effects of regular kefir consumption on gut microbiota in patients with metabolic syndrome: a parallel-group, randomized, controlled study. *Nutrients*, 11, 2089.

Bieżuńska P., Kaczyński Ł.K., Cais-Sokolińska D. (2012). Rynek innowacyjnych produktów mlecznych a zachowania młodych mieszkańców gmin wiejskich. Gospodarka Rynek Edukacja, 17, 2, 19-24.

Bintsis, T.; Papademas, P. (2022). The Evolution of Fermented Milks, from Artisanal to Industrial Products: A Critical Review. *Fermentation*, 8, 679.

Chen Y-H., Chen H-L., Fan H.C., Tung Y.T., Kuo C.W., Tu M.Y., Chen C.M. (2020). Anti-inflammatory, antioxidant, and antifibrotic effects of kefir peptides on salt-induced renal vascular damage and dysfunction in aged stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Antioxidants* 9:790.

Codex Standard – mleka fermentowane (2012). CODEX STAN 243-2003 wersja polska https://mleczarstwopolskie.pl/wp-content/uploads/2019/11/PL-Codex-243-2010-Mleko-fermentowane-publikacja-2012.pdf [dostęp 23.05.2023].

de Ridder D., Kroese F., Evers C, Adriaanse M., Gillebaart M. (2017) Healthy diet: Health impact, prevalence, correlates, and interventions, *Psychology & Health*, 32:8, 907-941.

Duran FE., Özdemir N., Güneşer O., Tuğba K., (2022). Prominent strains of kefir grains in the formation of volatile compound profile in milk medium; the role of Lactobacillus kefiranofaciens subsp. kefiranofaciens, Lentilactobacillus kefiri and Lentilactobacillus parakefiri. *European Food Research and Technology,* 248, 975–989.

Eckel RH., Jakicic JM., Ard JD. (2014). AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation,* 129, 76-99.

García-Burgos M., Moreno-Fernández J., Alférez M. J., Díaz-Castr, J., & López-Aliaga I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, 104059. [https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104059]

Ganatsios V., Nigam P., Plessas S., Terpou A. (2021). Kefir as a Functional Beverage Gaining Momentum towards Its Health Promoting Attributes. *Beverages,* 7, 48.

Gąsior M. (red.) (2016). Metody badań marketingowych: modelowanie, technologia, wizualizacja. Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Górska J. Czysta etykieta (2014). Clean label-nowy trend. *Forum Mleczarskie Handel. Fachowy magazyn Handlowców Produkty Nabiałowe i Margaryna,* 4, 22-26.

https://fil-idf.org/our-work/dairy-science-and-technology/fermented-dairy-products/ [dostę 10.07.2023].

Hamet M., Medrano M., Perez P., Abraham A. (2016). Oral administration of kefiran exerts a bifidogenic effect on BALB/c mice intestinal microbiota. *Beneficial Microbes*, 7, 237-246.

Jarosz M. Rychlik E., Stoś K., Charzewska J. (2020). *Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie*, Warszawa, Wydawnictwo Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego-PZH.

Karwowska K.K., Kaczmarczyk D. (2023). Role and importance of fermented products in the diet. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 29(2), 79-88.

Kim EJ., Ellison B., McFadden B., Prescott MP. (2021) Consumers' decisions to access or avoid added sugars information on the updated Nutrition Facts label. *PLoS ONE* 16(3): e0249355

Lewandowicz G., Makowska A (red.). (2016). *Bezpieczeństwo żywności w łańcuchu żywnościowym*. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Mituniewicz-Małek A., Dmytrów I., Jasińska M. 2009. Jakość kefirów wyprodukowanych z użyciem probiotyku activeflora, *EJPAU*, 12(3), #05. http://www.ejpau.media.pl/volume12/issue3/art-05.htm [dostęp 23.05.2023]

Nowak M. Trziszka T., Szołtysik M. (2007). Preferencje konsumentów mlecznych napojów fermentowanych. *Żywność, Nauka Technol. Jakość*, 2007, 1 (50), 77-83.

Okunogbe A, Nugent R, Spencer G, Ralston J, Wilding J. (2021). Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for eight countries. *BMJ Glob Health*, 6(10): e006351.

Ozcan T., Yilmaz-Ersan L., Akpinar-Bayizit A., Karaman S., Ozdemir T., Topcuoglu E., Mansri Ch. (2018). The Shelf-Life Characteristics of Plain and Fruit Flavored Kefir: Microbiological and Techno-Functional Properties. *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*, 2(4), 9-18.

Petersen C., Round J. L. (2014). Defining dysbiosis and its influence on host immunity and disease. *Cellular Microbiology*, 16, 1024-1033.

Piekut M. (2018). Czynniki różnicujące spożycie jogurtów i mlek fermentowanych w polskich gospodarstwach domowych. *Przegląd Mleczarski*, 4, 10-14.

Pimenta F.S., Luaces-Regueira M., Ton A.M.M., Campagnaro B.P., Campos-Toimil M., Pereira T.M.C., Vasquez E.C. (2018). Mechanisms of action of kefir in chronic cardiovascular and metabolic diseases. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 48, 1901-1914.

Przysławski J., Główka A., Bolesławska I., Kaźmierczak A., Dzięcioł M. (2012). Preferencje i czynniki wyboru w zakresie spożycia mleka i produktów mlecznych wśród studentek poznańskich uczelni wyższych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 3, 1024-1029.

Salari A., Ghodrat S., Gheflati A., Jarahi L., Hashemi M., Afshari A. (2021). Effect of kefir beverage consumption on glycemic control: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 44:101443.

Sawa A., Feldheim J., Krezel-Czopek S. (2018). Frequency of consumption of fermented milk drinks and factors influencing consumer choice. Acta Scientiarum Polonorum. Zootechnica, 17(2), 31-36.

Sharma H., Ozogul F., Bartkiene E., Rocha, J. M. (2021). Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,*1–23.

Tamang JP., Cotter PD., Endo A., Han NS., Kort R.., Liu SQ., Mayo B., Westerik N., Hutkins R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 184–217.

Wereńska M. (2021). Ocena częstotliwości spożycia suplementów diety i wiedza konsumentów województwa dolnośląskiego i świętokrzyskiego na temat trendu *clean label.* W: Goluch, Zuzanna, red. Suplementy diety. Korzyści i zagrożenia dla zdrowia konsumenta. ArchaeGraph, Wydawnictwo Naukowe, Łódź - Kielce, 153 – 167.

Whitlock G., Lewington S., Sherliker P., Clarke R., Emberson J., Halsey J., Qizilbash N., Collins R., Peto R. (2009). Prospective Studies Collaboration. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analysis of 57 prospective studies. *Lancet,* 373, 1083-1096.

World Cancer Research Fund Raport. (2017) https://www.wcrf.org/dietand cancer [dostęp 23.05.2023]

World Obesity Atlas (2023). World Obesity Federation, London.

WHO, Expert Committee. (1995). *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. WHO Technical Report Service, Geneva.

Xiao R., Liu M., Tian Q., Hui M., Shi X., Hou X. (2023). Physical and chemical properties, structural characterization and nutritional analysis of kefir yoghurt. *Frontiers in Microbiology,* 13:1107092.

Zaręba D., Ziarno M. (2018). Dodatki do żywności: dodatki smakowe i barwiące. *Forum Mleczarskie Biznes. Fachowy Magazyn Producentów i Dostawców w Branży Mleczarskiej*, 3, 33.

https://www.portal.euromonitor.com/portal/Analysis/Tab [dostęp 23.05.2023].

FREQUENCY AND PREFERENCES OF KEFIR CONSUMPTION BY ADULTS

It is well known that many diseases of civilization are diet-dependent. Therefore, it is reasonable to use functional products both in their dietoprophylaxis and dietotherapy. This study aimed to assess the frequency and preference of kefir consumption by adults. An indirect survey method, CAVI (Computer-Assisted Web Interview), was conducted among 107 people (both sexes, aged 18-64 years), who were divided into two age groups (19-30 years and > 30 years). The survey questionnaire included questions about anthropometric data, sociodemographics, health status, frequency, and preference of kefir consumption. It was found that: 1) only half of the respondents have a normal nutritional status; 2) kefir is consumed by the respondents sometimes or very rarely; 3) in both age groups, kefir is a moderately liked dairy product; 4) those who gave up consuming kefir cited its taste and aroma characteristics as the reason; 5) the probiotic properties of kefir were mainly associated by respondents with positive effects on the digestive system and immunomodulatory properties; 6) respondents consume kefir to enrich their diet and enrich their intestinal microflora with probiotic bacteria; 7) the most important determinants of respondents' consumption of kefir are palatability and positive effects on health, and they are mainly guided by its composition when purchasing it; 8) it is reasonable to promote the consumption of kefir among the public as a product with probiotic health-promoting effects, to include it in the dietoprophylaxis and diet therapy of diseases, as well as in alternative and weight-loss diets; 9) it seems reasonable to draw the attention of kefir producers to the need to improve in the production process the taste and flavor qualities of kefir and to expand its range on the market**.**

Keywords: Kefir, probiotics, diet, frequency of consumption, preferences.

EWELINA KSIĄŻEK
Katedra Agroinżynierii i Analizy Jakości, Wydział Inżynierii Produkcji,
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: ewelina.ksiazek.@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0001-6416-0458

FERMENTED PRODUCTS AND HUMAN MICROBIOTA

Abstract: The concept of the microbiome was first proposed by Joshua Lederberg and defined all microorganisms, both commensal, symbiotic, and pathogenic, occurring in the human living space. Currently, the term microbiome is used to define the genome of individual microorganisms living in a specific environment, e.g., the human body, while microbiota means a set of all microorganisms living in a given environment, e.g., the digestive tract. Individual systems and parts of the body are inhabited by a specific population of microorganisms that play an important protective function in the human body. In addition to the importance of the intestinal microbiota in maintaining the homeostasis of the human body, the issue of modulating its composition is equally important. The structure of the intestinal microbiota is affected by endogenous and environmental factors, such as genetic and physiological conditions of the host, condition of the immune system, lifestyle, living environment, and diet, as well as genetic, metabolic, and infectious diseases, drugs used, including antibiotics, chemotherapy, and excessive alcohol consumption. Invaluable in this regard are lactic acid bacteria, which have been used to prevent and treat diseases of the digestive system. The aim of the article is to review the literature on the impact of fermented products on the health of the human body.

Keywords: Microbiota, health, fermented products, GALT, *Lactobacillus*.

1. Introduction

References to the influence of fermented food on human health appear already in the Old Testament, where it is written: "Abraham owed his longevity to the consumption of sour milk." In the works of Hippocrates, Galen,

and Avicenna, there were recommendations for the treatment of gastrointestinal diseases with sour milk (Kaźmierska, 2014).

More than 100 years ago, the Russian physiologist, immunologist, and Nobel Prize winner, Ilia Mechnikov, dealt with the impact of microorganisms on human health. He claimed that lactic acid bacteria protect the intestines from being colonized by pathogenic bacteria. Based on the observations of the diet of Bulgarian shepherds, he recommended the consumption of fermented milk, which, in his opinion, ensured the longevity of the inhabitants of the Caucasus (Mojka, 2014). At the same time, the French pediatrician Henry Tassier observed a significant predominance of bifidobacteria in the intestinal flora of healthy breastfed children. On this basis, he drew a conclusion about their beneficial effect on human health. He also recommended supplementation with bifidobacteria strains during diarrhea caused by pathogenic strains (Homayoni Rad et al., 2012).

At the same time, the French pediatrician Henry Tassier observed a significant predominance of bifidobacteria in the intestinal flora of healthy breastfed children. On this basis, he drew a conclusion about their beneficial effect on human health. He also recommended supplementation with bifidobacteria strains during diarrhea caused by pathogenic strains (McFall-Ngai et al., 2013).

2. Human intestinal microbiota

The digestive system is the second largest organ system in the human body. The essential element of the gastrointestinal tract is epithelial cells, which perform protective, secretory, and transport functions, as well as those associated with the absorption and absorption of nutrients. In the small and large intestine, there is a single-layer cylindrical and cubic epithelium. In addition, the epithelium of the walls of the small intestine has numerous folds, depressions and is covered with intestinal villi, under which a network of lymphatic connections is located. Lymphatic tissue associated with the mucous membranes of the digestive tract (GALT - *Gut-Associated Lymphoid Tissue*) has the greatest immunological activity. because the intestinal mucosa contains 70 to 80% of all immunocompetent cells, and a meter of intestine contains about 1010 lymphocytes (Górska et al., 2009; Mörbe et al., 2021).

The GALT system uses specific and non-specific defense mechanisms, of which sIgA secretion is characteristic. Their main function is: inhibiting the adhesion of microorganisms to the epithelium, their flattening and

agglutination, neutralization of bacterial toxins, and bacteriostatic activity. The GALT system includes lymphatic structures, Peyer's patches, lymph follicles, mesenteric lymph nodes, and tonsils. These components are the sites of antigen uptake by antigen-presenting cells, which in turn determine the development of antigen tolerance or inflammatory process (Górska et al., 2009).

This complex and diverse system is home to many microbes and is one of the most species-rich ecosystems. The group of microorganisms living in the intestines includes 17 families, 45 genera, and over 500 species. They inhabit the surface of the intestinal epithelium (200 - 400 m^2). The interaction of epithelial cells and intestinal microbiota maintains internal homeostasis and eliminates attacking pathogens. Microorganisms inhabiting the digestive tract can be divided into autochthonous, which have a beneficial effect on the health of the host and are necessary for the proper functioning of the intestines, and allochthonous, which include pathogenic and toxinogenic microorganisms, which are harmful to the health of the host (Jaworski et al., 2016).

Colonization of the digestive tract by microorganisms occurs during childbirth. Bacteria living in a woman's birth canal colonize the baby's digestive tract. The team of microorganisms in this period is heterogeneous and includes enterobacteria, streptococci, cocci, and staphylococci. Over the next few days, bacteria of the genus Bifidobacterium, both in breastfed babies (from the 4th day after birth) and artificially, gain a numerical advantage over enterobacteria. This advantage decreases in the 3rd month of the child's life. The number of *Bacteroides* and *Firmicutes* microorganisms is then increased. Many factors affect the composition of the intestinal microbiota of a child, including the type of delivery, method of feeding, environment, mother's health, and her microflora. The most desirable is a natural birth, as the newborn acquires microbes such as *Lactobacillus* and *Prevotella*. On the other hand, in children born via cesarean section, microorganisms living on the surface of the skin, i.e., *Staphylococcus, Corynebacterium, Propionibacterium,* predominate. Breastfeeding is the most appropriate for a baby, as mother's milk is an ideal synbiotic, containing both probiotics and prebiotics. The oligosaccharides present in breast milk support the growth of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. *Clostridium* and *Bacterioides* predominate in the intestines of artificially fed children. The set of microorganisms of a child becomes similar to the microflora of an adult only between 2 and 3 years of age (Górska et al., 2009; Sánchez et al., 2017; Thursby & Juge, 2017).

In adulthood, the composition of the gastrointestinal microflora becomes more stable and is unique to each person. It is estimated that there are about 2 kg of microorganisms in the human body, of which the intestinal flora is the most numerous and active. Each section of the digestive tract is characterized by a different set of microorganisms (Table 1). In healthy people, all these groups remain in a state of biological equilibrium. The system of intestinal microorganisms, as in the neonatal period, becomes less stable during the aging of the organism. The number of bacteria of the genera *Lactobacillus, Fusobacterium, Clostridium,* and *Eubacterium* then increases, while the number of bacteria of the genera *Bacteroides* and *Bifidobacterium* decreases. Bacteria of the genus *Bacteroides* show mainly amylolytic activity. In turn, *Fusobacterium* sp., *Clostridium* sp., and *Propionibacterium* sp., which start to dominate, intensify proteolytic processes, leading to the production of many toxic substances such as ammonia, phenolic compounds, indoles, and skatoles. These microorganisms are involved in synthesizing and activating carcinogenic compounds (Gill & Rutherfurd, 2001; Krakowiak & Nowak, 2015; Quigley, 2011).

Table 1. Microorganisms included in the intestinal microbiota of the human gastrointestinal tract.

Part of the digestive tract	Microorganisms
Oral cavity	*Bifidobacterium* sp. *Fusobacterium* sp. *Lactobacillus* sp. *Peptococcus* sp. *Staphylococcus* sp. *Streptococcus* sp.
Esophagus	*Candida albicans* *Helicobacter pylori* *Lactobacillus* *Streptococcus*
Stomach	*Lactobacillus* spp.
Small intestine	*Bacteroides* spp. *Enterococcus* spp. *Escherichia coli* *Lactobacillus* spp. *Streptococcus* spp.

Large intestine	*Actinomyces* spp. *Bacillus* spp. *Bacteroides fragilis* *Bifidobacterium bifidum* *Clostridium perfringens* *Clostridium septicum* *Enterobacter* spp. *Enterococcus faecalis* *Escherichia coli* *Eubacterium* spp. *Finegoldia manga* *Fuscobacterium* spp. *Klebsiella* spp. *Lactobacillus* spp. *Micromonas micros* *Peptococcus niger* *Peptostreptococcus* spp. *Prevotella* spp. *Proteus* spp. *Pseudomonas* spp. *Staphylococcus* spp. *Veillonella* spp.

References: [Krakowiak & Nowak, 2015].

Research results published in recent years indicate the existence of host molecular mechanisms that control the colonization of the digestive tract. Namely, intestinal epithelial cells have the ability to synthesize short and regular microRNA molecules, which, through the mechanism of interference, are able to silence the gene expression of specific bacteria, thus inhibiting their growth. Studies conducted on axenic rodents prove that if the epithelium produces less microRNA, the digestive tract becomes colonized by unfavorable microflora, which results in intestinal inflammation. It is believed that the microRNA system in the future may prove to be a tool for shaping the beneficial human intestinal microbiota (Thursby & Juge, 2017).

The structure of the intestinal microbiota is influenced by endogenous and environmental factors, such as genetic and physiological conditions of the host, condition of the immune system, lifestyle, living environment, and diet, as well as genetic, metabolic, and infectious diseases, medications, including antibiotics, chemical drugs and excessive alcohol consumption (Dymarska et al., 2017; Zapała & Lasek, 2007.). The human genotype also significantly impacts the qualitative and quantitative composition of the gastrointestinal microbiota through the synthesis and secretion of many antibacterial peptides and IgA antibodies into the intestinal lumen. When the diversity of the

microbiota is disturbed as a result of disease, antibiotic therapy, chemotherapy, and alcoholism, the human body becomes more susceptible to infections with opportunistic and pathogenic bacteria (Dymarska et al., 2017; Gibney & Forde, 2022).

2.1. The importance of the intestinal microbiota

The intestinal microbiota is essential for the human body to function properly. Its composition is unique, but it performs the same biological functions. Microorganisms inhabiting the human intestine perform the following functions: metabolic, trophic, and immunological (Gregorczyk-Maślanka et al., 2016). The microbiota's metabolic activity is defined as intestinal microorganisms' ability to decompose undigested food remains. By fermentation, they facilitate the digestion of indigestible saccharides (fiber, resistant starch), which are not digested by glycolytic enzymes in the initial sections of the digestive tract. Fermentation products include short-chain fatty acids (SCFA - *Short-Chain Fatty Acids*), such as butyric acid, acetic acid, and propionic acid, which are a source of energy for enterocytes. Butyrate stimulates the development of intestinal epithelial tissue, hepatocyte propionate, and acetate peripheral tissues.

Short-chain fatty acids regulate the proliferation and differentiation of enterocytes, lower the pH of the intestine, and stimulate the absorption of calcium, magnesium, and iron from the large intestine. In addition, the intestinal microflora produces essential B vitamins, as well as vitamin K. Intestinal bacteria also synthesize free amino acids, including glutamic acid (Glu), which participates in the formation of the neurotransmitter, which is γ-aminobutyric acid (GABA - *gamma-aminobutyric acid*). Many bacteria are involved in the production of glutamic acid, including *Corynebacterium glutamicum, Brevibacterium lactofermentum, Brevibacterium flavum* and lactic acid bacteria: *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus paracasei* and *Lactococcus lactis*. On the other hand, bacteria of the genus *Lactobacillus* and *Enterobacteriaceae* also produce lactase, thanks to which they supplement the pool of this enzyme by supporting lactose digestion (Górska et al., 2009; Górska S., Jarząb A., 2009; Kastl et al., 2020).

The metabolic function is complemented by the trophic function, whose main task is to protect the intestinal epithelium and ensure its continuity. Intestinal microorganisms on the intestinal mucosa form a biofilm that mechanically prevents pathogenic microorganisms from adhering and

competing with them for nutrients and habitat in the occupied microniche. An important element is the synthesis of bacteriocins and organic acids that can inhibit the growth of undesirable bacterial flora. The elimination of pathogenic microorganisms also occurs by competitive inhibition. Intestinal bacteria, by attaching to receptors on the surface of the epithelium, prevent unfavorable microorganisms from colonizing the environment and, as a result, inhibit their multiplication (Cao et al., 2020).

Intestinal microbiota also affects the body's immunity through the lymphatic system associated with the mucous membranes of the digestive tract - GALT. Within the lymphatic tissue of the gastrointestinal tract, 70% of lymphocytes from the entire pool of the body are located. The contact of microorganisms inhabiting the digestive tract with the immune system is a prerequisite for maintaining a proper response of the immune system. However, unlike pathogenic microorganisms, the desired microflora doesn't activate the immune response (Chevre et al., 2018; Górska S., Jarząb A., 2009; Plaza-Diaz et al., 2019).

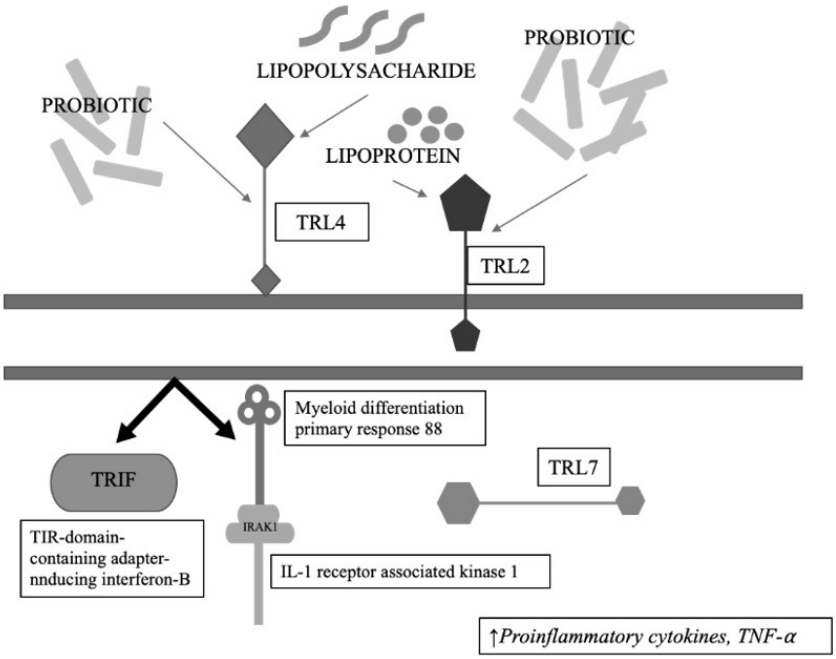


Figure. 1. Probiotic mechanism modulation of the immune system.

References: [Plaza-Diaz et al., 2019, 49-66]dead bacteria and their components can also exhibit probiotic properties. Bifidobacterium and strains of lactic acid bacteria are the most widely used bacteria that exhibit probiotic properties and are included in many functional foods and dietary supplements. Probiotics have been shown to prevent and ameliorate the course of digestive disorders such as acute, nosocomial, and antibiotic-associated diarrhea; allergic disorders such as atopic dermatitis (eczema.

The influence of the intestinal microbiota on the immune system is multidirectional: it stimulates the cells of the immune system to produce cytokines, reduces the expression of mediators of allergic reactions, induces the production of sIgA antibodies, stimulates T lymphocytes to respond to the antigen and seals the intestinal barrier. Intestinal microorganisms, by inducing immune mechanisms, do not activate a response directed against themselves. This is done by recognizing non-pathogenic microorganisms by PPRs receptors (e.g., TLR, DN-SIGN) and inhibiting the degradation of the NF-κB factor inhibitor. The intestinal microflora activates the cells of the immune system by activating TLRs (*Toll-Like Receptors*) present in enterocytes and immature dendritic cells. These receptors recognize the characteristic structures of microbial walls: TLR2 - identify peptidoglycan fragments and lipoteichoic acid of Gram+ bacteria, TLR4 - lipopolysaccharides of Gram- bacteria, TLR5 - flagellin, and TLR9 - unmethylated CpG sequences (Górska et al., 2009; Górska S., Jarząb A., 2009; Książek E., 2021; Quigley, 2011).

Intestinal microbiota also plays an important role in maintaining the Th1/Th2 cytokine balance, exerting a beneficial effect on the course of inflammatory and allergic reactions. In the case of allergic reactions, there is a reduction in the secretion of Th2 cytokines (IL-4, IL-5, IL-13) and an increase in the secretion of INF-γ by Th1 lymphocytes and IL-10 by regulatory T lymphocytes. The mechanism of microflora's impact on the integrity of the intestinal barrier consists in regulating the production of closing junction proteins (ocludins and OZ-1). As a result, the translocation of bacteria and bacterial metabolism products is reduced, and consequently, it prevents the production of pro-inflammatory cytokines, regulates the production of NO and free oxygen radicals in the liver and peripherally (Cukrowska, 2013; Górska et al., 2009).

2. The role of fermented products in shaping human health

In addition to the importance of the intestinal microbiota in maintaining the homeostasis of the human body, the issue of modulating its composition is equally important. Invaluable in this regard are lactic acid bacteria, which have been used in the prevention and treatment of diseases of the digestive system. Among the lactic acid bacteria, we distinguish Gram+ cocci and bacilli of the genus *Lactobacillus, Lactococcus, Enterococcus, Streptococcus, Leuconostoc,*

Pediococcus, Oenococcus, Carnobacterium, Vagococcus, Tetragenococcus, Weisella, as well as the LAB genus *Bifidobacterium* (Cao et al., 2020; Szamocka et al., 2017).

Lactic fermentation bacteria have been used in the production of many food products, e.g. dairy products, fruit and vegetable pickles, bread and sausages. The biochemical activity of probiotics, which are a natural food ingredient or added as starter cultures, affects the nutritional, dietary and organoleptic characteristics of the product. Among the lactic acid bacteria, strains of bacteria have been selected that contribute to a significant improvement in health and have been used as probiotics (Sánchez et al., 2017).

Table 2 presents probiotic strains with documented beneficial effects on the human body. Currently, probiotics include about eleven species of bacteria, three species of yeast-like fungi and one species of mold fungi. Probiotic strains include: bacteria: *Bacillus cereus, Escherichia coli, Lactococcus lactis, Enterococcus fae-cium and Enterococcus faecalis*, and fungi *Saccharomyces boulardii* and *Aspergillus niger*. The basic criteria for the belonging of microorganisms to probiotic strains include: origin from the natural healthy microflora of the human large intestine, belonging to a strictly defined genus and species, resistance to the acidic pH of gastric juice, antagonistic activity in relation to pathogenic bacteria, ability to adhere to the surface and colonize large intestine, genetic stability (Homayouni, 2013; Kotzampassi K. & Giamarellos-Bourboulis E., 2012; Liu et al., 2011; Quigley, 2011; Seale & Millar, 2013).

Tabela 2. Strains of microorganisms with a documented positive effect on the human body.

Strain	Treatment
Lactobacillus acidophilus LC1	Modulation of the immune response, regulation of the balance of intestinal microflora
Lactobacillus acidophilus NCFO 1748	Prevention of diarrhea after radiotherapy and antibiotic therapy, treatment of constipation
Lactobacillus rhamnosus GG	Treatment and prevention of rotavirus diarrhea, treatment of diarrhea caused by *Clostridium difficile*, protection against acute bacterial diarrhea, alleviation of Crohn's disease and pediatric rheumatoid arthritis, prevention of vaginitis
Lactobacillus casei Shirota	Inhibition of superficial development of bladder and colon cancer, treatment of rotavirus diarrhea, regulation of intestinal microflora balance, reduction of fecal enzyme activity, protection against food mutagens

Lactobacillus casei DN 114 001	Stimulation of the immune system, prevention of intestinal infections, shortening the duration of acute diarrhea in children
Lactobacillus johnsonii La1 (NCC533)	Stimulation of the immune system
Bifidobacterium bifidum	Treatment of rotavirus diarrhea, restoring the balance of the intestinal flora, eliminating *Helicobacter pylori*
Bifidobacterium breve Yakult	Anti-ulcer properties, maintaining the balance of intestinal microflora, protection against diarrhoea
Saccharomyces boulardi	Prevention of traveler's diarrhea, prevention of diarrhea caused by *Clostridium difficile*

References: [Kaźmierska A., 2014; Mojka K., 2014]

Greater consumer awareness of the beneficial properties of products containing lactic acid bacteria (LAB) strains and probiotic strains has led to an increase in the production and consumption of fermented products. Fermented milk products are particularly popular among consumers due to their nutritional and health-promoting properties. The health-promoting effect of these products on the human body depends on the strain of lactic acid bacteria used, which improve the assimilation of nutrients, and also participate in the synthesis of vitamins, alleviating the symptoms of lactose intolerance or combating undesirable microflora in the intestines. On the other hand, the probiotic strains used play an important role in stabilizing the composition of the intestinal microflora, preventing intestinal disorders, stimulating the immune system, and preventing cancer and cardiovascular diseases (Buda et al., 2013; Cichocka et al., 2012; Homayoni et al., 2012; Mojka, 2014; Wunsch Ewa & Milkiewicz Piotr, 2010).

Clinical trials conducted with fermented milk products have shown their positive effects both in the fight against diarrhea and in the treatment of constipation. As a result of ailments such as: constipation, diarrhoea, bloating and indigestion, intestinal villi may be damaged, the intestinal membrane and fluids permeable to the intestinal lumen increase, as well as the intestinal walls thicken. Diarrhea is often caused by pathogenic flora (*Escherichia* sp., *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Campylobacter* sp., *Clostridium difficile*), rotavirus or antibiotic therapy. In the treatment of diarrhea, an effective strain is *Lactobacillus rhamnosus* GG (at a dose of 1010-1011 cfu), which contributes to the shortening of diarrhea caused by rotaviruses by about 2 - 3 days (Million et al., 2018).

Thanks to the consumption of products containing probiotic bacteria, the positive intestinal microflora limits the development of, for example, *Escherichia coli, Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium, Clostridium perfringens, Helicobacter pylori,* and *Staphylococcus aureus*. In turn, *Lactobacillus acidophilus* LB, *Lactobacillus casei,* and *Bifidobacterium* sp., used in the production of fermented milk products, can be used in the treatment of travelers' diarrhea and diarrhea after antibiotic therapy. *Lactobacillus acidophilus*, thanks to the production of bacteriocins and hydrogen peroxide, inhibits the activity of pathogenic bacteria such as *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Salmonella enteritidis,* and *Pseudomonas aeruginosa*. Lactic acid bacteria, also due to the production of lactic acid, which leads to the neutralization of the electrochemical potential of cell membranes and the denaturation of intracellular proteins, remove pathogens from the digestive tract (Castillo et al., 2012).

Probiotic bacteria have a beneficial effect on lactose intolerance caused by the lack of the β-galactosidase enzyme. Undigested lactose ends up in the colon, causing diarrhea, bloating, and abdominal pain. In people with intolerance, taking probiotic yogurts significantly improves lactose digestion. This is also confirmed by animal studies. Namely, in rats fed yogurt, an increased concentration of β-galactosidase, of bacterial origin was observed in the small intestine. Strains that improve lactose tolerance include: *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii* var. *Bulgaricus* (Moro-García et al., 2013).

Probiotics also have an antagonistic effect in relation to *Helicobacter pylori*. In in vitro studies, the strains that inhibited the growth and adhesion of Helicobacter pylori to the intestinal epithelium were *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus salivarius*, *Bacillus subtilis*. However, the combination of a standard infection treatment method with yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* HY2177, *Lactobacillus casei* HY2743, *Bifidobacterium longum* HY8001 and *Streptococcus thermophilus* B-1 significantly increased the degree of *Helicobacter pylori* eradication (Quigley, 2011).

Some strains of probiotic bacteria have been used in alleviating the effects and achieving remission of inflammatory bowel diseases (Crohn's disease, ulcerative colitis), as well as alleviating the symptoms of irritable bowel syndrome (IBD). The effects of the probiotic strains *Lactobacillus plantarum and Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium infantis* 35624 and the probiotic drink containing *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Lactobacillus rhamnosus* LC705, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb12 and *Propionibacterium*

freudenreichii subsp. *shermanii* JS. Most clinical studies on the use of probiotic strains in the treatment of IBD and inflammatory bowel diseases have been conducted with the use of the VSL#3 preparation, which contains the following strains: *Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, Bifidobacterium longum, Bifidobacterium breve, Bifidobacterium infantis, Streptococcus thermophilus*. The use of VSL#3 has been found to improve the integrity of the intestinal epithelial barrier, reduce the number of apoptotic epithelial cells, prevent recurrence of pouchitis, increase the diversity of bacterial species in the gastrointestinal tract of IBD patients, induce and maintain remission of Crohn's disease (Liu et al., 2011; Moro-García et al., 2013; Paolillo et al., 2009).

Intestinal microbiota affects the proper functioning of the immune system, while changes in its composition may contribute to the activation of immune reactions in the pro-allergic direction. Allergic reactions of the body can be alleviated by the use of probiotic bacteria. The mechanism of the anti-allergic effect of probiotics is associated with restoring the homeostasis of the intestinal ecosystem, establishing a balance between pro-inflammatory and anti-inflammatory cytokines, improving the tightness of the intestinal barrier, transforming antigens and reducing their immunogenicity, as well as inducing tolerance mechanisms (Plaza-Diaz et al., 2019). Studies on the effect of *Lactobacillus casei* Shirota bacteria on the body of people suffering from hay fever caused by grass pollen have shown their positive effect on lowering IgE levels and increasing IgG (Gleeson et al., 2011; Seifert et al., 2011).

Table 3. Mechanisms of action of probiotics on the human body.

Probiotics	Immune mechanism	Disease entity	References
Bifidobacterium infantis 35624	Inhibition of IFN- γ, TNF-α and IL-6, The increase the number of regulatory T cells CD4 +, CD25 +	Irritable Bowel Syndrome (IBS)	(Quigley, 2011)
Bacillus coagulans GBI-30	Increasing the production TNF-α	Influenza A	(Homayoni Rad et al., 2012)
Lactobacillus rhamnosus GG	Inhibition of apoptosis, The growth of epithelial cells, Activating the kinase AKT, Reducing the activity of TNF	Inflammatory bowel disease (IBD)	(Buda et al., 2013)

Preparat VLS#3 (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*, *Streptococcus thermophilus*	Increase the secretion of Il- 10, Il- 1 and inhibition of Il-12	Inflammatory bowel disease (IBD)	(Górska S., Jarząb A., 2009)
Lactobacillus plantarum K68	Inhibition of NO, TNF-α and PGE_2	Crohn's disease, *Colitis ulcerosa*	(Liu et al., 2011)
Lactobacillus plantarum	Receptor activation TRL- 2, Increased expression of HBD-2 mRNA, Induction of secretion B-defensin 2 (HBD-2), Modulation of secretion of Il-23	Inflammatory bowel disease (IBD)	(Paolillo et al., 2009)

The activity of fecal enzymes of commensal microflora generates genotoxic, mutagenic and carcinogenic products that may lead to the development of colorectal cancer. This is favored by a diet rich in proteins and fats of animal origin. Probiotics contribute to changing the physicochemical conditions in the large intestine, which results in a change in the metabolic activity of the organisms living there. It was found that probiotic strains that reduce the activity of carcinogenic compounds include *Lactobacillus acidophilus* bacteria, affecting the decrease in the activity of 1,2-dimethylhydrosine, and strains of *Bifdobacterium longum*, reducing the activity of 2-amino-3-methyl-limidazal (4,5-t) choline. *Lactobacillus casei* (LC9018) strains have the ability to induce immune response mechanisms against cancer cells. It has also been proven that the administration of *Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb12 reduces the risk of colorectal cancer by reacting with endogenous or exogenous toxic substances (Dymarska E., Gill & Rutherfurd, 2001; Paolillo et al., 2009).

Lactic acid bacteria have been consumed for a very long time, while probiotic strains of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* are typical representatives of the human commensal microflora, therefore they should not cause adverse effects in the human body. Cases of adverse effects of lactic acid bacteria are extremely rare. In recent years, infections caused by bacteria of the genus *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* accounted for 0.05 to 0.4% of cases of bacteraemia and endocarditis. Most of these cases were infections caused by endogenous strains of the intestinal microflora or strains inhabiting the oral

cavity. The development of bacteraemia caused by *Lactobacillus* is associated with the occurrence of chronic, severe diseases such as: viral infections, diabetes, cancer or organ transplants, which result in a decrease in immune mechanisms (Flint et al., 2015; Thursby & Juge, 2017).

3. Conclusion

The GALT lymphoid tissue has the greatest immunological activity, as 70 to 80% of all immunocompetent cells are found in the intestinal mucosa. This diverse system is home to many microbes. Intestinal microbiota affects the body's immunity through the lymphatic system associated with the mucous membranes of the digestive tract. The intestinal microbiota affects the immune system by stimulating the cells of the immune system to produce cytokines, limiting the expression of mediators of allergic reactions, inducing the production of sIgA antibodies, stimulating T lymphocytes to respond to the antigen and sealing the intestinal barrier. In addition to the importance of the intestinal microbiota in maintaining the homeostasis of the human body, the issue of modulating its composition is equally important. Invaluable in this regard are lactic acid bacteria, which have been used in the prevention and treatment of diseases of the digestive system.

Due to the wide influence of the intestinal microbiota on the human body throughout life, the knowledge of its composition and factors affecting it from the moment of birth is an important issue that requires thorough analysis. Unfortunately, there are still too few studies covering large groups of newborns, children, adults and the elderly that will answer questions about the process of intestinal colonization and the impact of many factors on the shape of the intestinal microbiota. This knowledge is and will be helpful in creating possible management strategies that, by modifying the composition of intestinal bacteria, may reduce the risk of disease states associated with intestinal dysbiosis.

Bibliography

Buda, B., Dylus, E., Górska-Frączek, S., Brzozowska, E., Gamian, A. (2013). Biological properties of *Lactobacillus* surface proteins. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, *67*, 229–237. https://doi.org/10.5604/17322693.1043393

Cao, Y., Liu, H., Qin, N., Ren, X., Zhu, B., Xia, X. (2020). Impact of food additives on the composition and function of gut microbiota: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *99*, 295–310. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.03.006

Castillo, N. A., de Moreno de LeBlanc, A., Galdeano, C. M., Perdigón, G. (2012). Probiotics: An alternative strategy for combating salmonellosis. *Food Research International*, *45*(2), 831–841.

Chevre, R., Silvestre-Roig, C., Soehnlein, O. (2018). Nutritional Modulation of Innate Immunity: The Fat–Bile–Gut Connection. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *29*(10), 686–698. https://doi.org/10.1016/J.TEM.2018.08.002

Cichocka, O., Saluk, J., Wachowicz, B. (2012). Probiotyki i prebiotyki jako składniki naturalne niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. *Farmacja Polska*, *68*(11), 795–802. https://ptfarm.pl/wydawnictwa/czasopisma/farmacja-polska/103/-/14507

Cukrowska, B. (2013). Probiotyki w profilaktyce i leczeniu chorób alergicznych-przegląd piśmiennictwa. *Standardy Medyczne/Pediatria*, *11*(XX–XX), 191–201.

Dymarska, E. (2018). Wpływ produktów fermentowanych na mikrobiotę jelitową człowieka. (red.) Bednarski W., Pietkiewicz J.J. Biotechnologia żywności dla dietetyków. Aspekty technologiczne i żywieniowe. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, Legnica, 170-184.

Dymarska, E., Grochowalska, A., Krauss, H., Chęcińska-Maciejewska, Z. (2017). Naturalne modyfikatory odpowiedzi immunologicznej. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, *97*(4), 297–307.

Flint, H. J., Duncan, S. H., Scott, K. P., Louis, P. (2015). Links between diet, gut microbiota composition and gut metabolism. *Proceedings of the Nutrition Society*, *74*(01), 13–22. https://doi.org/10.1017/S0029665114001463

Gibney, M. J., Forde, C. G. (2022). Nutrition research challenges for processed food and health. *Nature Food 2022 3:2*, *3*(2), 104–109. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00457-9

Gill, H. S., Rutherfurd, K. J. (2001). Probiotic supplementation to enhance natural immunity in the elderly: effects of a newly characterized immunostimulatory strain *Lactobacillus rhamnosus* HN001 (DR20™) on

leucocyte phagocytosis. *Nutrition Research*, *21*(1–2), 183–189. https://doi.org/10.1016/S0271-5317(00)00294-3

Gleeson, M., Bishop, N. C., Oliveira, M., Tauler, P. (2011). Daily probiotic's (*Lactobacillus casei* Shirota) reduction of infection incidence in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *21*(1), 55–64. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21411836

Górska, S., Jarząb, A., Gamian, A. (2009). Bakterie probiotyczne w przewodzie pokarmowym człowieka jako czynnik stymulujący układ odpornościowy. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, *67*, 653–667. https://phmd.pl/resources/html/article/details?id=51743&language=pl

Gregorczyk-Maślanka, K., Kurzawa, R. (2016). Mikrobiota organizmu ludzkiego i jej wpływ na homeostazę immunologiczną-część I. *Alergia Astma Immunologia*, *21*(3), 146–150.

Homayouni, R. A. (2013). Can probiotics prevent or improve common cold and influenza? *Nutrition, 29*(5), 805–806. https://doi.org/10.1016/J.NUT.2012.10.009

Homayoni, Rad, A., Mehrabany, E. V., Alipoor, B., Mehrabany, L. V., Javadi, M. (2012). Do probiotics act more efficiently in foods than in supplements? *Nutrition, 28*(7–8), 733–736. https://doi.org/10.1016/J.NUT.2012.01.012

Jaworski, A., Dudek, K., Jurczak, I. (2016). Struktura i rola biologiczna mikrobioty przewodu pokarmowego człowieka w zdrowiu i w chorobie. *Journal of Health Study and Medicine*, *4*, 37–61. http://www.jhsm.san.edu.pl/issues/JHSM_nr_4_tekst_2.pdf

Kastl, A. J., Terry, N. A., Wu, G. D., & Albenberg, L. G. (2020). The structure and function of the human small intestinal microbiota: current understanding and future directions. *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*, *9*(1), 33–45. https://doi.org/10.1016/J.JCMGH.2019.07.006

Kaźmierska, A. (2014). Probiotyki — Recepta na zdrowie? *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, *63*(3), 455–472. http://kosmos.icm.edu.pl/PDF/2014/455.pdf

Kotzampassi, K., Giamarellos-Bourboulis, E. (2012). Probiotics for infectious diseases: more drugs, less dietary supplementation. *International Journal of Antimicrobial Agents*, *40*(4), 288–296. https://doi.org/10.1016/J.IJANTIMICAG.2012.06.006

Krakowiak, O., Nowak, R. (2015). Mikroflora przewodu pokarmowego człowieka – znaczenie, rozwój, modyfikacje. *Postępy Fitoterapii, 3*, 193–200. http://www.postepyfitoterapii.pl/wp-content/uploads/2016/01/pf_2015_193-200.pdf

Książek, E. (2021). Dietary Supplements - prebiotics, probiotics and selected flavonoids as natural modifiers of the immune response. (red.) Goluch Zuzanna, *Suplementy diety. Korzyści i zagrożenia dla zdrowia konsumenta*. Wydawnictwo Naukowe ArchaeGraph Diana Łukomiak, 63-82.

Liu, Y., Su, Y., Ong, W., Cheng, T., Tsai, Y. (2011). Oral administration of *Lactobacillus plantarum* K68 *ameliorates* DSS-induced ulcerative colitis in BALB/c mice via the anti-inflammatory and immunomodulatory activities. *International Immunopharmacology*, *11*(12), 2159–2166. https://doi.org/10.1016/J.INTIMP.2011.09.013

McFall-Ngai, M., Hadfield, M. G., Bosch, T. C. G., Carey, H. V., Domazet-Lošo, T., Douglas, A. E., Dubilier, N., Eberl, G., Fukami, T., Gilbert, S. F., Hentschel, U., King, N., Kjelleberg, S., Knoll, A. H., Kremer, N., Mazmanian, S. K., Metcalf, J. L., Nealson, K., Pierce, N. E., Wernegreen, J. J. (2013). Animals in a bacterial world, a new imperative for the life sciences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(9), 3229–3236. https://doi.org/10.1073/PNAS.1218525110

Million, M., Tomas, J., Wagner, C., Lelouard, H., Raoult, D., Gorvel, J.-P. (2018). New insights in gut microbiota and mucosal immunity of the small intestine. *Human Microbiome Journal*, *7–8*, 23–32. https://doi.org/10.1016/J.HUMIC.2018.01.004

Mojka, K. (2014). Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki-charakterystyka i funkcje. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, *95*(3), 541–549.

Mörbe, U. M., Jørgensen, P. B., Fenton, T. M., von Burg, N., Riis, L. B., Spencer, J., Agace, W. W. (2021). Human gut-associated lymphoid tissues (GALT); diversity, structure, and function. *Mucosal Immunology 2021 14:4*, *14*(4), 793–802. https://doi.org/10.1038/s41385-021-00389-4

Moro-García, M. A., Alonso-Arias, R., Baltadjieva, M., Fernández Benítez, C., Fernández Barrial, M. A., Díaz Ruisánchez, E., Alonso Santos, R., Alvarez Sánchez, M., Saavedra Miján, J., & López-Larrea, C. (2013).

Oral supplementation with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 8481 enhances systemic immunity in elderly subjects. *Age, 35*(4), 1311–1326. https://doi.org/10.1007/s11357-012-9434-6

Zapała, Ł., Lasek, W. (2007). Naturalne immunostymulatory egzogenne. *Postępy Biologii Komórki*, *34*(3), 581-594.

Paolillo, R., Romano Carratelli, C., Sorrentino, S., Mazzola, N., Rizzo, A. (2009). Immunomodulatory effects of *Lactobacillus plantarum* on human colon cancer cells. *International Immunopharmacology*, *9*(11), 1265–1271. https://doi.org/10.1016/J.INTIMP.2009.07.008

Plaza-Diaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Gil-Campos, M., Gil, A. (2019). Mechanisms of action of probiotics. *Advances in Nutrition*, *10*(1), S49–S66. https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMY063

Quigley, E. M. (2011). Gut microbiota and the role of probiotics in therapy. *Current Opinion in Pharmacology*, *11*(6), 593–603. https://doi.org/10.1016/J.COPH.2011.09.010

Sánchez, B., Delgado, S., Blanco-Míguez, A., Lourenço, A., Gueimonde, M., Margolles, A. (2017). Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Molecular Nutrition & Food Research*, *61*(1), 1600240. https://doi.org/10.1002/mnfr.201600240

Seale, J. V., Millar, M. (2013). Probiotics: a new frontier for infection control. *Journal of Hospital Infection*, *84*(1), 1–4. https://doi.org/10.1016/J.JHIN.2013.01.005

Seifert, S., Bub, A., Franz, C. M. A. P., Watzl, B. (2011). Probiotic *Lactobacillus casei* Shirota supplementation does not modulate immunity in healthy men with reduced natural killer cell activity. *The Journal of Nutrition*, *141*(5), 978–984. https://doi.org/10.3945/jn.110.136440

Szamocka, M., Szamocka, M., Ameryk, M. A., Świątkowski, M. (2017). Probiotics in medicine. *Journal of Education, Health, and Sport*, *7*(5), 486–496. https://doi.org/10.5281/zenodo.801564

Thursby, E., Juge, N. (2017). Introduction to the human gut microbiota. *The Biochemical Journal*, *474*(11), 1823–1836. https://doi.org/10.1042/BCJ20160510

Wunsch, E., Milkiewicz, P. (2010). Probiotyki w przewlekłych schorzeniach wątroby – Polska Platforma Medyczna. *Polski Merkuriusz Lekarski*, *29*(174), 390–394. https://ppm.edu.pl/info/article/PUM29e8569d26594b5b8e8a6db33de9cce5/

PRODUKTY FERMENTOWANE A MIKROBIOTA JELITOWA ORGANIZMU CZŁOWIEKA

Streszczenie: Pojęcie mikrobiomu zostało po raz pierwszy zaproponowane przez Joshuę Lederberga i definiowało wszystkie mikroorganizmy, zarówno komensalne, symbiotyczne, jak i chorobotwórcze występujące w przestrzeni życiowej człowieka. Obecnie terminu mikrobiom używamy do określenia genomu poszczególnych drobnoustrojów bytujących w określonym środowisku, czyli np. organizmie człowieka, natomiast mikrobiota oznacza zbiór wszystkich drobnoustrojów, żyjących w danym środowisku, np. przewodzie pokarmowym. Poszczególne układy i części ciała są zasiedlane przez określoną populację drobnoustrojów, które pełnią ważną funkcję ochronną w organizmie ludzkim. Oprócz znaczenia mikrobioty jelitowej w utrzymywaniu homeostazy organizmu człowieka, równie ważne jest zagadnienie modulowania jej składu. Na strukturę mikrobioty jelit wpływają czynniki endogenne oraz środowiskowe takie jak: uwarunkowania genetyczne i fizjologiczne gospodarza, kondycja układu odpornościowego, styl życia, środowisko życia, dieta, a także choroby genetyczne, metaboliczne, infekcyjne, stosowane leki, w tym antybiotyki, chemioterapeutyki i nadmierna konsumpcja alkoholu. Nieocenione w tym względzie są bakterie fermentacji mlekowej, które znalazły zastosowanie w profilaktyce i leczeniu chorób układu pokarmowego. Celem artykułu jest przegląd literatury z zakresu wpływu produktów fermentowanych na zdrowie organizmu człowieka.

Słowa kluczowe: Mikrobiota, zdrowie, produkty fermentowane, GALT, *Lactobacillus.*

MIROSŁAWA TELESZKO
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
Katedra Technologii Żywności i Żywienia,
53-345 Wrocław, Komandorska 118/120
e-mail*: miroslawa.teleszko@ue.wroc.pl
ORCID*: 0000-0002-7939-2005

ADAM ZAJĄC
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Chemii Bioorganicznej, 53-345
Wrocław, Komandorska 118/120
e-mail: adam.zajac@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-8576-9729

WPŁYW FERMENTACJI MLEKOWEJ NA WYBRANE PARAMETRY JAKOŚCI VEGURTÓW (ROŚLINNYCH SUBSTYTUTÓW JOGURTÓW)

Streszczenie: Rynek roślinnych substytutów wyrobów mlecznych od kilku lat dynamicznie rozwija się. Jednym z jego najbardziej perspektywicznych sektorów o dużym potencjale w kierunku generowania zarówno produktowych, jak i procesowych innowacji jest produkcja tzw. vegurtów (roślinnych „jogurtów"). Vegurty otrzymywane są z surowców charakteryzujących się wysoką zawartością białka i/lub tłuszczu, najczęściej z soi, owsa, orzechów kokosowych i migdałów. *Codex Alimentarius* nie standaryzuje tych produktów. Fakt ten daje producentom dużą technologiczną swobodę i możliwość wykluczenia z procesu fermentacji mlekowej, która stanowi kluczowy etap w produkcji jogurtów. Matryca roślinna jest jednak dobrą pożywką dla bakterii kwasu mlekowego, a ich zastosowanie niesie za sobą szereg korzyści, w tym pozytywny wpływ na jakość vegurtów. W niniejszej pracy przedstawiono rynkowe perspektywy dla branży żywności roślinnej, w tym fermentowanych substytutów produktów mlecznych oraz istotny wpływ bakterii kwasu mlekowego na wybrane parametry sensoryczne i zawartość substancji antyodżywczych w vegurtach.

Słowa kluczowe: Weganizm, fermentacja, jogurty roślinne, bakterie kwasu mlekowego.

1. Wstęp

Weganizm uznaje się obecnie za jeden z głównych i najbardziej wpływowych trendów w branży żywności i napojów. Prognozuje się, że wielkość światowego rynku *plant-based food* (PBF; żywności pochodzenia roślinnego) wzrośnie trzykrotnie na przestrzeni lat 2023- 2033, odnotowując wzrost z 11,3 do 35,9 miliarda dolarów. Ogólna sprzedaż produktów z tej kategorii w rozpatrywanym okresie projekcji ma osiągnąć skumulowany roczny wskaźnik wzrostu CAGR na poziomie 12,2% (Future Market Insights, 2022). Według danych organizacji *The Vegan Society* w latach 2012-2017 popyt na żywność roślinną wzrósł o 987%. Zainteresowanie produktami wegańskimi w Internecie, szacowane na podstawie liczby ich wyszukiwań, jest trzykrotnie większe niż ma to miejsce w przypadku produktów bezglutenowych i wegetariańskich. Odbiorcy żywności roślinnej to w istocie bardzo szeroka grupa, wśród której znajdują się nie tylko weganie, ale także osoby stosujące dietę tradycyjną, szukające urozmaicenia w codziennym jadłospisie, osoby ze zdiagnozowanymi alergiami pokarmowymi i nietolerujące laktozy czy wreszcie konsumenci, którzy ze względu na swoje poważne problemy zdrowotne (m.in. otyłość, cukrzycę typu 2, choroby układu krążenia, nowotwory) upatrują w spożywaniu produktów roślinnych poprawy swojej kondycji (IMARC, 2022).

Według analityków Nielsen IQ (2021), zapotrzebowanie na żywność białkową pochodzenia roślinnego pozostaje główną determinantą wzrostu dla detalistów i marek. Tymczasem, co wielokrotnie sygnalizowano w Parlamencie Europejskim, we Wspólnocie występuje deficyt białek roślinnych. Jest to problem, który rzutuje nie tylko na bezpieczeństwo rynku pasz i niezależność gospodarczą UE, ale także hamuje bardzo chłonny sektor spożywczy (Parlament Europejski, 2018). Silnie rozrasta się rynek roślinnych substytutów mleka i jego przetworów, zwłaszcza „jogurtów", do produkcji których można wykorzystywać m.in. izolaty białek alternatywnych. Według raportu DATA BRIDGE Market Research (2020), globalny rynek fermentowanych, bezmlecznych napojów bezalkoholowych będzie rósł w tempie ok. 4,0% rocznie (2021-2028) i osiągnie wartość ok. 4,37 mld USD do 2028 r. Przewiduje się, że do 2026 r. rynek „jogurtów" roślinnych/vegurtów odnotuje CAGR na poziomie 25,43% (wartość rynku: 3,6 mld USD). W 2020 r. najwięcej na świecie premier produktowych w tym sektorze miało miejsce w Europie Zachodniej (724 napoje roślinne, 352 jogurty roślinne). Europa ma zresztą największy udział w rynku fermentowanych produktów roślinnych (73%), wyprzedzając pod tym względem kraje Azji i Pacyfiku, Ameryki Północnej,

Ameryki Łacińskiej, Bliskiego Wschodu i Afryki (Boukid i in., 2023). Rynek europejski zdominowany jest przez vegurty sojowe, w których produkcję zainwestowali m.in. francuski *Danone* (marka „Alpro"), włoskie firmy *Valsoia* („Yosoi") i *Granarolo* oraz francuski *Triballat Noyal* („Sojade"). Szwedzkie przedsiębiorstwo *Oatly AB* zajmuje się produkcją tzw. oatgurtów/ „jogurtów" owsianych (marka „OATLY"), podobnie jak fiński *Fazer Oy* („YOSA"). Wśród polskich producentów vegurtów znajdują się *OSM Łowicz* („Bez Deka Mleka"; owsiane), *Bakoma* („Ave Vege"; kokosowe), *MAGDA plant-based* („Planton", „Vegup Bio", „Greenzly"; kokosowe/ z orzechów nerkowca) oraz *Cool Beans* („It's bean!"; vegurt fasolowy).

Do najważniejszych wyzwań i trendów, z jakimi musi zmierzyć się rynek PBF w najbliższym czasie należą zmieniające się nawyki żywieniowe (priorytety: zdrowie, dobre samopoczucie, kwestie społeczne); potrzeba innowacji produktowych; rozwój inwestycji (NielsenIQ, 2021). Kluczowym czynnikiem wpływającym na jego rozwój wg Yanga i Dharmasena (2020) jest zrozumienie relacji między wartością odżywczą napojów roślinnych, a gotowością konsumentów do ich zakupu. Wartość energetyczna, zawartość białka, tłuszczu czy witamin są powszechnie uznawane przez konsumentów za istotne i mają znaczący wpływ na ich decyzje o nabyciu danego produktu. Zwiększona zawartość białka została uznana za najważniejszą cechę żywieniową ze względu na jej znaczenie dla ceny. Jakkolwiek, na co wskazują Jaeger i in. (2023), ani wspomniana świadomość korzyści zdrowotnych płynących ze spożywania PBF, ani też kwestie dbałości o środowisko nie gwarantują komercyjnego sukcesu producentom działającym w tej branży. Wyżej wymienieni Autorzy przeprowadzili badanie, w którym konsumenci (n= 338; Nowa Zelandia) próbowali serii dostępnych na rynku „jogurtów" roślinnych, dokonując oceny próbek zgodnie z podejściem pomiarowym opartym na wielu zmiennych (upodobanie, reakcja emocjonalna, charakterystyka sensoryczna (wygląd i smak), postrzeganie holistyczne i koncepcyjne, nastawienie do produktu). Stwierdzili, że konsumenci najprawdopodobniej nie wybierają, bądź nie spożywają, tych produktów ze względu na ich niską jakość sensoryczną. Zwrócili także uwagę, że podobnie jak w przypadku wielu innych nowych produktów „alternatywnych", oczekiwania konsumentów wymagają, aby taki produkt miał podobny lub lepszy profil smakowy niż produkt, który zastępują. Jeśli tak się nie stanie, akceptacja produktu i wybór ucierpią, niezależnie od wysiłków marketingowych (Jaeger i in., 2023).

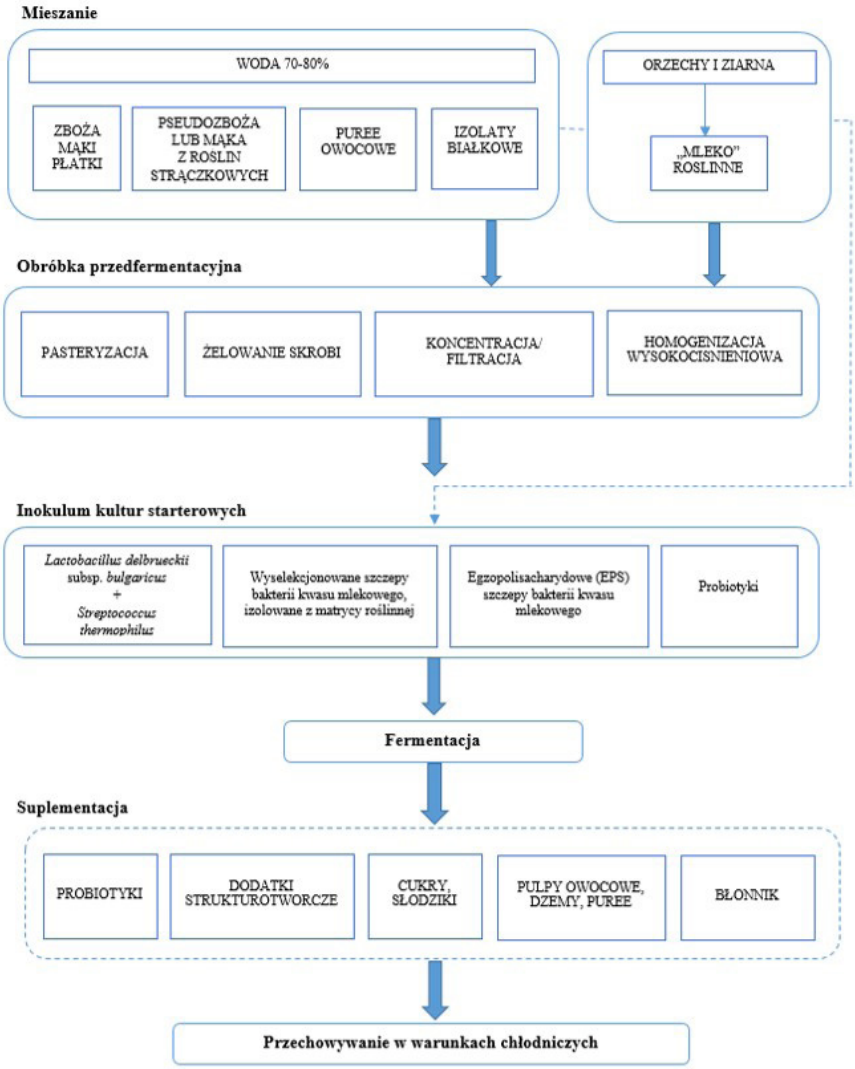
Innowacyjność vegurtów rozwija się wielokierunkowo, a sygnalizowane wcześniej aspekty związane z ich jakością stanowią wyzwanie nie tylko

w przestrzeni stricte przemysłowej, ale także naukowej. Potwierdza to sukcesywny wzrost liczby pojawiających się publikacji na temat roślinnej żywności fermentowanej, w szczególności będącej alternatywą dla produktów mlecznych. Z doświadczeń wielu badaczy wynika, że tzw. „mleka roślinne" stanowią dobrą pożywkę do rozwoju bakterii kwasu mlekowego. Najwięcej publikacji na ten temat dotyczy „mleka" sojowego i kokosowego, chociaż pozytywne próby przeprowadzono także na „mleku" z nasion nerkowca i migdałów (Bernat i in., 2015; Bruno i in., 2019), orzechów ziemnych (Kabier i in., 2014), ryżu (Padma i in., 2019) i owsa (Chen i in., 2020). Dotychczasowe badania udokumentowały skuteczność „mleka" sojowego jako dobrego podłoża do wzrostu szczepów potencjalnie prozdrowotnych oraz innych LAB, w tym *Lactobacillus fermentum* BM-325, licznych szczepów *Lactobacillus* spp. oraz *Bifidobacterium* (Myagmardorj i in., 2018; Hou i in., 2000). Yuliana i Rangga (2010) prowadzili z sukcesem fermentację „mleka" kokosowego przez *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus acidophilus*, natomiast Bernat i in. (2014) stwierdzili bardzo dobrą przydatność bakterii probiotycznych *Lactobacillus rhamnosus* GG do fermentacji „mleka" z orzechów laskowych.

W niniejszej pracy przedstawiono wpływ procesu kierowanej fermentacji mlekowej na wybrane parametry sensoryczne „jogurtów" roślinnych oraz na ich jakość odżywczą w kontekście zawartości substancji antyodżywczych.

2. Wpływ fermentacji mlekowej na jakość vegurtów

Substytuty fermentowanych produktów mlecznych otrzymuje się zwykle z surowców roślinnych o wysokiej zawartości białka i/lub tłuszczu. Składniki te w największym stopniu wpływają na teksturę i smak tych produktów (Coda i in., 2012; Pontonio i in., 2020). Białka kształtują wiele właściwości fizykochemicznych żywności, takich jak zdolność zatrzymywania wody, żelowanie, wytrzymałość żelu, a także wytwarzanie prekursorów i/lub związków smakowych. Z kolei tłuszcze wpływają zarówno na właściwości mechaniczne, jak i sensoryczne (Coda i in., 2012; Bernat i in., 2014). Należy mieć jednak na względzie, że roślinne alternatywy mleka wykazują inne właściwości fizykochemiczne, cechy sensoryczne i skład odżywczy niż mleko krowie (Sethi, Tyagi i Anurag, 2016). Kazeina występująca w postaci miceli odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych mleka i jogurtu (Lucey, Wilbanks i Horne, 2022).



Rysunek 1. Uproszczony schemat produkcji vegurtów (roślinnych „jogurtów")

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Montemurro i in. (2021).

Ze względu na odmienną naturę białek, vegurty mogą zatem wykazywać wady strukturalne w porównaniu z jogurtem (Jeske, Zannini i Arendt, 2018).

Uproszczony schemat produkcji vegurtów zamieszczono na Rysunku 1 (Montemurro i in., 2021). Większość surowców używanych w tej technologii klasyfikowana jest na rośliny strączkowe (np. soja, groch, ciecierzyca, łubin), ziarna (ryż, owies, kukurydza), orzechy (np. kokos, migdały, orzechy nerkowca, orzechy ziemne), pestki i nasiona (np. słonecznik, konopia, sezam) lub

bulwy (np. ziemniak), przy czym do najpopularniejszych surowców wykorzystywanych do produkcji vegurtów należą soja, orzechy kokosowe, migdały i owies (Part i in., 2023). Oprócz głównego składnika roślinnego, produkty te mogą zawierać także oleje, dodatki owocowe, skrobie, preparaty błonnikowe, substancje słodzące, stabilizatory i naturalne aromaty. Często wzbogacane są także w witaminy i składniki mineralne, z których najpowszechniej stosuje się witaminę B_{12} i wapń (Paul i in., 2020).

Z perspektywy technologii produkcji jogurtów, kluczowym etapem jest proces fermentacji mlekowej prowadzony przez *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* aż do uzyskania pH < 4,5 i końcowej gęstości bakterii kwasu mlekowego (LAB) wyższej niż 8 log10 jtk/g (Chandan i Kilara, 2013). Tymczasem ich roślinne alternatywy wytwarzane są na drodze fermentacji (głównie bakterie jogurtowe) lub poprzez łączenie i przetwarzanie składników przy użyciu różnych metod fizycznych i chemicznych, aby przypominały jogurt i spełniały oczekiwania konsumentów (Tangyu i in., 2019; Montemurro i in. 2021). W praktyce oznacza to, że vegurt można otrzymać bez użycia bakterii kwasu mlekowego, regulując jego pH jedynie dodatkiem kwasów organicznych, np. mlekowego lub jabłkowego (Part i in., 2023). Fakt ten może zatem wprowadzić w błąd tę część konsumentów, która w swoich wyborach kieruje się przeświadczeniem o analogii „jogurtu" roślinnego do produktu otrzymywanego z mleka, postrzegając różnice między nimi jedynie w kategoriach surowca wykorzystanego do ich produkcji. Vegurty nie są natomiast zdefiniowane i standaryzowane; brak jest unormowanych legislacyjnie wytycznych pozwalających na zobiektywizowaną ocenę ich jakości odżywczej, mikrobiologicznej i sensorycznej, jak ma to miejsce w produktach wzorcowych pochodzenia zwierzęcego.

2.1. Kształtowanie cech sensorycznych

O ile proces fermentacji mleka krowiego przez LAB jest dobrze poznany i udokumentowany, tak niewiele uwagi poświęcano dotychczas procesom molekularnym zachodzącym podczas fermentacji w „mleku" roślinnym (Mende, Rohm i Jaros, 2016; Ji i in., 2021). Z jednej strony obserwuje się rosnące zainteresowanie roślinnymi alternatywami dla jogurtów, z drugiej natomiast tworzenie produktów z tego sektora o akceptowalnej teksturze i smaku nadal pozostaje poważnym wyzwaniem technologicznym (Jaeger i Giacalone, 2021). Jednym z powodów oporu konsumentów wobec roślinnych substytutów wyrobów mlecznych jest obecność niepożądanego „fasolowego" smaku.

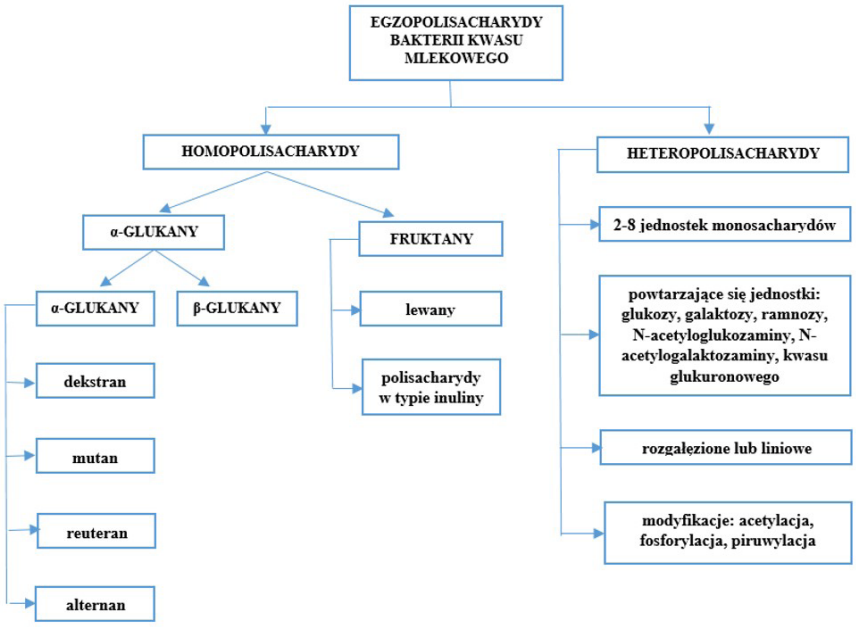
Wynika on głównie z obecności aldehydów (m.in. heksanal, 3-Z-heksenal), alkoholi (n-heksanol, n-pentanol i n-heptanol), ketonów (keton etylowinylowy) oraz furanów (n-pentylofuran; 2-(1- pentenylo) furan) (Rackis, Sessa i Honig, 1979). Blagden i Gilliland (2005) zauważyli jednak, że fermentacja „mleka" sojowego przez LAB (*Lactobacillus acidophilus* (szczepy L1 i C19); *Lactobacillus casei* (E5 i E10); *Streptococcus thermophilus* (143, OSU-1 i OSU-2) i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *lactis* (RM2-5)) jest w stanie całkowicie usunąć heksanal i zmniejszyć stężenie innych lotnych związków organicznych. Korzystny wpływ bakterii kwasu mlekowego na profil aromatyczny „mleka" owsianego, słonecznikowego, grochowego i fasolowego stwierdzili także Tangyu i in. (2023). Autorzy ci w szeroko zakrojonym eksperymencie, obejmującym wykorzystanie do fermentacji 15 różnych szczepów LAB z rodzin *Streptococcaceae* i *Lactobacilaceae* (rodzaje: *Streptococcus* (4), *Lactococcus* (2), *Lacticaseibacillus* (3), *Lactiplantibacillus* (1), *Lactilactobacillus* (1), *Lactobacillus* (2), *Limosilactobacillus* (1) i *Leuconostoc* (1)) i szczegółową analizę związków lotnych (GC-MS) udowodnili, że staranny dobór określonych kombinacji „mleka" roślinnego i szczepu LAB pozwala na zaprojektowanie konkretnych profili zapachowych. Kilka z badanych przez nich szczepów wykazało ogólnie korzystne właściwości, niezależnie od zastosowanej matrycy. Na przykład *S. thermophilus* NCC 1326 silnie wzmacniał nuty maślane we wszystkich „mlekach" roślinnych, podczas gdy *L. mesenteroides* znacznie zwiększał rozwój nut serowych, a *L. johnsonii* sprzyjał powstawaniu związków generujących zapach mięty/drewna, co wynika z jego aktywnego metabolizmu opartego na terpenoidach. Stwierdzono, że na skutek fermentacji zawartość większości aldehydów i niektórych ketonów obecnych w niefermentowanym „mleku" roślinnym została istotnie zmniejszona (np. 1-heptanal, 1-heksanal i 1-nonanal). Z kolei wzrosła zawartość alkoholi (1-heptanol, 1-heksanol, 1-nonanol) i kwasów karboksylowych (heptanowy, heksanowy, nonanowy), co dowodzi, że LAB katalizują oksydacyjne i redukcyjne konwersje aldehydów (Tangyu i in., 2023).

Uzyskanie vegurtu, którego konsystencja w sposób naturalny odpowiadałaby fermentowanym produktom mlecznym jest technologicznie trudne. Ponieważ jednak cecha ta jest istotna dla konsumentów, producenci roślinnych alternatyw dla jogurtów stosują szereg substancji zagęszczających i stabilizujących, co ułatwia im modyfikowanie konsystencji produktu i jego lepsze dopasowanie pod tym względem do oczekiwań odbiorców. Wśród wspomnianych dodatków najczęściej pojawiają się skrobie (ziemniaczana, kukurydziana, z tapioki, ryżowa), w tym skrobie modyfikowane, pektyny, mączka

chleba świętojańskiego, agar- agar, karagenian, guma akacjowa, guma gellan, guma ksantanowa (Boeck i in., 2021; Greis i in., 2022). Alternatywą dla tych substancji jest wykorzystanie w procesie produkcji egzopolisacharydów (EPS), które generowane są przez LAB podczas procesu fermentacji (Rysunek 2). EPS można stosować w przemyśle spożywczym w charakterze emulgatorów, stabilizatorów, substancji zagęszczających i żelujących, do utrzymywania wilgoci, wpływania na reologię, jędrność i synerezę, jak również do modyfikowania tekstury i właściwości sensorycznych produktów. Wykorzystuje się je ze względu na właściwości fizyczne, zachowanie nienewtonowskie i dużą lepkość w mediach wodnych (Freitas, Alves i Reis, 2011; Ripari, 2019; Abid i in., 2021).

Zdolność do produkcji EPS posiada wiele szczepów LAB. Przykładowo, należący do grupy homopolisacharydów dekstran powstaje w wyniku aktywności fermentacyjnej m.in. bakterii z rodzaju *Leuconostoc* (*L. mesenteroides*, *L. pseudomesenteroides*, *L. citreum*), *Limosilactobacillus* (*L. fermentus*, *L. reuteri*) oraz *Latilactobacillus* (*L. casei*, *L. curvatus*, *L. sakei*, *L. parabuchneri*). Związek ten charakteryzuje szerokie spektrum właściwości funkcjonalnych. Poprawia miękkość, teksturę miękiszu i objętości w wyrobach piekarniczych, zapobiega krystalizacji, poprawia zatrzymywanie wilgoci i zwiększa lepkość w produkcji wyrobów cukierniczych lub lodów, jest także adjuwantem, emulgatorem i stabilizatorem (Wang i in., 2019; Angelin i Kavitha, 2020; Xu i in., 2020; Zheng i in., 2020).

W przypadku żywności fermentowanej na bazie roślin istotną rolę w kształtowaniu pożądanej struktury produktów mogłyby odgrywać LAB zdolne do syntezy heteropolisacharydów. Wśród gatunków bakterii kwasu mlekowego w aspekcie tym wyróżnia się *Lactiplantibacillus plantarum*, którego liczne szczepy, m.in. C88, JLAU103, JLK0142, WLPL04 oraz YW11 wytwarzają EPS o zróżnicowanych masach cząsteczkowych (1,2 x 10^4 Da- 1,2 x 10^6 Da), kompozycji monomerów składowych i szerokim spektrum właściwości, umożliwiających zarówno poprawę tekstury i cech reologicznych produktów, jak i nadawania im właściwości potencjalnie prozdrowotnych. Przykładowo, *L. plantarum* JLAU103 wytwarza egzopolisacharyd zawierający arabinozę, ramnozę, fukozę, ksylozę, fruktozę, galaktozę, glukozę i mannozę, posiadający aktywność antyoksydacyjną (Min i in., 2019). Korzystny wpływ na lepkość mlecznych produktów fermentowanych oraz ograniczenie zjawiska synerezy posiadają szczepy z gatunku *Streptococcus thermophilus*, w tym S3 (Xu i in., 2020), NIZO 2104 (Gentés, Turgeon i St-Gelais, 2016) oraz LY03 (De Vuyst i in., 2003).



Rysunek 2. Podział egzopolisacharydów wytwarzanych przez bakterie kwasu mlekowego
Źródło: Opracowanie własne na podstawie Korcz i Varga (2021).

2.2. Fermentacja a obecność związków antyodżywczych

Istotną zaletą wykorzystania fermentacji mlekowej do produkcji vegurtów jest korzystny wpływ tego procesu na ich jakość odżywczą. Związki antyżywieniowe, w tym kwas fitynowy, saponiny czy α-galaktozydy, są bowiem rozkładane przez LAB podczas fermentacji.

Sole kwasu fitynowego (fityniany) stanowią formę magazynującą (1–5% wagowych) zarówno mio-inozytol, jak i fosforan w nasionach (w tym roślin oleistych), ziarnach zbóż, roślinach strączkowych i orzechach (Priyodip, Prakash i Balaji, 2017). Kwas fitynowy chelatuje wielowartościowe kationy dodatnie (np. Mg^{2+}, Zn^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} i pochodne grup aminowych w ugrupowaniach białek), co prowadzi do zmniejszenia rozpuszczalności, biodostępności i wchłaniania składników odżywczych (Waters i in., 2021). Zastosowanie mieszanki kultur *L. acidophilus* i *L. plantarum* skutecznie eliminowało inhibitory kwasu fitynowego i trypsyny w „mleku" z fasolnika chińskiego (Sanni, Onilude i Adeleke, 1999). Z kolei fermentowanie „mleka" sojowego za pomocą *S. thermophilus* CCRC 14085 + *Bifidobacterium infantis* CCRC 14603 przyczyniło się do istotnego zmniejszenia zawartości kwasu fitynowego (-80%) i saponin (-30%) (Lai i in., 2013). Badania Rekha

i Vijayalakshmi (2010) potwierdziły, że szczepy *L. fermentum* B4655, *L. plantarum* B4495, *L. casei* B1922, *L. bulgaricus* CFR2028 *i L. acidophilus* B4496 LAB zmniejszają zawartość kwasu fitynowego podczas fermentacji „mleka" sojowego w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Co więcej, autorzy wskazali na wzrost zawartości magnezu i wapnia w fermentowanym napoju sojowym w porównaniu z próbką kontrolą.

Saponiny to cząsteczki zróżnicowane strukturalnie, które pod względem chemicznym nazywane są glikozydami triterpenowymi i steroidowymi. Składają się z niepolarnych aglikonów połączonych z jedną lub większą liczbą reszt monosacharydowych (Gemede i Ratta, 2014). W wysokich stężeniach nadają roślinom gorzki smak i cierpkość. Ponadto stwierdzono, że saponiny zmniejszają biodostępność składników odżywczych i aktywność enzymów, a także wpływają na strawność białek poprzez hamowanie trypsyny i chymotrypsyny (Liener, 2003). Fermentacja z udziałem LAB zmniejsza ich zawartość w wyniku procesu glikozylacji, w którym glikozylotransferaza zapewnia aglikonowi zarówno rozpuszczalność w wodzie, jak i stabilność chemiczną (Manzoor i in., 2021). Zdolność do redukcji saponin pod wpływem bakterii kwasu mlekowego była badana przez autorów zajmujących się tematyką jakości i bezpieczeństwa żywnościowego roślinnych zamienników nabiału. Lai i in. (2013) stwierdzili istotne zmniejszenie zawartości saponin w „mleku" sojowym fermentowanym szczepami *Streptococcus thermophilus* 14085 i *Bifidobacterium infantis* 14603. Podobne obserwacje poczynili Liang i in. (2022), którzy przeprowadzili proces kierowanej fermentacji mlekowej „mleka" z fasoli mung z wykorzystaniem *Lactococcus lactis* RQ1066.

Fermentacja mlekowa może także przyczynić się do degradacji α-galaktozydów (rafinoza, stachioza, werbaskoza). Związki te są odpowiedzialne za dyskomfort trawienny i wzdęcia w wyniku ich fermentacji przez bakterie jelitowe w jelicie grubym. Niektóre mikroorganizmy fermentujące, takie jak *Streptococcus* sp., *Leuconostoc* sp. i *Lactobacillus* sp. wykazują aktywność α-galaktozydazy, co daje im zdolność przekształcania α-galaktozydów do wchłanialnych mono- i disacharydów (Harlé i in., 2020). Fermentacja roślin strączkowych, takich jak ciecierzyca, szczepami *Pediococcus* (Xing i in., 2020); mąki z żółtej i czerwonej soczewicy, białej i czarnej fasoli, ciecierzycy i grochu za pomocą *L. plantarum* i *L. brevis* (De Pasquale i in., 2020) oraz fasoli z udziałem bakterii *L. reuteri* (Meinlschmidt i in., 2016) prowadzi do obniżenia stężenia rafinozy. Singh i Vij (2018) określili aktywność α-galaktozydazy oraz zdolność do redukcji oligosacharydów przez 6 szczepów drobnoustrojów z rodzaju *Lactobacillus* (*L. plantarum* C6, *L. rhamnosus* C8, *L. rhamnosus* C25, *L. rhamnosus*

C28, *L. rhamnosus* C34, *L. helveticus* NCDC 288) podczas fermentacji „mleka" sojowego. Spośród badanych przez nich lactobacillusów, *L. plantarum* C8 wykazywał najwyższą aktywność α-galaktozydazy skumulowaną pomiędzy 6 a 18 godziną inkubacji. Wyróżniał się także najlepszym wykorzystaniem sacharozy i stachiozy. Co ciekawe, ponad 90% redukcja stachiozy uzyskana przez ten szczep była znacząco wyższa ($p < 0,001$) niż w przypadku innych pałeczek kwasu mlekowego, u których wykorzystanie tego tetrasacharydu nie przekraczało 37%.

3. Zakończenie

Fermentacja mlekowa jest niezbędna do osiągnięcia odpowiedniego profilu sensorycznego vegurtów, stanowiąc jednocześnie skuteczne narzędzie biotechnologiczne poprawiające ich właściwości odżywcze i funkcjonalne. Różnorodność surowców roślinnych stanowiących bazę tych produktów i ich odmienny skład chemiczny wymagają jednak od producentów indywidualnego podejścia procesowego, ukierunkowanego na dopasowanie szczepu LAB do konkretnego medium. Optymalizacja w tym zakresie zagwarantuje bowiem otrzymanie produktu o satysfakcjonujących parametrach fizyko-chemicznych, atrakcyjnym profilu smakowo-zapachowym i pozwoli istotnie ograniczyć ilość substancji dodatkowych w recepturze vegurtów. Perspektywicznie, roślinne „jogurty" mogłyby stanowić nie tylko nośnik klasycznych bakterii jogurtowych, ale także szczepów uznawanych za probiotyczne. Wiadomym jest, że bakterie o potencjalnie prozdrowotnych właściwościach, w tym *Lactobacillus fermentum BM-325; L. helveticus V3; L. rhamnosus NS6; L. rhamnosus NS4; L. rhamnosus GG; L. bulgaricus NCDC 09; L. acidophilus NCDC 15; L. acidophilus NCDC 298; L. helveticus NCDC 292* z sukcesem można wykorzystywać do fermentacji „mleka" roślinnego. Wśród wymienionych szczepów znajduje się także, uważany za najlepiej przebadany klinicznie, *Lactobacillus rhamnosus* GG. Stosowano go np. u chorych na raka jelita grubego leczonych chemioterapią z zastosowaniem 5-fluorouracylu, co przyczyniło się do redukcji częstości występowania biegunek stopnia 3 i 4 oraz bólów brzucha (Österlund i in., 2007). Rak jelita grubego znajduje się na trzecim miejscu pod względem częstości występowania i na drugim pod względem powodowanych zgonów nowotworowych. W dietoprofilaktyce nowotworu jelita grubego szczególne miejsce zajmuje żywność fermentowana, zawierająca probiotyczne kultury bakterii (Wasilewska, Złotkowska i Pijagin, 2013). Przypisuje się im m.in. właściwości antykancerogenne, wspieranie układu immunologicznego,

przeciwdziałanie aktywności patogennej mikroflory jelitowej, poprawę wchłaniania składników mineralnych i witamin (Mojka, 2014). Zaawansowane badania ukierunkowane na zweryfikowanie aktywności przeciwnowotworowej fermentowanych mlek roślinnych stricte wobec linii komórkowych raka jelita grubego są skąpe, ale obiecujące. Z badań Le i in. (2020) wynika, że „mleko" sojowe (MS) fermentowane synbiotycznie (*Weissella cibaria* FB06 i ksylooligosacharydy) hamuje proliferację linii Caco-2 i HCT116 (ludzkie komórki raka jelita grubego). Według Levita i in. (2017) fermentowane MS sojowego (*L. plantarum* CRL 2130) zapobiega eksperymentalnemu zapaleniu okrężnicy w modelu mysim. Z kolei fermentowane „mleko" migdałowe wykazuje właściwości antyoksydacyjne, które mogą minimalizować choroby związane ze stresem oksydacyjnym (Wansutha i in., 2018). Także fermentacja mleka sojowego zwiększa istotnie działanie przeciwutleniające, hamujące ACE, przeciwbakteryjne i przeciwzapalne w porównaniu z niesfermentowanym MS [Shori, 2013; Singh i in., 2020]. Fakt ten jest istotny dla dalszego ewoluowania wegańskich jogurtów w stronę żywności funkcjonalnej i specjalnego przeznaczenia medycznego.

Literatura

Future Market Insights (2022). Raport *Market Survey on Plant-Based Food Market Covering Sales Outlook, Up-to-date Key Trends, Market Sie and Forecast, Production Capacity, Export and Import Analysis, Regulations, Trade Analysis, Brand Analysis and Pricing Analysis*, dostęp: https://www.futuremarketinsights.com/reports/plant-based-food-market (data dostępu: 01. 12. 2023 r.)

IMARC (2022). Raport *Plant-Based Food Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2023-2028*, dostęp: https://www.imarcgroup.com/plant-based-food-market (data dostępu: 01. 12. 2023 r.).

NielsenIQ (2021). Analiza *Growing demand for plant-based proteins*, dostęp: https://nielseniq.com/global/en/insights/analysis/2021/examining-shopper-trends-in-plant-based-proteins-accelerating-growth-across-mainstream-channels/ (data dostępu: 01. 12. 2023 r.).

Parlament Europejski (2018). Sprawozdanie w sprawie europejskiej strategii na rzecz promowania roślin wysokobiałkowych – zachęcania europejskiego sektora rolnego do produkcji roślin wysokobiałkowych i strączkowych (2017/2116(INI)), Komisja Rolnictwa i Rozwoju Wsi, A8-0121/2018, 1-28.

DATA BRIDGE Market Research (2020). Raport *Global Fermented Non-Dairy Non-Alcoholic Beverages Market – Industry Trends and Forecast to 2028*, 1-350.

Boukid, F., Hassoun, A., Zouari, A., Tülbek, M. Ç., Mefleh, M., Aït-Kaddour, A. i Castellari, M. (2023). Fermentation for Designing Innovative Plant-Based Meat and Dairy Alternatives. *Foods*, 12(5), 1005.

Jaeger, S. R., Giacalone, D., Jin, D., Ryan, G. S. i Cardello, A. V. (2023). Information about health and environmental benefits has minimal impact on consumer responses to commercial plant-based yoghurts. *Food Quality and Preference*, 106, 104820.

Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A. i González-Martínez, C. (2015). Probiotic fermented almond "milk" as an alternative to cow-milk yoghurt. *International Journal of Food Studies*, 4(2).

Bruno, L. M., Lima, J. R., Wurlitzer, N. J. i Rodrigues T. C. (2019). Non-dairy cashew nut milk as a matrix to deliver probiotic bacteria. *Food Science and Technology*, 40, 604-607.

Kabier, B.M., Yazid, A.M. i Mustafa, S. (2014). Growth of *Bifidobacterium pseudocatenulatum* G4 and changes in organic acid profile in peanut milk and skim milk supplemented with fructooligosaccharides. *Journal of Science and Technology*, 15.

Padma, M., Rao, P. J., Edukondalu, L., Aparna, K. i Babu, G. R. (2019). Storage studies of probiotic rice milk during refrigerated conditions. *International Journal of Chemical Studies*, 7, 1114-1117.

Chen, L., Wu, D., Schlundt, J. i Conway, P. L. (2020). Development of a dairy-free fermented oat-based beverage with enhanced probiotic and bioactive properties. *Frontiers in microbiology*, 11, 609734.

Myagmardorj, B., Purev, M. E. i Batdorj, B. (2018). Functional properties of fermented soymilk by *Lactobacillus fermentum* BM-325. *Mongolian Journal of Chemistry*, 19(45), 32-37.

Hou, J. W., Yu, R. C. i Chou, C. C. (2000). Changes in some components of soymilk during fermentation with bifidobacteria. *Food Research International*, 33(5), 393-397.

Yuliana, N. i Rangga, A. (2010). Manufacture of fermented coco milk-drink containing lactic acid bacteria cultures. *African Journal of Food Science*, 4(9), 558-562.

Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A. i González-Martínez, C. (2014). Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies*, 3(1).

Yang, T. i Dharmasena, S. (2020). Consumers preferences on nutritional attributes of dairy-alternative beverages: hedonic pricing models. *Food Science & Nutrition*, 8(10), 5362-5378.

Coda, R., Lanera, A., Trani, A., Gobbetti, M. i Di Cagno, R. (2012). Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 120-127.

Pontonio, E., Raho, S., Dingeo, C., Centrone, D., Carofiglio, V. E. i Rizzello, C. G. (2020). Nutritional, functional, and technological characterization of a novel gluten-and lactose-free yogurt-style snack produced with selected lactic acid bacteria and Leguminosae flours. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1664.

Sethi, S., Tyagi, S. K. i Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of food science and technology*, 53, 3408-3423.

Lucey, J. A., Wilbanks, D. J. i Horne, D. S. (2022). Impact of heat treatment of milk on acid gelation. *International Dairy Journal*, 125, 105222.

Jeske, S., Zannini, E. i Arendt, E. K. (2018). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food research international*, 110, 42-51.

Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R. i Rizzello, C. G. (2021). Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods*, 10(2), 316.

Part, N., Kazantseva, J., Rosenvald, S., Kallastu, A., Vaikma, H., Kriščiunaite, T., ... i Viiard, E. (2023). Microbiological, chemical, and sensorial characterisation of commercially available plant-based yoghurt alternatives. *Future Foods*, 7, 100212.

Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V. i Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(18), 3005-3023.

Chandan, R. C. i Kilara, A. (Ed.). (2013). Manufacturing yogurt and fermented milks (294-295). Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.

Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J. i Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied microbiology and biotechnology*, 103, 9263-9275.

Mende, S., Rohm, H. i Jaros, D. (2016). Influence of exopolysaccharides on the structure, texture, stability and sensory properties of yoghurt and related products. *International Dairy Journal*, 52, 57-71.

Ji, D., Ma, J., Xu, M. i Agyei, D. (2021). Cell-envelope proteinases from lactic acid bacteria: biochemical features and biotechnological applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 369-400.

Jaeger, S. R. i Giacalone, D. (2021). Barriers to consumption of plant-based beverages: A comparison of product users and non-users on emotional, conceptual, situational, conative and psychographic variables. *Food Research International*, 144, 110363.

Rackis, J. J., Sessa, D. J., & Honig, D. H. (1979). Flavor problems of vegetable food proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56 (3Part2), 262-271.

Blagden, T. D. i Gilliland, S. E. (2005). Reduction of levels of volatile components associated with the "beany" flavor in soymilk by lactobacilli and streptococci. *Journal of Food Science*, 70(3), M186-M189.

Tangyu, M., Fritz, M., Tan, J. P., Ye, L., Bolten, C. J., Bogicevic, B. i Wittmann, C. (2023). Flavour by design: food-grade lactic acid bacteria improve the volatile aroma spectrum of oat milk, sunflower seed milk, pea milk, and faba milk towards improved flavour and sensory perception. *Microbial Cell Factories*, 22(1), 133.

Boeck, T., Sahin, A. W., Zannini, E. i Arendt, E. K. (2021). Nutritional properties and health aspects of pulses and their use in plant-based yogurt alternatives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3858-3880.

Greis, M., Sainio, T., Katina, K., Nolden, A. A., Kinchla, A. J., Seppä, L. i Partanen, R. (2022). Physicochemical properties and Mouthfeel in commercial plant-based yogurts. *Foods*, 11(7), 941.

Freitas, F., Alves, V. D. i Reis, M. A. (2011). Advances in bacterial exopolysaccharides: from production to biotechnological applications. Trends in biotechnology, 29(8), 388-398.

Ripari, V. (2019). Techno-functional role of exopolysaccharides in cereal-based, yogurt-like beverages. *Beverages*, 5(1), 16.

Abid, Y., Azabou, S., Blecker, C., Gharsallaoui, A., Corsaro, M. M., Besbes, S. i Attia, H. (2021). Rheological and emulsifying properties of an exopolysaccharide produced by potential probiotic Leuconostoc citreum-BMS strain. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117523.

Korcz, E. i Varga, L. (2021). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Techno-functional application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 375-384.

Wang, J., Wu, T., Fang, X. B. i Yang, Z. N. (2019). Manufacture of low-fat Cheddar cheese by exopolysaccharide-producing *Lactobacillus plantarum* JLK0142 and its functional properties. *Journal of Dairy Science*, 102, 3825–3838.

Angelin, J. i Kavitha, M. (2020). Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 853–865.

Xu, D., Hu, Y., Wu, F. F., Jin, Y. M., Xu, X. M. i Gänzle, M. G. (2020). Comparison of the functionality of exopolysaccharides produced by sourdough lactic acid bacteria in bread and steamed bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68, 8907–8914.

Zheng, J. S., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P. i in. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus Lactobacillus Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70, 2782–2858.

Min, W. H., Fang, X. B., Wu, T., Fang, L., Liu, C. L. i Wang, J. (2019). Characterization and antioxidant activity of an acidic exopolysaccharide from *Lactobacillus plantarum* JLAU103. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 127, 758–766.

Gentés, M. C., Turgeon, S. L. i St-Gelais, D. (2016). Impact of starch and exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria on the properties of set and stirred yoghurts. *International Dairy Journal*, 55, 79–86.

De Vuyst, L., Zamfir, M., Mozzi, F., Adriany, T., Marshall, V. M., Degeest, B. i Vaningelgem, F. (2003). Exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus* strains as functional starter cultures in the production of fermented milks. *International Dairy Journal*, 13(8), 707-717.

Priyodip, P., Prakash, P. Y. i Balaji, S. (2017). Phytases of probiotic bacteria: characteristics and beneficial aspects. *Indian journal of microbiology*, 57, 148-154.

Waters, D. M., Mauch, A., Coffey, A., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2015). Lactic acid bacteria as a cell factory for the delivery of functional biomolecules and ingredients in cereal-based beverages: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4), 503-520.

Sanni, A. I., Onilude, A. A. i Adeleke, E. O. (1999). Preparation and characteristics of lactic acid fermented cowpea milk. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 208, 225-229.

Lai, L. R., Hsieh, S. C., Huang, H. Y. i Chou, C. C. (2013). Effect of lactic fermentation on the total phenolic, saponin and phytic acid contents as well as anti-colon cancer cell proliferation activity of soymilk. *Journal of bioscience and bioengineering*, 115(5), 552-556.

Rekha, C. R. i Vijayalakshmi, G. (2010). Bioconversion of isoflavone glycosides to aglycones, mineral bioavailability and vitamin B complex in fermented soymilk by probiotic bacteria and yeast. *Journal of applied microbiology*, 109(4), 1198-1208.

Gemede, H. F. i Ratta, N. (2014). Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. *International journal of nutrition and food sciences*, 3(4), 284-289.

Liener, I. E. (1974). Phytohemagglutinins. Their nutritional significance. *Journal of agricultural and food chemistry*, 22(1), 17-22.

Manzoor, M., Singh, D., Aseri, G. K., Sohal, J. S., Vij, S. i Sharma, D. (2021). Role of lacto-fermentation in reduction of antinutrients in plant-based foods. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 9(3), 7-16.

Lai, L. R., Hsieh, S. C., Huang, H. Y. i Chou, C. C. (2013). Effect of lactic fermentation on the total phenolic, saponin and phytic acid contents as well as anti-colon cancer cell proliferation activity of soymilk. *Journal of bioscience and bioengineering*, 115(5), 552-556.

Liang, Z., Sun, J., Yang, S., Wen, R., Liu, L., Du, P., ... i Zhang, G. (2022). Fermentation of mung bean milk by Lactococcus lactis: Focus on the physicochemical properties, antioxidant capacities and sensory evaluation. *Food Bioscience,* 48, 101798.

Harlé, O., Falentin, H., Niay, J., Valence, F., Courselaud, C., Chuat, V., ... i Thierry, A. (2020). Diversity of the metabolic profiles of a broad range of lactic acid bacteria in soy juice fermentation. *Food microbiology*, 89, 103410.

Xing, Q., Dekker, S., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., Smid, E. J. i Schutyser, M. A. (2020). Enhanced nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid-state fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102269.

De Pasquale, I., Pontonio, E., Gobbetti, M. i Rizzello, C. G. (2020). Nutritional and functional effects of the lactic acid bacteria fermentation on gelatinized legume flours. *International Journal of Food Microbiology*, 316, 108426.

Meinlschmidt, P., Ueberham, E., Lehmann, J., Schweiggert-Weisz, U. i Eisner, P. (2016). Immunoreactivity, sensory and physicochemical properties of fermented soy protein isolate. *Food chemistry*, 205, 229-238.

Singh, B. P. i Vij, S. (2018). α-Galactosidase activity and oligosaccharides reduction pattern of indigenous lactobacilli during fermentation of soy milk. *Food bioscience*, 22, 32-37.

Österlund, P., Ruotsalainen, T., Korpela, R., Saxelin, M., Ollus, A., Valta, P., ... i Joensuu, H. (2007). *Lactobacillus* supplementation for diarrhoea related to chemotherapy of colorectal cancer: a randomised study. *British Journal of cancer*, 97(8), 1028-1034.

Wasilewska, E., Złotkowska, D. i Pijagin, M. E. (2013). The role of intestinal microflora and probiotic bacteria in prophylactic and development of colorectal cancer. *Advances in Hygiene and Experimental Medicine*, 67, 837-847.

Mojka, K. (2014). Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki–charakterystyka i funkcje. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 95(3), 541-549.

Le, B., Ngoc, A. P. T. i Yang, S. H. (2020). Synbiotic fermented soymilk with *Weissella cibaria* FB069 and xylooligosaccharides prevents proliferation in human colon cancer cells. *Journal of Applied Microbiology*, 128(5), 1486-1496.

Levit, R., de Giori, G. S., de LeBlanc, A. D. M. i LeBlanc, J. G. (2017). Evaluation of the effect of soymilk fermented by a riboflavin-producing *Lactobacillus plantarum* strain in a murine model of colitis. *Beneficial Microbes*, 8(1), 65-72.

Wansutha, S., Yuenyaow, L., Jantama, K. i Jantama, S. S. (2018). Antioxidant activities of almond milk fermented with lactic acid bacteria. *TJPS*, 42(2018).

EFFECT OF LACTIC FERMENTATION ON SELECTED QUALITY PARAMETERS OF VEGURTS (PLANT-BASED YOGURT ALTERNATIVE)

Abstract: The market for plant-based dairy substitutes has been developing dynamically for several years. One of its most promising sectors with great potential for generating product and process innovations is producing vegurts (plant-based "yogurts"). Vegurts are made from raw materials with a high protein and/or fat content, mostly from soy, oats, coconuts, and almonds. *Codex Alimentarius* does not standarize these products. This fact gives producers great technological freedom and the ability to exclude lactic fermentation from the process, which is a critical stage in the production of yogurts. However, the plant matrix is a suitable medium for lactic acid bacteria, and their use brings many benefits, including a positive impact on the quality of vegurts. This work presents market prospects for the plant food industry, including fermented dairy substitutes, and the significant impact of lactic acid bacteria on selected sensory parameters and the content of antinutritional substances in vegurts.

Keywords: Veganism, fermentation, plant-based yogurts, lactic acid bacteria.

MARTA BOCHNIAK
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; Katedra Agroinżynierii i Analizy Jakości
e-mail: marta.bochniak@ue.wroc.pl ORCID: 0000-0003-0947-0861

MONIKA WEREŃSKA
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; Katedra Technologii Żywności i Żywienia
ORCID: 0000-0001-6174-9881

ZLATA KRALIK
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, V. Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia.
ORCID: : 0000-0001-9056-9564

WPŁYW OPAKOWAŃ AKTYWNYCH I INTELIGENTNYCH NA TRWAŁOŚĆ I JAKOŚĆ ŻYWNOŚCI FERMENTOWANEJ

Streszczenie: Celem pracy była analiza poziomu wiedzy respondentów na temat opakowań aktywnych i inteligentnych, a także ich percepcji dotyczącej wpływu tych opakowań na jakość i trwałość żywności fermentowanej oraz chęci zakupu tych produktów. Badania przeprowadzono wśród 198 dorosłych konsumentów. Jako metodę badawczą zastosowano autorski kwestionariusz ankietowy. Badanie wykonano pośrednią metodą ankietową CAWI (ang. *Computer-Assisted Web Interview*). Stwierdzono, że prawie 90% respondentów potrafi podać różnice pomiędzy opakowaniami tradycyjnymi, a innowacyjnymi, a ponad 60% z nich wskazać, czym różnią się opakowania aktywne od inteligentnych. Wykazano, że prawie taka sama liczba osób (około 40%), zna termin „opakowania aktywne oraz inteligentne", a reszta nie jest pewna, czy go zna. Respondenci wykazali się wysoką znajomością tematu funkcjonalności innowacyjnych opakowań przeznaczonych do przechowywania żywności fermentowanej. Około 60% z ankietowanych potrafi niniejsze funkcje i zastosowania prawidłowo określić. Jednak większość badanych nie miała wystarczającej wiedzy na temat opakowań aktywnych i inteligentnych, aby wskazać konkretne ich typy. Prawie ¾ osób wyraża chęć poszerzenia wiedzy na temat opakowań aktywnych i inteligentnych w produkcji żywności fermentowanej, a zdecydowana większość ankietowanych (80%), uważa że producenci żywności powinni stosować opakowania aktywne i inteligentne w celu poprawy trwałości i jakości żywności fermentowanej.

Słowa kluczowe: Opakowania aktywne, opakowania inteligentne, innowacyjność w opakowalnictwie, żywność fermentowana, przechowywanie żywności fermentowanej.

1. WSTĘP

Fermentowane produkty spożywcze otrzymywane są poprzez wprowadzenie do żywności mikroorganizmów (bakterii, drożdży lub grzybów), które rozwijają się w sposób kontrolowany i przeprowadzają fermentację. Działanie enzymów bakteryjnych powoduje zmianę składu i właściwości produktów, co wpływa na ich smak, jakość oraz wartość odżywczą (Vilela, 2019). W ostatnich latach żywność i napoje fermentowane zyskały na popularności, przede wszystkim z uwagi na ich korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Dieta bogata w fermentowane produkty spożywcze zmniejsza ryzyko wystąpienia m.in. cukrzycy typu 2., chorób serca oraz zespołu metabolicznego. Dieta taka stwarza również możliwość utrzymania lub uzyskania prawidłowej masy ciała (Marco i in., 2017). Mechanizmy wpływu produktów fermentowanych na zdrowie człowieka wynikają nie tylko z obecnych w nich probiotycznych bakterii, ale także bioaktywnych peptydów przeciwnadciśnieniowych, amin biogennych i krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, które powstają w procesie fermentacji (Guo, Chen i Chen, 2023; Szerszunowicz, 2014).

Zapewnienie jakości, bezpieczeństwa i trwałości żywności fermentowanej stanowi istotny problem dla jej producentów, dystrybutorów oraz konsumentów. W procesie fermentacji mogą rozwijać się nie tylko pożądane mikroorganizmy, ale także niebezpieczne drobnoustroje, takie jak bakterie chorobotwórcze, drożdże czy pleśnie. Dlatego istotne jest zapewnienie odpowiednich warunków fermentacji oraz przestrzeganie zasad higieny i bezpieczeństwa żywnościowego, z zastosowaniem odpowiednich metod przechowywania i transportu produktów fermentowanych, w celu minimalizacji ryzyka dla konsumentów (Szafrańska i Polak-Berecka, 2020).

Właściwy dobór materiału opakowaniowego może spowolnić tempo pogarszania się jakości żywności i wydłużyć jej okres przydatności do spożycia, zwłaszcza w przypadku produktów fermentowanych (Steinka i in., 2006). Podczas przechowywania żywności fermentowanej opary i gazy produkowane lub pobierane w procesach metabolicznych mogą wymagać bardziej złożonej bariery opakowaniowej niż w przypadku innych produktów. Dlatego ważne jest znalezienie odpowiedniej równowagi pomiędzy barierą tlenową, a przepuszczalnością ditlenku węgla (Lee, 2010). Rozwiązaniem mogą być opakowania aktywne i inteligentne, które posiadają dodatkowe właściwości, pomagające w utrzymaniu jakości żywności i dostarczaniu dodatkowych informacji o jej stanie, podczas gdy tradycyjne opakowania pełnią tylko funkcję ochronną (Restuccia i in., 2010). Różnica pomiędzy innowacyjnymi opakowaniami

polega na tym, że opakowania aktywne zawierają substancje wpływające na jakość produktu, podczas gdy opakowania inteligentne są wyposażone w specjalne sensory i wskaźniki, które informują o jego stanie (Dainelli, Gontard, Spyropoulos, 2008).

Spośród opakowań aktywnych wyróżnić można: opakowania z pochłaniaczami tlenu, opakowania z pochłaniaczami wilgoci, opakowania z zastosowaniem modyfikowanej atmosfery (MAP - *ang. Modified Atmosphere Packaging*), opakowania z dodatkiem naturalnych antyoksydantów, opakowania absorbujące/emitujące ditlenek węgla, opakowania absorbujące/emitujące zapachy, opakowania absorbujące etylen, opakowania zabezpieczające barwę produktu oraz opakowania zawierające środki antybakteryjne (Pereira de Abreu, Cruz, Paseiro Losada, 2012). Spośród opakowań inteligentnych występują: opakowania zawierające etykiety z kodami QR lub RFID do śledzenia lokalizacji produktu w łańcuchu dostaw. Opakowania czasowo-temperaturowe, z czujnikami temperatury, które informują o stanie produktu i warunkach jego przechowywania. Opakowania z etykietami ze zmienną informacją, które umożliwiają monitorowanie daty przydatności do spożycia i innych ważnych informacji o produkcie. Opakowania z sensorami gazów (ditlenku węgla i tlenu), które informują o warunkach przechowywania i nieszczelności opakowania. Opakowania z biosensorami dostarczające informacji o mikrobiologicznej jakości żywności i jej bezpieczeństwie (Puligundla, Jung i Ko, 2012). Istotne jest, aby aktywne systemy pakowania, uwalniające substancje do wnętrza opakowania, były zgodne z przepisami dotyczącymi dodatków do żywności (Rozporządzenie (WE) nr 1333/2008). Powyższy fakt stanowi solidne podstawy do upowszechniania stosowania innowacyjnych opakowań także w Polsce, podczas przechowywania produktów fermentowanych. Jednakże czynnikiem, spowalniającym w istotnym stopniu popularyzację ww. typu opakowań, jest stosunkowo wysoki koszt ich wdrożenia oraz nadal jeszcze znikoma świadomość i wiedza konsumentów odnośnie do stosowania omawianych opakowań w przechowywaniu żywności fermentowanej (Korzeniowski, Ankiel-Homa, Czaja-Jagielska, 2011).

Z tego powodu za cel badań przyjęto analizę poziomu wiedzy respondentów na temat opakowań aktywnych i inteligentnych, a także ich percepcji wpływu tych opakowań na jakość i trwałość żywności fermentowanej oraz chęci zakupu tych produktów przez ankietowanych.

2. Materiały i metody badawcze

W okresie od marca do kwietnia 2023 r. przeprowadzono badanie ankietowe, w którym udzieliło odpowiedzi 198 dorosłych osób obojga płci (w tym 104 kobiety oraz 94 mężczyzn). Dokonano podziału respondentów według kryterium płci. Pierwszą grupę stanowiły kobiety, drugą zaś mężczyźni.

Do przeprowadzenia badań zastosowano pośrednią metodą ankietową CAWI (*ang. Computer Assisted Web Interview*), w której udział był anonimowy i dobrowolny. Kwestionariusz został umieszczony w formularzu interetowym Google i wypełniony poprawnie przez wszystkich respondentów (zwrotność 100%).

W kwestionariuszu ankiety zawarto pytania zamknięte. Spośród pytań zamkniętych ujęto pytania dysjunktywne, gdzie możliwe było zaznaczenie tylko jednej odpowiedzi oraz pytania koniunktywne, gdzie do wyboru była więcej niż jedna odpowiedź. Respondenci mieli także możliwość wpisania własnych odpowiedzi (Apanowicz, 2002).

Pytania od 1 do 4 kwestionariusza ankiety dotyczyły danych społeczno-demograficznych ankietowanych takich jak: płeć, wiek, wykształcenie i województwo. Pytania od 5 do 30 były pytaniami dostarczającymi informacji nt. poziomu wiedzy respondentów o opakowaniach aktywnych i inteligentnych, oraz ich percepcji wpływu tych opakowań na jakość i trwałość żywności fermentowanej, a także zainteresowania ankietowanych zakupem produktów fermentowanych w ww. opakowaniach.

Na podstawie analizy literatury postawiono główną hipotezę badawczą brzmiącą: „zastosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych w przechowywaniu żywności fermentowanej ma istotny wpływ na jej trwałość, jakość i bezpieczeństwo, co przyczynia się do zwiększenia zainteresowania konsumentów tymi produktami".

W celu dokonania konfirmacji hipotezy głównej, sformułowano następujące hipotezy szczegółowe:

- Respondenci posiadają istotną wiedzę na temat różnic pomiędzy opakowaniami tradycyjnymi, aktywnymi i inteligentnymi.
- Wiedza ankietowanych na temat konkretnych typów opakowań aktywnych i inteligentnych wymaga uzupełnienia.
- Konsumenci wykazują istotną wiedzę i zainteresowanie funkcjonalnością opakowań innowacyjnych w opakowalnictwie produktów fermentowanych.

- Badani wykazują chęć poszerzania wiedzy w temacie opakowań aktywnych i inteligentnych w kontekście żywności fermentowanej.
- Respondenci są zdania, że producenci żywności powinni stosować opakowania aktywne i inteligentne w celu poprawy trwałości i jakości żywności fermentowanej.

2. Wyniki badań i ich omówienie

2.1. Dane socjodemograficzne respondentów

W badaniu udział wzięła zbliżona liczba kobiet i mężczyzn. Wśród ogółu respondentów, ponad 40% stanowiły osoby w wieku od 18. do 30. lat (częściej kobiety), lub od 31. do 50. lat (częściej kobiety), natomiast odsetek badanych w wieku powyżej 50 lat był najniższy i wynosił niewiele ponad 15% (częściej mężczyźni) (Tabela 1).

Biorąc pod uwagę wykształcenie respondentów, prawie ¾ z nich posiadało wykształcenie wyższe (częściej kobiety), prawie co czwarta osoba wykształcenie średnie (jednakowo wśród kobiet i mężczyzn), natomiast wykształcenie podstawowe, zawodowe/techniczne oraz policealne, posiadał niewielki odsetek ankietowanych (Tabela 1).

Analizując zamieszkiwane województwo, ponad 80% respondentów zadeklarowało zamieszkanie w województwie dolnośląskim, natomiast znikomy odsetek (1-4%), pozostałe województwa w Polsce (Tabela 1).

Tabela 1. Dane społeczno-demograficzne ankietowanych, w zależności od płci (N=198).

Odpowiedzi	kobiety (n=104)		mężczyźni (n=94)		Ogółem (N=198)	
	n	%	n	%	n	%
Wiek						
– 18-30 lat	50	25,3	36	18,2	86	43,4
– 31-50 lat	44	22,2	38	19,2	82	41,4
– powyżej 50. lat	10	5,0	20	10,1	30	15,2
Wykształcenie						
– podstawowe	0	0,0	4	2,0	4	2,0
– zawodowe/techniczne	0	0,0	2	1,0	2	1,0
– średnie	22	11,1	22	11,1	44	22,2

– policealne	2	1,0	2	1,0	4	2,0
– wyższe	80	40,4	64	32,3	144	72,7
Województwo						
– dolnośląskie	84	42,4	76	38,4	160	80,8
– kujawsko-pomorskie	0	0,0	2	1,0	2	1,0
– lubelskie	2	1,0	6	3,0	8	4,0
– łódzkie	2	1,0	0	0,0	2	1,0
– małopolskie	0	0,0	2	1,0	2	1,0
– mazowieckie	6	3,0	2	1,0	8	4,0
– opolskie	2	1,0	0	0,0	2	1,0
– śląskie	4	2,0	0	0,0	4	2,0
– wielkopolskie	2	1,0	4	2,0	6	3,0
– zachodniopomorskie	2	1,0	2	1,0	4	2,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

2.2. Stan wiedzy respondentów dotyczący opakowań aktywnych oraz ich percepcja wpływu tego systemu opakowalnictwa na jakość i trwałość żywności fermentowanej

Prawie 90% badanych (częściej kobiety) udzieliło poprawnej odpowiedzi na pytanie zadane z wiedzy dotyczącej różnic pomiędzy opakowaniami tradycyjnymi, a opakowaniami aktywnymi i inteligentnymi. Tylko ponad 40% osób (częściej kobiety), spotkało się z terminem „opakowania aktywne", co trzeci ankietowany go nie zna (porównywalna liczba kobiet i mężczyzn), a co czwarty (częściej mężczyźni), nie jest pewien/na, czy go zna (Tabela 2). Podobnie Popowicz i Lesiów (2014), otrzymali odpowiedź twierdzącą od 39% respondentów, natomiast przeczącą od 61% badanych w badaniu, w którym zadano respondentom pytanie „Czy kiedykolwiek spotkałaś/łeś się z opakowaniami aktywnymi?".

Ze względu na wysoki odsetek poprawnych odpowiedzi na ww. pierwsze pytanie, a także ilość odpowiedzi porównywalną z literaturą, na wspomniane pytanie drugie, sprawdzono jakie opakowania aktywne znają ankietowani w badaniach własnych. Najwięcej, bo ponad 60% osób (częściej mężczyźni), zadeklarowało znajomość opakowań z pochłaniaczami wilgoci. Co trzeci respondent (częściej kobiety), zna opakowania z pochłaniaczami tlenu oraz opakowania absorbujące/emitujące zapachy. Co czwarty badany (częściej kobiety) wykazał znajomość opakowań zawierających środki antybakteryjne.

Jednakże co piąty respondenet nie zna żadnych konkretnych typów opakowań aktywnych (Tabela 2).

Wśród ogółu ankietowanych ponad 60% (częściej kobiety), odpowiedziało poprawnie na pytanie dotyczące wiedzy odnośnie korzyści jakie przynosi zastosowanie opakowań aktywnych w przechowywaniu żywności fermentowanej. Ważny jest fakt, że ponad 60% respondentów (częściej kobiety), wskazało poprawnie odpowiedzi dotyczące tego jak wyglądają i jaką pełnią funkcję opakowania z pochłaniaczami tlenu w przechowywania żywności fermentowanej. Opakowania z pochłaniaczami tlenu są w stanie zredukować resztkowy tlen w środowisku pakowania żywności do mniej niż 0,01%. Mają one zastosowanie w przechowaniu produktów fermentowanych takich jak sery lub mięsa (Realini i Marcos, 2014).

Prawie co drugi badany zaznaczył poprawną odpowiedź: „ochrona przed utlenianiem", jako główne zastosowanie opakowań aktywnych pochłaniających/emitujących ditlenek węgla przy przechowywaniu żywności fermentowanej (Tabela 2). Wg Kanehashi i in. (2010) poziomy ditlenku węgla należy również kontrolować podczas przechowywania niektórych serów, np. ser Emmentaler, aby uniknąć utleniania i niepożądanego nadmuchania lub zapadnięcia się opakowania.

Tabela 2. Stan wiedzy ankietowanych na temat opakowań aktywnych oraz ich percepcja wpływu tego systemu opakowalnictwa na jakość i trwałość żywności fermentowanej, w zależności od płci (N=198).

Odpowiedzi	kobiety		mężczyźni		Ogółem (N=198)	
	n	%	n	%	n	%
Jaka jest, według Pana/i, główna różnica między opakowaniami tradycyjnymi, a opakowaniami aktywnymi i inteligentnymi?						
– opakowania aktywne i inteligentne są tańsze niż tradycyjne opakowania, co pozwala na obniżenie kosztów produkcji i sprzedaży żywności	2	1,0	4	2,0	6	3,0
– opakowania aktywne i inteligentne mają gorszą jakość w porównaniu do tradycyjnych opakowań, ale są bardziej ekologiczne	4	2,0	0	0,0	4	2,0
– różnica między opakowaniami jest tylko w nazwie, a każde z nich spełnia taką samą funkcję ochronną przy przechowywaniu żywności	6	3,0	6	3,0	12	6,1

– opakowania aktywne i inteligentne posiadają dodatkowe właściwości, które pomagają w utrzymaniu jakości żywności i dostarczaniu dodatkowych informacji o jej stanie, podczas gdy tradycyjne opakowania pełnią tylko funkcję ochronną	92	46,5	84	42,4	176	88,9
Czy słyszał/a Pan/i o opakowaniach aktywnych stosowanych przy przechowywaniu żywności?						
– tak	50	25,3	30	15,2	80	40,4
– nie	32	16,2	34	17,2	66	33,3
– nie jestem pewien/a	22	11,1	30	15,2	52	26,3
Jakie zna Pan/i opakowania aktywne?						
– opakowania z pochłaniaczami tlenu	38	19,2	26	13,1	64	32,3
– opakowania z pochłaniaczami wilgoci	58	29,3	62	31,3	120	60,6
– opakowania MAP	10	5,0	22	11,1	32	16,2
– opakowania z dodatkiem naturalnych antyoksydantów	8	4,0	12	6,1	20	10,1
– opakowania absorbujące/emitujące ditlenek węgla	24	12,1	4	2,0	28	14,1
– opakowania absorbujące/emitujące zapachy	48	24,2	24	12,1	72	36,4
– opakowania absorbujące etylen	8	4,0	10	5,0	18	9,1
– opakowania zabezpieczające barwę produktu	14	7,1	10	5,0	24	12,1
– opakowania zawierające środki antybakteryjne	30	15,2	22	11,1	52	26,3
– nie znam	30	15,2	18	9,1	48	24,2
– inne	2	1,0	2	1,0	4	2,0
Jakie korzyści, według Pana/i, przynosi zastosowanie opakowań aktywnych w przechowywaniu żywności fermentowanej						
– zwiększa przydatność do spożycia produktu	24	12,1	20	10,1	44	22,2
– poprawia jakość produktu	8	4,0	2	1,0	10	5,0
– umożliwia transport produktów na dalsze odległości	6	3,0	12	6,1	18	9,1
– wszystkie powyższe	66	33,3	60	30,3	126	63,6
Jak wyglądają i jaką pełnią funkcję, według Pana/i, opakowania z pochłaniaczami tlenu w przechowywania żywności fermentowanej?						
– są to opakowania wykonane z folii aluminiowej, które zapobiegają dostępowi powietrza	16	8,1	10	5,0	26	13,1
– są to opakowania, w których znajdują się saszetki/etykiety/folie, pochłaniające tlen	70	35,3	60	30,3	130	65,7
– są to opakowania mające antybakteryjne właściwości	8	4,0	8	4,0	16	8,1
– są to opakowania, które pozwalają na "oddychanie" produktu	10	5,0	16	8,1	26	13,1

Jakie jest, według Pana/i, główne zastosowanie opakowań aktywnych pochłaniających/emitujących ditlenek węgla przy przechowywaniu żywności fermentowanej?						
– przyspieszenie fermentacji	6	3,0	4	8,0	10	5,0
– kontrola pH	22	11,1	22	11,1	44	22,2
– zabezpieczenie przed drobnoustrojami	26	13,1	28	14,1	54	27,3
– ochrona przed utlenianiem	50	25,3	40	20,2	90	45,5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

2.3. Stan wiedzy respondentów dotyczący opakowań inteligentnych oraz ich percepcja wpływu tego systemu opakowalnictwa na jakość i trwałość żywności fermentowanej

Odpowiedzi respondentów, zarówno dotyczące znajomości terminu „opakowania inteligentne", jak i niepewności, co do wiedzy na ten temat, były zbliżone i wynosiły prawie 40%. Jednakże badani wykazali się dużą wiedzą dotyczącą różnic między opakowaniami aktywnymi i inteligentnymi, ponieważ prawie ponad 60% z nich wskazało poprawną odpowiedź. Z badań ankietowych przperowdzonych przez Cichonia i Lesiowa (2012), wynikało, że stan wiedzy o opakowaniach inteligentnych w Polsce jest niewielki, ponieważ aż 88% respondentów nie wiedziało, że takie opakowania są dostępne na rynku. Aktualne badania wskazują na nieznaczną poprawę wiedzy ankietowanych w tym temacie, ponieważ w pytaniu wielokrotnego wyboru dotyczącym znajomości konkretnych typów opakowań inteligentnych, co drugi respondent odpowiedział „nie znam". Co czwarty badany wskazał znajomość opakowań zawierających etykiety z kodami QR lub RFID oraz opakowania czasowo-temperaturowe (Tabela 3).

Podobnie, jak w przypadku opakowań aktywnych, znajomość funkcji opakowań inteligentnych przez ankietowanych jest obiecująca. Prawie 70% osób (po równo kobiet i mężczyzn), wskazało poprawnie: „zwiększenie zawartości sztucznych konserwantów", jako opcję, która nie jest jednym z potencjalnych zastosowań opakowań inteligentnych w przechowywaniu żywności fermentowanej.

Warto również zaznaczyć, że prawie 90% respondentów (częściej kobiety) odpowiedziało poprawnie, że wszystkie z wymienionych cechy (kolor, smak i konsystencja) produktów fermentowanych mogą być kontrolowane dzięki zastosowaniu opakowań inteligentnych (Tabela 3).

Producenci fermentowanych produktów mlecznych, takich jak jogurty, napotykają trudności w utrzymaniu żywotności bakterii przez cały okres

przydatności do spożycia produktów. Dzięki monitorowaniu pH, temperatury przechowywania i poziomu tlenu w opakowaniu, można wydłużyć przydatność do spożycia ww. produktów (Miller i in. 2002).

Tabela 3. Stan wiedzy ankietowanych na temat opakowań inteligentnych oraz ich percepcja wpływu tego systemu opakowalnictwa na jakość i trwałość żywności fermentowanej, w zależności od płci (N=198).

Odpowiedzi	kobiety		mężczyźni		Ogółem (N=198)	
	n	%	n	%	n	%
Czy słyszał/a Pan/i o opakowaniach inteligentnych stosowanych przy przechowywaniu żywności?						
– tak	34	17,2	38	19,2	72	36,4
– nie	32	16,2	20	10,1	52	26,3
– nie jestem pewien/a	38	19,2	36	18,2	74	37,4
Jakie są, według Pana/i, różnice pomiędzy opakowaniami aktywnymi i opakowaniami inteligentnymi?						
– opakowania aktywne zawierają substancje wpływające na jakość produktu, podczas gdy opakowania inteligentne są wyposażone w specjalne sensory i wskaźniki, które informują o stanie produktu	70	35,3	56	28,3	126	63,6
– opakowania inteligentne są zwykle jednorazowe, podczas gdy opakowania aktywne mogą być wielokrotnego użytku	10	5,0	4	2,0	14	7,1
– opakowania aktywne są przeznaczone do produktów świeżych, a inteligentne do produktów długoterminowego przechowywania	12	6,1	30	15,2	42	21,2
– opakowania aktywne i inteligentne są synonimami i oznaczają to samo	12	6,1	4	2,0	16	8,1
Jakie zna Pan/i opakowania inteligentne?						
– opakowania zawierające etykiety z kodami QR lub RFID	28	14,1	26	13,1	54	27,3
– opakowania czasowo-temperaturowe	26	13,1	22	11,1	48	24,2
– opakowania z etykietami ze zmienną informacją	20	10,1	24	12,1	44	22,2
– opakowania z sensorami gazów	26	13,1	10	5,0	36	18,2
– opakowania z biosensorami	20	10,1	4	2,0	24	12,1
– nie znam	56	28,3	42	21,2	98	49,5
– inne	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Która z poniższych opcji nie jest jednym z potencjalnych zastosowań opakowań inteligentnych w przechowywaniu żywności fermentowanej?						
– monitorowanie zawartości tlenu	10	5,0	16	8,1	26	13,1
– kontrola temperatury	12	6,1	6	3,0	18	9,1

– pomiar pH	16	8,1	6	3,0	22	11,1
– zwiększenie zawartości sztucznych konserwantów	66	33,3	66	33,3	132	66,7
Które z cech produktów fermentowanych mogą być, wg Pana/i, kontrolowane dzięki zastosowaniu opakowań inteligentnych?						
– kolor	2	1,0	12	6,1	14	7,1
– smak	6	3,0	2	1,0	8	4,0
– konsystencja	6	3,0	2	1,0	8	4,0
– wszystkie powyższe	90	45,5	78	39,4	168	84,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

2.4. Zainteresowanie respondentów zakupem żywności fermentowanej w opakowaniach aktywnych i inteligentnych

Ankietowani na pytanie „czy kupują produkty fermentowane, które są pakowane w opakowania aktywne i inteligentne?" (Tabela 4) w podobnym odsetku odpowiedzieli „nie" oraz „czasami" (w obu przypadkach częściej kobiety).

Prawie połowa osób odpowiedziała, że nie wie, czy jest skłonna zapłacić więcej za żywność fermentowaną pakowaną w opakowania innowacyjne. Co trzeci ankietowany odpowiedział twierdząco na powyższe pytanie (większość kobiet). Popowicz i Lesiów (2014), w swoim opracowaniu na pytanie o wolę zakupu produktów żywnościowych pakowanych w opakowania aktywne, otrzymali 90% odpowiedzi o chęci zakupów. Wolę zapłacenia wyższej ceny za funkcjonalne opakowania aktywne wyraziło ogółem 62% badanej przez Popowicza i Lesiowa (2014) populacji.

Zdecydowana większość osób, bo prawie 80% (większość kobiet) uważa, że producenci żywności powinni stosować opakowania aktywne i inteligentne w celu poprawy trwałości i jakości żywności fermentowanej. Podobnie, jak w badaniach Popowicz i Lesiowa (2014), aż 84% ankietowanych wyraziło potrzebę upowszechnienia obrotu żywnością w opakowaniach aktywnych na krajowym rynku detalicznym.

Prawie ¾ respondentów wyraża chęć poszerzenia wiedzy na temat opakowań aktywnych i inteligentnych w produkcji żywności fermentowanej (Tabela 4).

Tabela 4. Zainteresowanie respondentów zakupem żywności fermentowanej w opakowaniach aktywnych i inteligentnych, w zależności od płci (N=198).

Odpowiedzi	kobiety		mężczyźni		Ogółem (N=198)	
	n	%	n	%	n	%
Czy kupuje Pan/i produkty fermentowane, które są pakowane w opakowania aktywne i inteligentne?						
– tak	14	7,1	18	9,1	32	16,2
– nie	56	28,3	32	16,2	88	44,4
– czasami	34	17,2	44	22,2	78	39,4
Czy jest Pan/i skłonny/a zapłacić więcej za żywność fermentowaną pakowaną w opakowania aktywne i inteligentne?						
– tak	48	24,2	22	11,1	70	35,3
– nie	16	8,1	18	9,1	34	17,2
– nie wiem	40	20,2	54	27,3	94	47,5
Czy uważa Pan/i, że producenci żywności powinni stosować opakowania aktywne i inteligentne w celu poprawy trwałości i jakości żywności fermentowanej?						
– tak	90	45,5	68	34,3	158	79,8
– nie	0	0,0	8	4,0	8	4,0
– nie wiem	14	7,1	18	9,1	32	16,2
Czy chciałby/ałaby dowiedzieć się więcej na temat opakowań aktywnych i inteligentnych w produkcji żywności fermentowanej?						
– tak	76	38,4	66	33,3	142	71,7
– nie	6	3,0	14	7,1	20	10,1
– nie wiem	22	11,1	14	7,1	36	18,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

3. Zakończenie

Najważniejsze wnioski, będące konfirmacją podstawionych hipotez, są następujące:

Respondenci wykazali się wiedzą na temat różnic pomiędzy opakowaniami tradycyjnymi a innowacyjnymi. Prawie 90% z nich potrafi podać różnice pomiędzy tymi opakowaniami, a ponad 60% z nich potrafi wskazać, czym różnią się opakowania aktywne od inteligentnych, przy przechowywaniu żywności fermentowanej.

Istnieje potrzeba propagowania innowacyjnego systemu opakowalnictwa, ponieważ odpowiedzi ankietowanych dotyczące terminu „opakowania aktywne oraz inteligentne", były zbliżone i wynosiły prawie 40% zarówno dla

znajomości tych terminów, jak i niepewności, co do wiedzy konsumentów na ten temat. Badani nie wykazali się wystarczającą wiedzą na temat innowacyjnych opakowań, aby wskazać ich konkretne typy.

Respondenci wykazali się znaczącą wiedzą na temat funkcjonalności innowacyjnych opakowań podczas przechowywaniu żywności fermentowanej. Około 60% z nich i więcej potrafiło je prawidłowo wskazać.

Istnieje potrzeba zwiększenia świadomości konsumentów na temat opakowań aktywnych i inteligentnych w kontekście żywności fermentowanej. Prawie ¾ ankietowanych wyraża chęć poszerzenia wiedzy na ww. temat.

Zdecydowana większość respondentów, bo prawie 80%, uważa że producenci żywności powinni stosować opakowania aktywne i inteligentne w celu poprawy trwałości i jakości żywności fermentowanej.

LITERATURA

Apanowicz J. (red.) (2002). *Metodologia Ogólna*, Gdynia: Wydawnictwo Diecezji IV Pelpińskiej „BERNARDINUM".

Cichoń, M. i Lesiów, T. Innowacyjne opakowania inteligentne w przemyśle spożywczym, [w:] J. Żuchowski, R. Zieliński, (red.) (2012). *Rola innowacyjności w kształtowaniu jakości*, Radom: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji+PIB.

Dainelli D., Gontard N., Spyropoulos D. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, *19*, 103-112

Guo, Q., Chen, P. i Chen, X. (2023). Bioactive peptides derived from fermented foods: Preparation and biological activities. *Journal of Functional Foods*, *101*, 105422.

Kanehashi, S., Kusakabe, A., Sato, S. i Nagai, K. (2010). Analysis of permeability; solubility and diffusivity of carbon dioxide; oxygen; and nitrogen in crystalline and liquid crystalline polymers. *Journal of Membrane Science*, *365*(1-2), 40-51.

Korzeniowski A., Ankiel-Homa M., Czaja-Jagielska N. (red.) (2011). *Innowacje w opakowalnictwie*, Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.

Lee, K. (2010). Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, *86* (1), 138-150.

Marco, M., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligne, B., Ganzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J. i Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, *44*, 94-102.

Miller, C. W., Nguyen, M. H., Rooney, M. i Kailasapathy, K. (2002). The influence of packaging materials on the dissolved oxygen content of probiotic yoghurt. *Packaging Technology and Science*, *15*(3), 133-138.

Pereira de Abreu D.A., Cruz J.M., Paseiro Losada P. (2012). Active and Intelligent Packaging for the Food Industry. *Food Reviews International*, *28*(2), 146-187.

Popowicz, R. i Lesiów, T. (2014). Innowacyjne opakowania aktywne w przemyśle żywnościowym. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, *2* (13), 34-48.

Puligundla P., Jung J., Ko S. (2012). Carbon dioxide sensors for intelligent food packaging applications. *Food Control*, *25*, 328-333.

Realini, C. E. i Marcos, B. (2014). Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, *98* (3), 404-41

Restuccia D., Spizzirri U., Parisi O., Cirillo G., Curcio M., Iemma F., Puoci F., Vinci G., Picci N. (2010). New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control, 21*, 1425-1435.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności (Tekst mający znaczenie dla EOG).

Steinka, I., Morawska, M., Rutkowska, M. i Kukułowicz, A. (2006). The influence of biological factors on properties of some traditional and new polymers used for fermented food packaging. *Journal of Food Engineering*, *77*, 771-775.

Szafrańska, J. O. i Polak-Berecka, M. (2020). Plantarycyny-biosynteza, mechanizm działania i potencjał w zapewnianiu bezpieczeństwa żywności. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, *27*(2).

Szerszunowicz, I. (2014). Wpływ peptydów bioaktywnych uwalnianych z białek mleka krowiego na układ krwionośny. *Innowacyjne Mleczarstwo*, *2* (1), 4-12.

Vilela, A. (2019). The importance of yeasts on fermentation quality and human health-promoting compounds. *Fermentation*, *5,* (2), 46-58.

IMPACT OF ACTIVE AND INTELLIGENT PACKAGING ON THE SHELF LIFE AND QUALITY OF FERMENTED FOOD

Abstract: The aim of the study was to analyze the respondents' level of knowledge about active and intelligent packaging, as well as their perception of the impact of these packaging on the quality and durability of fermented food, and the respondents' willingness to purchase these products. The research was conducted among 198 adult consumers. The author's questionnaire was used as the research method. The study was conducted using the indirect CAWI (Computer-Assisted Web Interview) survey method. The most important conclusions resulting from the article are the fact that almost 90% of respondents can indicate the differences between traditional and innovative packaging, and more than 60% of them indicate the difference between active and intelligent packaging. Research has shown that almost the same number of people (about 40%) know the definition "active and intelligent packaging", which is not sure if they know it. Respondents demonstrated high knowledge of the functionality of innovative packaging for fermented food. About 60% of the respondents can correctly indicate these functions and applications. However, most of the respondents did not have sufficient knowledge about active and intelligent packaging to indicate their specific types. Almost ¾ of people are willing to broaden their knowledge about active and intelligent packaging in the production of fermented food. The vast majority of respondents, almost 80%, believe that food producers should use active and intelligent packaging to improve the durability and quality of fermented food.

Keywords: Active packaging, intelligent packaging, innovation in packaging, fermented food, storage of fermented foods.

IZABELA DMYTRÓW
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Katedra Toksykologii,
Technologii Mleczarskiej i Przechowalnictwa Żywności
e-mail: izabela.dmytrow@zut.edu.pl
ORCID: 0000-0002-2478-8504

ŁUKASZ ŁOPUSIEWICZ
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych,
e-mail: lukasz.lopusiewicz@zut.edu.pl
ORCID: 0000-0001-9499-8366

ELŻBIETA BOGUSŁAWSKA-WĄS
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Katedra Mikrobiologii Stosowanej i Fizjologii Żywienia Człowieka
e-mail: elzbieta.boguslawska-was@zut.edu.pl
ORCID: 0000-0002-8526-9273

WPŁYW SKŁADU ILOŚCIOWEGO KULTURY STARTEROWEJ I RODZAJU MLEKA NA PRZEBIEG UKWASZANIA I KOAGULACJI MLEKA W CZASIE RZECZYWISTYM

Streszczenie: Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu ilościowego składu kultury jogurtowej na przebieg procesu ukwaszania i koagulacji mleka w czasie rzeczywistym. Materiałem badawczym były 3 rodzaje mleka pasteryzowanego (mikrofiltrowane, ekologiczne i bezlaktozowe) pochodzące od jednego producenta. Rejestracji przebiegu ukwaszania i koagulacji próbek mleka, po zaszczepieniu szczepionką jogurtową, dokonano w aparacie Turbiscan LAB Expert a następnie wyliczono współczynniki i TSI. Jednocześnie prowadzono ukwaszanie mleka na jogurt metodą termostatową. Wykorzystano 4 szczepionki o różnych proporcjach szczepów *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, tj. 1:9, 6:4, 4:6 i 9:1. W mleku pasteryzowanym oznaczono gęstość, kwasowość, zawartość białka, tłuszczu i laktozy. Natomiast w celu potwierdzenia jakościowego i ilościowego

składu mikroflory obecnej w zakwasach poddano je analizie mikrobiologicznej obejmującej swoim zakresem oznaczenie liczby bakterii fermentacji mlekowej. Przeprowadzone badania potwierdziły, że spośród trzech rodzajów analizowanego mleka proces koagulacji trwał najdłużej w mleku pozbawionym laktozy natomiast dla mleka ekologicznego i mikrofiltrowanego był zbliżony. Najmniejszą stabilnością charakteryzowały się skrzepy uzyskane po zaszczepieniu mleka kulturą zawierającą w swoim składzie szczepy *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. thermophilus* ssp. *salivarius* w proporcji 9:1 a największą w stosunku 1:9. Z mleka ekologicznego po ukwaszeniu otrzymywano skrzep o największej stabilności natomiast najmniejszą stabilnością charakteryzowała się próba ukwaszonego mleka mikrofiltrowanego.

Słowa kluczowe: Jogurt, ukwaszanie, dyspersja koagulacja, fermentowane produkty mleczarskie.

1. Wstęp

Jogurt zyskał miano jednego z najczęściej spożywanych przetworów mleczarskich na świecie, w związku z czym w ostatniej dekadzie wiele badań koncentrowało się na poprawie jego jakości (Akdeniz i Akalin, 2023, Le Roy i in. 2022, Gao i in. 2018). Produkt ten uważany jest za doskonałe źródło składników odżywczych i prozdrowotnych (Wang i in. 2023, Mańkiewicz-Żurawska i in. 2023, Alirezalu i in. 2019). Zawiera łatwo przyswajalne witaminy i składniki mineralne, bioaktywne peptydy, lipidy, laktozę oraz żywe mikroorganizmy (Gómez-Gallego, Gueimonde i Salminen i in. 2018). Proces produkcji jogurtu różni się nieznacznie w zależności od kraju, ale zawsze opiera się na fermentacji mlekowej, która powoduje żelowanie mleka w wyniku destabilizacji układu białkowego (Aktar, 2022, Vianna i in. 2017). Wprowadzone do mleka przerobowego bakterie starterowe przekształcają laktozę w kwas mlekowy obniżając pH i powodując koagulację mleka (Guo i in. 2018). Destabilizacja kazeiny zaczyna się przy pH 5,3-5,2, a jej koagulacja występuje po osiągnięciu pH 4,7-4,6 (Sert i in. 2017).

Odpowiedni dobór szczepów starterowych do produkcji napojów fermentowanych odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu charakterystycznych cech produktu gotowego tj. aromat, smak czy tekstura. Obecność żywych kultur bakterii w mleku fermentowanym decyduje także o walorach terapeutycznych, profilaktycznych i dietetycznych (Osman i in. 2019, Kycia i Krysiński, 2014). W starterach przeznaczonych do produkcji jogurtu występują szczepy bakterii kwasu mlekowego (LAB) tj. *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus.* Jak twierdzą Das,

Choudhary i Thompson-Witrick (2019) połączenie tych szczepów powoduje, że ich wzrost i działanie ukierunkowane na fermentację jest szybsze. Po inokulacji szczep *S. salivarius* ssp. *thermophilus* namnaża się szybciej i powoduje obniżenie pH mleka do poziomu akceptowalnego przez *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus,* jednakże nie jest zdolny do hydrolizy kazeiny. W momencie aktywacji *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* dochodzi do wytworzenia przez ten szczep proteinazy potrzebnej do rozkładu białek występujących w mleku. Ostatecznie *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* wytwarza więcej kwasu mlekowego w przeciwieństwie do *S. salivarius* ssp. *thermophilus,* który przystosowując się do zmiany środowiska zmniejsza populację. Najczęściej *S. salivarius* ssp. *thermophilus* i *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* występują w szczepionkach w stosunku 1:1 właśnie przez wzgląd na ich związek symbiotyczny (Aryana i Olson, 2017). Jednakże producenci kultur starterowych wykorzystywanych w praktyce przemysłowej oferują szczepionki jogurtowe zawierające te szczepy także w innych proporcjach.

W związku z powyższym, celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu procentowego składu kultury starterowej zawierającej szczepy *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* na przebieg procesu ukwaszania i koagulacji w czasie rzeczywistym w trzech rodzajach mleka pasteryzowanego tj. w mleku mikrofiltrowanym, ekologicznym i bezlaktozowym pochodzącym od tego samego producenta.

2. Cel pracy

Celem pracy była ocena wpływu procentowego składu kultury starterowej zawierającej szczepy *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* na przebieg procesu ukwaszania i koagulacji w czasie rzeczywistym w 3 rodzajach mleka pochodzącego od jednego producenta tj. w mleku pasteryzowanym i mikrofiltrowanym, w pasteryzowanym ekologicznym oraz w pasteryzowanym bezlaktozowym.

2.1. Materiały i metody

Przedmiotem badań był jogurt, otrzymany metodą termostatową, w warunkach laboratoryjnych. Surowiec do jego produkcji stanowiło pasteryzowane mleko mikrofiltrowane (1), ekologiczne (2) oraz bezlaktozowe (3) zakupione w handlu detalicznym i pochodzące od jednego producenta (Piątnica, Polska).

Do produkcji jogurtów doświadczalnych wykorzystano cztery skoncentrowane, liofilizowane kultury starterowe (DVI) firmy Sacco System (Włochy) tj. Y450B (szczepionka A), Y082D (szczepionka B), Y470E (szczepionka C), Y480F (szczepionka D) zawierające szczepy *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. salivarius* ssp. *thermophilus* w różnych proporcjach. Z każdego mleka otrzymano 4 warianty doświadczalne różniące się między sobą udziałem procentowym w/w szczepów (tab. 1). Badania wykonano w dwóch seriach a w każdej z nich wykorzystano łącznie 6000 cm^3 mleka przerobowego.

Tabela 1. Udział procentowy szczepów w kulturach jogurtowych i warianty prób doświadczalnych.

Starter	Udział szczepów (%)		Rodzaj mleka		
	L. delbrueckii ssp. *bulgaricus*	*S. thermophilus* ssp. *salivarius*	1	2	3
			kod próby		
A	10	90	1A	2A	3A
B	60	40	1B	2B	3B
C	40	60	1C	2C	3C
D	90	10	1D	2D	3D

* 1 - mleko mikrofiltrowane i pasteryzowane, 2 - mleko pasteryzowane ekologiczne, 3 - mleko pasteryzowane bezlaktozowe.
[a, b, c] – wartości w rzędach różniące się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$
Źródło: Opracowanie własne.

Analiza fizykochemiczna mleka przerobowego obejmowała oznaczenie kwasowości miareczkowej w °SH, kwasowości czynnej za pomocą pH-metru (IQ 150, Spectrum Technologies, Bridgend, UK), gęstości, zawartości białka metodą Kiejdahla (PN EN-ISO 8968-1:2004, ISO 2001), zawartości tłuszczu metodą Gerbera (PN-ISO 2446:2010) oraz zawartości laktozy metodą Bertranda (Krełowska-Kułas, 1993). Wszystkie analizy wykonano w 6 powtórzeniach. Zakwasy uzyskano, zgodnie ze specyfikacją, poprzez inkubację (42°C) odważonej kultury (0,6 g/1000 cm^3) w sterylizowanym, odtłuszczonym mleku (0,0%) przez 7 ± 1 h, określając koniec procesu fermentacji w oparciu o pomiar pH i krzywą fermentacji. Otrzymano 4 zakwasy (A, B, C, D), które przechowywano przez 12 h w temperaturze 5±1°C (Lesme i in., 2019). W celu potwierdzenia jakościowego i ilościowego składu mikroflory obecnej w zakwasach poddano je analizie mikrobiologicznej. Obejmowała ona oznaczenie liczby bakterii fermentacji mlekowej (LAB), tj. *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. W celu przygotowania próbek do badań postępowano zgodnie z PN-EN-ISO-6887-5:2010.

Oznaczenie liczby LAB wykonano zgodnie z PN-ISO 7889:2007 oraz Lejková i in. (2015). Pałeczki mlekowe izolowano na podłożu Man-Rogosa-Sharp (MRS) (Scharlau, Hiszpania) z 1,5% agarem i pH 5,4. Inkubację prowadzono w temp. 37°C przez 48h w anaerostacie z wykorzystaniem Anaerocult A (Merck). W przypadku oznaczenia liczby paciorkowców mlekowych wykorzystano podłoże agarowe M-17 (BTL, Polska). Inkubację prowadzono w warunkach tlenowych w temp. 30°C przez 72 h. Dla potwierdzenia charakterystyki wyrosłych kolonii z pięciu wybranych szczepów wykonano preparaty mikroskopowe. Uzyskane z posiewów ilościowych wyniki przeliczano i wyrażano jako jtk/g próby.

Przed przystąpieniem do wyrobu prób doświadczalnych mleko podzielono na 3 równe partie, podgrzano do temperatury 42˚C i zaszczepiono odpowiednim zakwasem w ilości 2,5 % (v/v). Otrzymane warianty prób doświadczalnych przedstawia tab. 1.

Proces koagulacji w czasie rzeczywistym monitorowany był przy użyciu urządzenia Turbiscan LAB Expert (Formulaction, L'Union, France) w temp. 42˚C. Próbki przeznaczone do analizy (20 cm^3 każda), bezpośrednio po dodaniu zakwasu, wlewano do szklanych bromo-krzemowych fiolek z nakrętką i umieszczano w komorze pomiarowej. Równocześnie inkubację prób, do uzyskania skrzepu (pH 4,5), prowadzono w temp. 42˚C w cieplarce laboratoryjnej. Turbiscan LAB Expert (Formulaction, L'Union, France) jest urządzeniem optycznym umożliwiającym charakterystykę rzeczywistego stanu dyspersji oraz długoterminową analizę zachodzących w niej procesów destabilizacji. Źródło światła stanowi dioda elektro-luminescencyjna emitująca światło w zakresie bliskiej podczerwieni (λ = 880 nm) a głowica optyczna skanuje próbkę dokonując pomiaru co 40 µm. Dwa niezależne detektory światła przechodzącego i odbitego, odbierają odpowiednio światło przenikające przez próbkę tj. transmisyjne (położenie detektora 180° od źródła światła) i światło wstecznie rozproszone (45° od źródła światła). Pomiar zapisywany jest w postaci wykresów. Otrzymane krzywe obrazują intensywność wstecznego rozproszenia (ang. *Back Scattering*, BS) lub intensywność transmisji (ang. *Transmittance*, T) w odniesieniu do wzorca (pierwszy skan) w funkcji wysokości fiolki z próbką. Analiza BS jest używana do próbek nieprzejrzystych, natomiast analiza T do próbek zarówno mętnych jak i przejrzystych (Zhu, Wu i Saito, 2016, Kang i in. 2012). Jako główny wyznacznik procesu żelowania przyjęto współczynnik ΔRW% określający średnią wartość światła monochromatycznego wstecznie odbitego. Światło to uznawane jest za funkcję średnicy cząstki i objętości fazy rozproszonej w dyspersji (Cenkier i Domian, 2012). Określono również

wartość wskaźnika TSI (ang. *Turbiscan Stability Index*) wyliczanego w oparciu o pomiar BS i T. Im większa liczba TSI tym próbka bardziej niestabilna (Yang i in. 2018).

$$TSI = \frac{\sum_h [scan_i(h) - scan_{i-1}(h)]}{H}$$

gdzie:
$scan_i\ (h)$ - średnie rozproszenie wsteczne dla każdego czasu (i) pomiaru,
$scan_{i-1}\ (h)$ - średnie rozproszenie wsteczne dla czasu pomiaru i-1,
h- wysokość próbki (Xu i in. 2016).

Wszystkie dane zostały wyrażone jako średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe. Istotność statystyczną określono za pomocą analizy wariancji (dwukierunkowa ANOVA), a następnie testu NIR Fishera. Wartości uznano za istotnie różne, gdy $p < 0,05$. Wszystkie analizy przeprowadzono przy użyciu programu Statistica w wersji 10 (StatSoft Polska, Kraków, Polska).

3. Wyniki i ich dyskusja

3.1. Surowiec

Wyniki analizy fizykochemicznej poszczególnych rodzajów mleka pasteryzowanego przedstawia tab. 2. Badane próby charakteryzowały się prawidłowymi wskaźnikami fizykochemicznymi. Analizowane rodzaje mleka różniły się istotnie pod względem kwasowości miareczkowej, gęstości i zawartości białka. Próby mleka mikrofiltrowanego i ekologicznego nie różniły się od siebie pod względem zawartości laktozy. Co oczywiste, mleko bezlaktozowe istotnie różniło się pod tym względem od pozostałych.

Uzyskane wyniki oznaczeń własnych znajdują potwierdzenie w badaniach innych autorów. Elmagli i El Zubier (2006) analizując cechy fizykochemiczne mleka pasteryzowanego stwierdzili, że zawartość tłuszczu i białka, w zależności od standaryzacji, mieściła się w przedziale, odpowiednio: 1 - 2,8 % oraz 2,13 - 3,6 %. Także według Bermúdez-Aguirre i in. (2009) zawartość białka w mleku pasteryzowanym wynosi średnio 3,55 %. Zbliżony wynik oznaczeń zawartości białka (3,35 %) otrzymali Rynne i in. (2004) podczas gdy Siemianowski i in. (2015), porównując wybrane cechy tekstury skrzepu kwasowego otrzymanego z mleka pasteryzowanego i mleka mikrofiltrowanego, pisali o zawartości białka w mleku pasteryzowanym na poziomie 3,76 % i 3,27 % dla mleka mikrofiltrowanego. Kwasowość czynna w/w rodzajów

mleka wynosiła 6,75 pH oraz 6,76 pH. Według Śmietany i in. (2007) kwasowość mleka pasteryzowanego oraz pasteryzowanego i mikrofiltrowanego nie różni się istotnie i osiąga wartości w zakresie 6 - 7,5 °SH oraz 6,7 - 6,8 pH. Fauziah, Malaka i Yuliati (2020) donoszą, że pH mleka pasteryzowanego wynosi 6,9 a kwasowość miareczkowa 0,12 % kwasu mlekowego. Natomiast gęstość, w zależności od zawartości tłuszczu, kształtuje się w zakresie od 1,028 do 1,035 g/cm^3 (Elrahman i in. 2013).

Tabela 2. Wyniki analizy fizykochemicznej poszczególnych rodzajów mleka.

Cecha	Rodzaj mleka*		
	1	2	3
Kwasowość miareczkowa [°SH]	6,13±0,23 ^{b}	6,80±0,00 ^{a}	5,33±0,23 ^{c}
Kwasowość czynna [pH]	6,68±0,01 ^{b}	6,69±0,01 ^{b}	6,76±0,01 ^{a}
Gęstość [g/cm^3]	1,029±0,00 ^{b}	1,031±0,00 ^{a}	1,026±0,00 ^{c}
Zawartość tłuszczu [%]	1,87±0,06 ^{a}	2,00±0,00 ^{a}	1,87±0,06 ^{a}
Zawartość białka [%]	2,35±0,10 ^{c}	3,39±0,11 ^{a}	2,89±0,11 ^{b}
Zawartość laktozy [%]	4,75 ± 0,01^{a}	4,8 ± 0,01^{a}	< 0,01 ^{b}

* 1 - mleko mikrofiltrowane i pasteryzowane, 2 - mleko pasteryzowane ekologiczne, 3 - mleko pasteryzowane bezlaktozowe.
$^{a, b, c}$ – wartości w rzędach różniące się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$
Źródło: Opracowanie własne.

3.2. Analiza mikrobiologiczna

Analiza mikrobiologiczna pozwoliła na oszacowanie różnic w liczebności komórek LAB (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus, Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) w poszczególnych zakwasach (tab. 3).

Tabela 3. Liczba bakterii fermentacji mlekowej (LAB) w zastosowanych zakwasach.

Zakwas*	Liczba LAB (jtk/g)	
	L. delbrueckii ssp. *bulgaricus*	*S. salivarius* ssp. *thermophilus*
A	$8,30 \cdot 10^6$	$7,57 \cdot 10^7$
B	$8,30 \cdot 10^8$	$5,60 \cdot 10^8$
C	$5,30 \cdot 10^7$	$7,80 \cdot 10^7$
D	$2,60 \cdot 10^7$	$2,46 \cdot 10^6$

*A - zakwas otrzymany poprzez uaktywnienie kultury starterowej Y450B, B - zakwas otrzymany poprzez uaktywnienie kultury starterowej Y082D, C - zakwas otrzymany poprzez uaktywnienie kultury starterowej Y470E, D - zakwas otrzymany poprzez uaktywnienie kultury starterowej Y480F.

3.3. Żelowanie w czasie rzeczywistym

Wyniki zarejestrowane w czasie koagulacji mleka w aparacie Turbiscan i wyrażone za pomocą współczynników ΔRW% i TSI przedstawia tab. 4. Na ich podstawie określono stabilność badanych próbek. Zaobserwowano zmiany natężenia światła monochromatycznego wstecznie rozproszonego (ΔRW%) przez zdyspergowane cząstki oraz zmianę współczynnika stabilności (TSI).

Tabela 4. Przebieg koagulacji mleka w urządzeniu Turbiscan LAB Expert.

Wariant	Czas koagulacji [min]	Wartość wskaźnika TSI	Wartość wskaźnika ΔRW%
1A	180 ± 1 ^{c,C}	17,7 ± 0,2 ^{d,I}	5,66 ± 0,22 ^{a,E}
1B	165 ± 5 ^{b,E}	15,6 ± 0,25 ^{c,E}	5,08 ± 0,18 ^{b,F}
1C	195 ± 3 ^{d,A}	14,4 ± 0,05 ^{b,D}	5,63 ± 0,1 ^{b,G}
1D	150 ± 2 ^{a,B}	7,2 ± 0,1 ^{a,A}	7,17 ± 0,2 ^{c,A}
2A	189 ± 2 ^{a,A}	10,7 ± 0,4 ^{c,G}	6,60 ± 0,16 ^{b,D}
2B	144 ± 1 ^{b,B}	8,6 ± 0,15 ^{b,C}	8,23 ± 0,23 ^{a,C}
2C	194 ± 2 ^{a,A}	7,8 ± 0,1 ^{a,b,A,B}	7,82 ± 0,02 ^{a,B,C}
2D	180 ± 1 ^{c,C}	7,5 ± 0,3 ^{a,A}	7,50 ± 0,15 ^{a,A,B}
3A	295 ± 3 ^{c,G}	15,0 ± 0,1 ^{d,D,E}	7,29 ± 0,07 ^{a,A}
3B	255 ± 1 ^{b,F}	8,3 ± 0,2 ^{a,B,C}	8,01 ± 0,14 ^{c,B,C}
3C	243 ± 2 ^{a,D}	9,8 ± 0,25 ^{b,F}	6,25 ± 0,2 ^{b,D}
3D	249 ± 3 ^{a,D}	13,0 ± 0,3 ^{c,H}	7,18 ± 0,11 ^{a,A}

* 1A - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y450B (A), 1B - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y082D (B), 1C - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y470E (C), 1D - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y480F (D), 2A - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y450B (A), 2B - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą starterową Y082D (B), 2C - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y470E (C), 2D - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y480F (D), 3A - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y450B (A), 3B - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą Y082D (B), 3C - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y470E (C), 3D - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y480F (D)

$^{a-d}$ – wartości w kolumnach w obrębie wariantu mleka różniące się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$

$^{A-H}$ – wartości w kolumnach pomiędzy wszystkimi próbkami różniące się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

Inkubacja do osiągnięcia pH 4,55, w zależności od wariantu próby, trwała od 144 do 295 min. Badane kultury jogurtowe w zróżnicowany sposób wpływały na czas i przebieg procesu żelowania mleka. Proces koagulacji trwał najdłużej w mleku pozbawionym laktozy (tab. 3). Bez względu na zastosowaną szczepionkę wyniósł on powyżej 240 min. (średnio 260,5 min.). Średni czas koagulacji dla mleka ekologicznego i mleka mikrofiltrowanego był zbliżony i wynosił, odpowiednio: 169,3 min. i 172,5 min.

Jednym z najważniejszych parametrów fizykochemicznych jogurtu jest kwasowość czynna, ponieważ proces fermentacji, z założenia, kończy się, gdy osiągnięte zostanie pH 4,4-4,6 (odpowiadające średniemu punktowi izoelektrycznemu kazeiny), przy którym to cząsteczki kazeiny ulegają destabilizacji (Lopes i in. 2019). Capcanari i in. (2021) podają, że kwasowość miareczkowa i pH jogurtu mają bezpośredni wpływ na rozwój i żywotność mikroorganizmów. Wzrost kwasowości skorelowany jest z intensywnością fermentacji mlekowej, a czas koagulacji mleka wynika bezpośrednio z aktywności szczepów zawartych w kulturze starterowej (Capcanari i in. 2021). Xu i in. (2022) twierdzą, że aby uzyskać produkt o zadowalających cechach fizykochemicznych oraz sensorycznych szczepy *S. salivarius* ssp. *thermophilus* i *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* muszą występować mniej więcej w równych proporcjach, rozwijając się poprzez protokooperację (wzajemnie stymulujący wpływ). LAB przekształcają laktozę w kwas mlekowy obniżając pH i powodując koagulację mleka (de Oliveira Neves i in. 2021, Guo i in., 2018). Rozkład laktozy przez LAB rozpoczyna się natychmiast po dodaniu kultury starterowej a minimalna kwasowość jogurtu przeznaczonego do sprzedaży powinna wynosić 0,6 % kwasu mlekowego (de Oliveira Neves i in. 2021). Oba szczepy mogą wykorzystywać laktozę i glukozę, ale nie galaktozę, zatem jedynym źródłem węgla w mleku bezlaktozowym jest glukoza (Yamamoto i in. 2020, Delgado-Fernández i in. 2019). Otrzymywanie mleka bezlaktozowego na skalę przemysłową opiera się głównie na wykorzystaniu wolnych enzymów (Schmidt i in. 2016), które mogą wykazywać aktywność proteolityczną skutkującą pojawieniem się gorzkiego posmaku w produkcie (Harju, Kallioinen i Tossavainen, 2012). Uważa się, że hydroliza laktozy w mleku, poprzedzająca proces produkcji, wpływa na przebieg fermentacji w jogurcie powodując krótszy (Skryplonek i in. 2017, Matijević i in. 2011, Nagaraj i in. 2009) lub dłuższy czas fermentacji (Kárnyáczki i Csanádi, 2017, Ibarra i in. 2012), a zmiany zachodzące podczas ukwaszania mleka zależne są od rodzaju i aktywności metabolicznej szczepu (Yamamoto i in. 2020). Campos, Garcia i da Silva (2018) badając jogurty greckie bez laktozy zauważyli, że pH badanych napojów w początkowym etapie fermentacji obniżyło się w niewielkim stopniu. Za przyczynę uznali niewystarczającą do przekształcenia w kwas mlekowy ilość laktozy. Z kolei da Costa i in. (2016) podają, że podczas fermentacji laktoza jest łatwo hydrolizowana do galaktozy i glukozy za pomocą aparatu enzymatycznego paciorkowców mlekowych w szlaku homofermentacyjnym, znanym również jako szlak Embdena-Meyerhoffa-Parnasa. Glukoza jest metabolizowana do pirogronianu, później ten staje się bezpośrednio akceptorem wodoru,

a na cząsteczkę glukozy powstają dwa mole mleczanu. Ten proces przedstawia skomplikowany metabolizm LAB w czasie koagulacji. Szczepy *S. salivarius* ssp. *thermophilus* i *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* wytwarzają enzymy odpowiedzialne za fermentację glukozy i laktozy i przypuszcza się, że oba cukry są metabolizowane jednocześnie. Wykazano jednak, że tempo wzrostu *L. bulgaricus* na glukozie jest wolniejsza niż na laktozie, co sugeruje, że laktoza jest preferowanym węglowodanem przez ten szczep (Chervaux, Ehrlich i Maguin, 2000). Potwierdzono również, że *L. bulgaricus* nie rośnie na galaktozie (Delgado-Fernández i in. 2019). Yamamoto i in. (2020) podają, że zarówno *S. thermophilus*, jak i *L. bulgaricus* jako źródło węgla preferują laktozę zamiast glukozy. Jeśli chodzi o galaktozę, bakteriom jogurtowym brakuje podstawowych enzymów zaangażowanych w metabolizm tego węglowodanu. Potwierdzeniem tych obserwacji mogą być wyniki badań własnych. Przypuszcza się, że to właśnie niewystarczająca ilość laktozy a w konsekwencji kwasu mlekowego wpłynęła na wydłużenie procesu koagulacji. Niska zawartość laktozy w mleku determinuje aktywność metaboliczną kultur starterowych i obserwowana jest niewystarczająca produkcja kwasu mlekowego (Vénica i in. 2018). Przypuszczenie to potwierdzają również wnioski z badań Cutrim i in. (2016) a także Moreira i in. (2017), którzy zaobserwowali zmienny czas koagulacji w zależności od koncentracji laktozy w mleku. Przyspieszenie procesu fermentacji stwierdzili w przypadku mleka zawierającego 1,5 g·100 cm^{-3} laktozy, podczas gdy opóźnienie w mleku zawierającym < 0,6 g·100 cm^{-3} laktozy.

Breza-Boruta, Ligocka i Bauza-Kaszewska (2022) donoszą, że liczba komórek LAB i ich aktywność biochemiczna są znacznie wyższe w organicznych produktach fermentowanych - jogurcie i kefirze - niż w ich konwencjonalnych odpowiednikach. Obserwację tę argumentują składem mleka organicznego, które wydaje się zapewniać korzystniejsze warunki dla wzrostu LAB. Mleko ekologiczne analizowane w badaniach własnych charakteryzowało się najwyższą zawartością białka spośród badanych wariantów (tab. 2) natomiast nie zaobserwowano różnicy w zawartości laktozy pomiędzy mlekiem mikrofiltrowanym a ekologicznym. Jednakże można mniemać, że różnice w stopniu ukwaszenia mleka mogły wynikać przede wszystkim ze zróżnicowanej zawartości wolnej glukozy i galaktozy w obu rodzajach mleka oraz zawartości białka. Donoszą o tym w swoich pracach m.in. Breza-Boruta i in. (2022) oraz Zagorska i Ciprovica (2008). Chociaż głównym źródłem węgla i energii dla LAB są w mleku cukry proste możliwe jest wykorzystywanie przez bakterie innych składników tj. białka serwatkowe, kazeina, peptydy oraz aminokwasy (Ayivi i Ibrahim, 2022, Hayek i in. 2019). Literatura tematu podaje, że

istnieje dodatnia korelacja pomiędzy ilością białka dostępnego dla LAB, a ich wzrostem (Atilola i in. 2015, Aasen i in. 2000). Co więcej Puvanenthiran, Williams i Augustin (2002) twierdzą, że zawartość białka w mleku jest głównym czynnikiem determinującym długość fermentacji.

Stabilność fizyczna próbek została określona za pomocą wskaźnika TSI. Jego średnie wartości dla poszczególnych rodzajów mleka przerobowego i kultur starterowych zamieszczono w tab. 5.

Tabela 5. Wartości średnie wskaźnika TSI dla mleka oraz poszczególnych kultur starterowych.

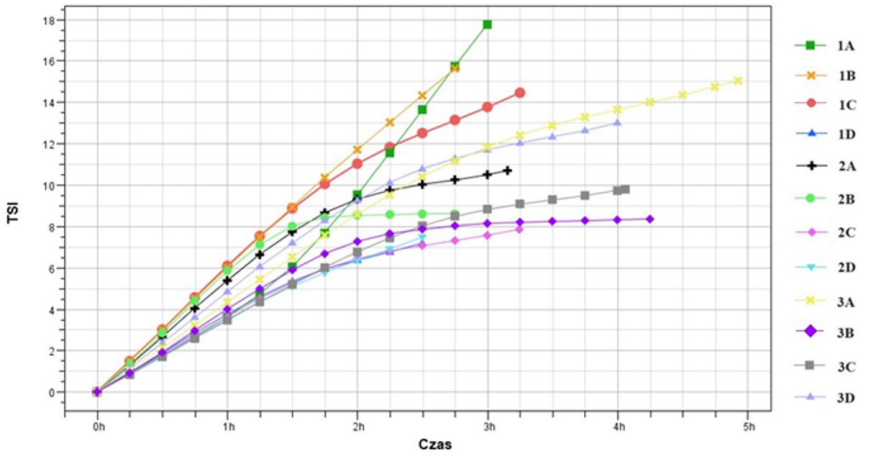
Rodzaj mleka	Średnia wartość wskaźnika TSI	Rodzaj kultury	Średnia wartość wskaźnika TSI
1	13,73	A	14,46
2	8,65	B	10,83
3	11,53	C	10,67
		D	9,23

* 1 - mleko mikrofiltrowane i pasteryzowane, 2 - mleko pasteryzowane ekologiczne, 3 - mleko pasteryzowane bezlaktozowe, A - kultura starterowa Y450B, B - kultura starterowa Y082D, C - kultura starterowa Y470E, D - kultura starterowa Y480F.

Rysunek 1 przedstawia zmianę wartości tego parametru w czasie koagulacji mleka dla poszczególnych wariantów prób doświadczalnych (nast. strona).

Najmniejszą stabilnością, bez względu na rodzaj użytego mleka, charakteryzowały się jogurty wyprodukowane przy użyciu szczepionki Y450B (kultura A) zawierającej w swoim składzie szczepy *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. thermophilus* ssp. *salivarius* w stosunku 9:1. Spośród badanych rodzajów mleka zaszczepionych w/w kulturą najwyższą wartość wskaźnika TSI (17,7) odnotowano dla próby otrzymanej na bazie mleka mikrofiltrowanego (próba 1A), co wskazuje na jej największą niestabilność. Najwyższą stabilnością natomiast charakteryzowały się jogurty otrzymane z mleka zaszczepionego szczepionką Y480F zawierającą w/w szczepy w proporcji 1:9, tj. z mleka mikrofiltrowanego - próba 1D (TSI = 7,2) i ekologicznego - próba 2D (TSI = 7,5).

Na podstawie wartości średnich wskaźnika TSI stwierdzono, że najwyższą stabilnością fizyczną charakteryzowały się napoje fermentowane otrzymane z mleka ekologicznego (tab. 5). Średnia wartość wskaźnika TSI dla jogurtów z tego mleka wyniosła 8,65, z kolei najniższą stabilnością cechowały się jogurty otrzymane z mleka mikrofiltrowanego (TSI= 13,73).



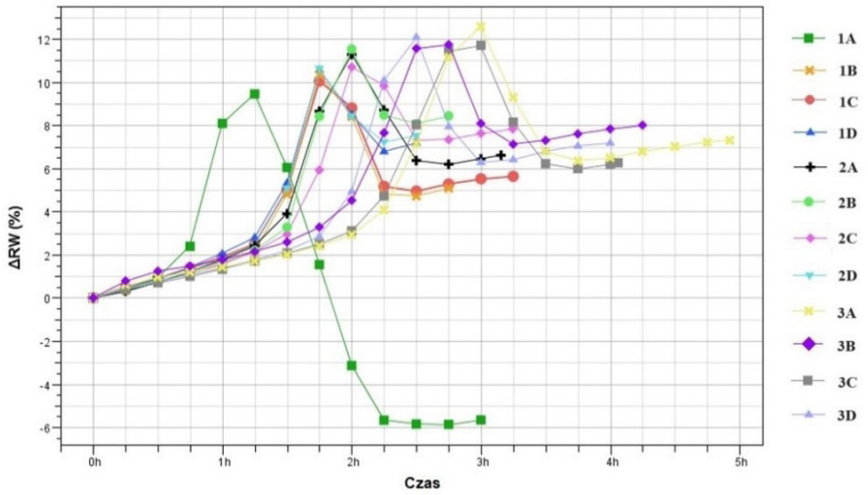
Rysunek 1. Kinetyki destabilizacji (globalnej) wyrażona jako średni wskaźnik TSI dla poszczególnych wariantów mleka fermentowanego

* 1A - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y450B (A), 1B - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y082D (B), 1C - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y470E (C), 1D - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y480F (D), 2A - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y450B (A), 2B - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą starterową Y082D (B), 2C - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y470E (C), 2D - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y480F (D), 3A - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y450B (A), 3B - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą Y082D (B), 3C - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y470E (C), 3D - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y480F (D).

Na właściwości fizyczne żeli jogurtowych oraz ich stabilność w czasie przechowywania mają wpływ parametry takie jak rodzaj mleka, szybkość ukwaszania oraz zawartość białka. Ponadto oddziaływania hydrofobowe i elektrostatyczne między białkami serwatki i kazeiną oraz kowalencyjne wiązania tiolowe obecne w sieci żelowej jogurtu mogą być odpowiedzialne za wzrost jędrności żelu i jego stabilność fizyczną (Lopes i in. 2019, Yu, Wang i McCarthy, 2016, Nguyen i in. 2014). Na tej podstawie można przypuszczać, że to właśnie w związku z najwyższą zawartością białka w mleku ekologicznym otrzymane z niego próby charakteryzowały się lepszą stabilnością fizyczną. Kultura D zawierająca w swoim składzie szczepy *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. thermophilus* ssp. *salivarius* w stosunku 1:9 wykazała najniższą średnią wartość wskaźnika TSI. Symbioza pomiędzy pałeczkami i paciorkowcami zawartymi w szczepionce jogurtowej jest od dłuższego czasu dyskutowana w publikacjach naukowych. Aktywność proteolityczna *L. bulgaricus* prowadzi do zwiększenia w środowisku ilości peptydów i wolnych aminokwasów, które mogą być wykorzystane jako źródło azotu dla paciorkowców mlekowych

podczas fermentacji. Z kolei *S. thermophilus* wytwarza substancje stymulujące wzrost pałeczek mlekowych, w tym kwas mlekowy, pirogronowy, mrówkowy i ditlenek węgla oraz pochłania tlen, tworząc w ten sposób korzystne warunki dla wzrostu pałeczek mlekowych (Li i in. 2012, Mituniewicz-Małek i in. 2017). Można zatem przypuszczać, że zdecydowana przewaga *S. thermophilus* w tej szczepionce wpłynęła pozytywnie na skrócenie czasu koagulacji i stabilność fizyczną we wszystkich badanych wariantach zawierających tę kulturę. Mutualistyczny charakter interakcji pomiędzy *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. thermophilus* ssp. *salivarius* jako podstawę stabilności struktury żelu jogurtowego podkreśla w swojej pracy Sieuwerts (2016).

Analizując wykres obrazujący średnią wartość światła monochromatycznego wstecznie odbitego, wyrażaną we współczynniku ΔRW% (rys. 2) zauważono, że zdecydowany wzrost tego parametru, praktycznie dla wszystkich wariantów prób badawczych, następował po upływie 1,5 do 3 h od zaszczepienia mleka. Następnie obserwowano zróżnicowany w swej dynamice spadek wartości ΔRW%.



Rysunek 2. Średnia wartość ΔRW% dla poszczególnych wariantów badawczych mleka fermentowanego

* 1A - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y450B (A), 1B - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y082D (B), 1C - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y470E (C), 1D - mleko mikrofiltrowane zaszczepione kulturą starterową Y480F (D), 2A - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y450B (A), 2B - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą starterową Y082D (B), 2C - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y470E (C), 2D - mleko ekologiczne zaszczepione kulturą Y480F (D), 3A - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y450B (A), 3B - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą Y082D (B), 3C - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y470E (C), 3D - mleko bezlaktozowe zaszczepione kulturą starterową Y480F (D).

Rezultaty badań własnych pozostają w zgodzie z wynikami otrzymanymi przez innych autorów. Przykładowo Alvarez Cerimedo i in. (2010) pisali o skoku intensywności współczynnika ΔRW% będącej wynikiem wzrostu koncentracji fazy rozproszonej. W przypadku intensywności wstecznego rozproszenia ΔRW% jest ona związana z zakresem wielkości cząstek. W momencie, gdy wielkość cząstek fazy rozproszonej zwiększa się wartość światła wstecznie rozproszonego wzrasta, z kolei dla cząstek o średnicy nie większej od długości fali światła podawanego - maleje (Palazolo, Sorgentini i Wagner, 2005, Cenkier i Domian, 2012). Najszybszy wzrost koncentracji fazy rozproszonej, który jest odzwierciedleniem procesu koagulacji, zaobserwowano w próbie 1A (mleko filtrowane zaszczepione kulturą Y450B). Ten sam wariant, uznany został za najmniej stabilny pod względem wskaźnika TSI. Zmiany wielkości cząstek fazy rozproszonej obrazują zmiany właściwości reologicznych uzyskanych żeli. Na strukturę i właściwości reologiczne fermentowanych przetworów mleczarskich, jak już wspomniano, wpływa szereg czynników, m.in. skład i jakość mleka, kwasowość, rodzaj kultury starterowej, temperatura, obróbka mechaniczna, czas fermentacji oraz obecność dodatków (Capcanari i in. 2021). Arioli i in. (2017) podają, że podczas fermentacji mleka *S. thermophilus* i *L. delbrueckii* napotyka stale zmieniające się bodźce środowiskowe, które mogą wpływać na fizjologię komórkową. Te przewidywalne zmiany środowiskowe obejmują zmiany pH, ograniczenie dostępności składników odżywczych i akumulację toksycznych metabolitów powstających w procesie fermentacji. Ekspozycja na niskie pH przez długi czasu powoduje zatrzymanie wzrostu i radykalne zmniejszenie przepływów glikolitycznych (Wang i in. 2016, Arioli i in. 2017). Obserwacje ww. autorów, mogą stać się odpowiedzią na nagły spadek ΔRW%, świadczący o zahamowaniu procesu koagulacji.

Doniesienia literaturowe na temat wpływu hydrolizy laktozy w mleku przerobowym na stabilność otrzymanego w wyniku ukwaszania skrzepu nie są jednoznaczne. Nagaraj i in. (2009) zaobserwowali zwiększoną synerezę jogurtu otrzymanego z mleka, w którym laktoza została poddana działaniu laktazy. Natomiast Vénica i in. (2013) nie stwierdzili różnic w wydzielaniu serwatki między jogurtem pitnym wyprodukowanym w sposób tradycyjny oraz z mleka bezlaktozowego. W przeciwieństwie do w/w badań Capcanari i in. (2021) twierdzą, że skrzep jogurtu wyprodukowanego z mleka bezlaktozowego wykazuje mniejszy stopień uwalniania serum w porównaniu z jogurtem wyprodukowanym z mleka zawierającego laktozę (Capcanari i in. 2021). Niezaprzeczalnie na tempo koagulacji i koncentracji fazy rozproszonej badanych wariantów prób badawczych miała wpływ zawartość w białka ogólnego,

ale także jego skład. Wiadomo bowiem, że system proteolityczny umożliwia LAB rozkład kazeiny do peptydów i aminokwasów, które wykorzystywane są jako dodatkowe źródło azotu organicznego (Donkor i in. 2007). Liu i in. (2016) donoszą, że korzystniejszym źródłem azotu dla *L. bulgaricus* w porównaniu z kazeiną są białka serwatkowe. Dodatkowo obserwuje się różnice w preferencjach LAB dla frakcji kazeinowych, na przykład *Lactococcus* spp. wykorzystują głównie β-kazeinę do ich wzrostu. Puvanenthiran, Williams i Augustin (2002) uważają, że pomimo dłuższego czasu potrzebnego do rozpoczęcia żelowania jest ono silniejsze w mleku o zwiększonej zawartości białka. Sabunevica i Zagórska (2023) podają, że chociaż zawartość białka ogólnego w mleku ekologicznym i tradycyjnym nie różni się, to jednakże obserwuje się różnice w składzie kazeiny i białek serwatkowych. Schwendel i in. (2015) potwierdzili istotnie wyższą zawartość kazeiny-α i kazeiny-κ w mleku ekologicznym, podczas gdy udział kazeiny-β i laktoglobuliny-β były wyższy w mleku tradycyjnym. Brodziak i in. (2021) podali, że system produkcji nie miał wpływu na zawartość białek serwatkowych w mleku ale znacząco wpływał na poziom bioaktywnych peptydów, laktoglobulinyβ, laktoalbuminy-α, albuminy surowicy bydlęcej, laktoferyny i lizozymu, których udział jest większy w mleku konwencjonalnym. Podobnie, według doniesień Kuczyńskiej i in. (2012), Palupi i in. (2012) oraz Manuelian i in. (2022) mleko z gospodarstw ekologicznych charakteryzuje się wyższą zawartością białek serwatkowych i niektórych bioaktywnych peptydów oraz niższym udziałem kazeiny i albuminy serum krwi bydlęcej. Także wcześniejsze badania (Butler i in. 2008, Florence i in. 2009) wykazały, że mleko z gospodarstw ekologicznych zawiera więcej białka, żelaza i naturalnych, rozpuszczalnych w tłuszczach przeciwutleniaczy Charakteryzuje się również znacznie lepszym profilem kwasów tłuszczowych niż mleko konwencjonalne. Te istniejące różnice w zawartości i składzie białek między mlekiem ekologicznym a konwencjonalnym mogą odgrywać znaczącą rolę w rozwoju LAB podczas fermentacji.

4. Podsumowanie

Spośród trzech rodzajów analizowanego mleka proces koagulacji trwał najdłużej w mleku pozbawionym laktozy natomiast dla mleka ekologicznego i mikrofiltrowanego był zbliżony. Najmniejszą stabilnością, bez względu na rodzaj użytego mleka, charakteryzowały się jogurty wyprodukowane przy użyciu szczepionki zawierającej w swoim składzie szczepy *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. thermophilus* ssp. *salivarius* w proporcji 9:1 a największą

w stosunku 1:9. Z mleka ekologicznego po ukwaszeniu otrzymywano skrzep o największej stabilności natomiast najmniejszą stabilnością charakteryzowała się próba ukwaszonego mleka mikrofiltrowanego.

Literatura

Aasen, I.M., Møretrø, T., Katla, T., Axelsson, L. i Storrø, I. (2000). Influence of complex nutrients, temperature and pH on bacteriocin production by *Lactobacillus sakei* CCUG 42687. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, *53*, 159-166.

Akdeniz, V. i Akalın, A.S. (2023). Power ultrasound affects physicochemical, rheological and sensory characteristics of probiotic yoghurts. *International Dairy Journal*, *137*, 105530.

Aktar, T. (2022). Physicochemical and sensory characterization of different yoghurt production methods. *International Dairy Journal*, *125*, 105245. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105245

Alirezalu, K., Inácio, R.S., Hesari, J., Remize, F., Nemati, Z., Saraiva, J.A., Barba, F.J., Sant'Ana, A.S. i Lorenzo, J.M. (2019). Nutritional, chemical, syneresis, sensory properties, and shelf life of Iranian traditional yoghurts during storage. *LWT - Food Science and Technology*, *114*, 108417.

Alvarez Cerimedo, M., Iriart, C., Candal, R. i Herrera, M. (2010). Stability of emulsions formulated with high concentrations of sodium caseinate and trehalose. *Food Res. Int.*, *43*, 1482-1493.

Arioli, S., Scala, G.D., Remagni, M. Ch, Stuknyte, M., Colombo, S., Guglielmetti, S., De Noni, I., Enzio Ragg, E. i Mora, D. (2017). *Streptococcus thermophilus* urease activity boosts *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* homolactic fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, *247*, 55-64.

Aryana, K.J. i Olson, D.W. (2017). A 100-year review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, *100(12)*, 9987-10013.

Atilola, O.A., Gyawali, R., Aljaloud, S.O. i Ibrahim, S.A. (2015). Use of phytone peptone to optimize growth and cell density of *Lactobacillus reuteri*. *Foods*, 4(3), 318-327.

Ayivi, R. D. i Ibrahim, S. A. (2022). Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *Int. J. Food Sci. Technol.*, *57(11)*, 7008-7025.

Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Versteeg, K. i Barbosa-Cánovas, G.V. (2009). Composition properties, physicochemical characteristics and shelf life of whole milk after thermal and thermos-sonication treatments. *Journal of Food Quality*, *32*, 283-302.

Breza-Boruta, B., Ligocka, A. i Bauza-Kaszewska, J. (2022). Natural bioactive compounds inorganic and conventional fermented food. *Molecules*, *27(13)*.

Brodziak, A., Wajs, J., Zuba-Ciszewska, M., Król, J., Stobiecka, M. i Jańczuk A. (2021). Organic versus Conventional Raw Cow Milk as Material for Processing. Animals, 11(10), 2760.

Butler, G., Nielsen, J.H. Slots, T., Seal, C., Eyre, M.D., Sanderson, R. i Leifert, C. (2008). Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high and low input conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *J. Sci. Food Agric.*, *88*, 1431-1441.

Campos, I., Garcia, V. A.D.S. i da Silva, C. (2018). Production and characterization of lactose-free Greek yoghurt with partial replacement of milk by vegetable extract. *Journal of Food Processing and Preservation, 42(12)*, e13836.

Capcanari, T., Chirsanova, A., Covaliov, E. i Siminiuc R. (2021). Development of Lactose Free Yogurt Technology for Personalized Nutrition. *Food and Nutrition Sciences*, *12*, 1116-1135.

Cenkier, J. i Domian, E. (2012). Stabilność rekonstytuowanych emulsji z dodatkiem skrobi typu OSA. *Acta Agrophysica*, *19(3)*, 463-475.

Chervaux, C., Ehrlich, S. D. i Maguin, E. (2000). Physiological study of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains in a novel chemically defined medium. *Appl. Environ. Microbiol.*, *66(12)*, 5306-5311.

Cutrim, C. S., de Barros, R. F., da Costa, M. P., Franco, R. M., Conte-Junior, C. A. i Cortez, M.A.S. (2016). Survival of *Escherichia coli* O157:H7 during manufacture and storage of traditional and low lactose yogurt. *LWT*, *70*, 178-184.

da Costa, M. P., da Silva Frasao, B., da Costa Lima, B. R. C., Rodrigues, B. L. i Conte-Junior, C. A. (2016). Simultaneous analysis of carbohydrates and organic acids by HPLC-DAD-RI for monitoring goat's milk yogurts fermentation. *Talanta*, *152*, 162-170.

Das, K., Choudhary, R. i Thompson-Witrick, K. A. (2019). Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. *LWT*, *108*, 69-80.

Delgado-Fernández, P., Corzo, N., Olano, A., Hernández-Hernández, O. i Moreno, F. J. (2019). Effect of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria and physicochemical properties of yoghurts. *Int. Dairy J.*, *89*, 77-85.

de Oliveira Neves, L.N. i de Oliveira, M.A.L. (2021). Assessment of Enzymatic Hydrolysis of Lactose in Lactose-Free Milk Production - A Comparative Study Using Capillary Zone Electrophoresis and Cryoscopy. *LWT*, *138*, 110585.

Donkor, O. N., Henriksson, A., Vasiljevic, T. i Shah, N. P. (2007). Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk. *Lait*, *87(1)*, 21-38.

Elmagli, A.A.O. i El Zubeir, I.E.M. (2006). Study on the compositional quality of pasteurized milk in Khartoum State (Sudan). *International Journal of Dairy Sciences*, *1 (1)*, 12-20.

Elrahman, S.M.A.A., Ahmed, A.M.E.M.S., El Yas, I., El Zubeir, M., El Owni, O.A.O. i Ahmed, M.K.A. (2013). Effect of storage temperature on the microbiological and physicochemical properties of pasteurized milk. *Annals. Food Science and Technology*, *14(1)*,115-121.

Fauziah, R., Malaka, R. i Yuliati, F.N. (2020). Titratable acidity and pH changes of pasteurized milk by addition of Roselle flower extract in the refrigerator storage. *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 492, 012057.

Florence, A.C.R, da Silva, R., do Espirito Santo, A.P., Gioielli, L.A., Tamme, A.Y. i de Oliveira, M.N. (2009). Increased CLA content in organic milk fermented by bifidobacteria or yoghurt cultures. *Dairy Sci. Technol.*, *89*, 541-553.

Gao H. X., Yu Z. L., He Q., Tang S. H. i Zeng W. C. (2018). A potentially functional yogurt co-fermentation with Gnaphalium affine. LWT, *91*, 423-430.

Gómez-Gallego, C., Gueimonde, M., i Salminen, S. (2018). The role of yogurt in food-based dietary guidelines. *Nutrition reviews*, *76(1),* 29-39.

Guo, C., Xin, L., Dong, Y., Zhang, X., Wang, X., Fu, H. i Wang, Y. (2018). Dielectric properties of yogurt for online monitoring of fermentation process. *Food and Bioprocess Technology*, *11(5)*, 1096-1100.

Harju, M., Kallioinen, H. i Tossavainen, O. (2012). Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: technological aspects. *Int. Dairy J.*, *22*, 104-109.

Hayek, S.A., Gyawali, R., Aljaloud, S.O., Krastanov, A. i Ibrahim, S. A. (2019). Cultivation media for lactic acid bacteria used in dairy products. *J. Dairy Res.*, *86(4)*, 490-502.

Ibarra, A., Acha, R., Calleja, M.T., Chiralt-Boix. A. i Wittig, E. (2012). Optimization and shelf life of a low-lactose yogurt with *Lactobacillus rhamnosus* HN001. *J. Dairy Sci., 95*, 3536-3548.

ISO (2001). ISO 8968-1:2001, *Milk - Determination of Nitrogen Content - Part 1: Kjeldahl Method*. Geneva: International Organization for Standardization.

Kang, W., Guo, L., Fan, H., Meng, L. i Li, Y. (2012). Flocculation, coalescence and migration of dispersed phase droplets and oil - water separation in heavy oil emulsion. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *81*, 177-181.

Kárnyáczki, Z. i Csanádi, J. (2017). Texture profile properties, sensory evaluation, and susceptibility to syneresis of yoghurt prepared from lactose-free milk. *Acta Aliment.*, 46, 403-410.

Kuczyńska, B., Puppel, K., Gołębiewski, M., Metera, E., Sakowski, T. i Słoniewski, K. (2012). Differences in whey protein content between cow's milk collected in late pasture and early indoor feeding season from conventional and organic farms in Poland. *J. Sci. Food Agricul.*, *92(14)*, 2899-2904.

Kycia, K. i Krysiński, C. (2014). Jakość mikrobiologiczna i higieniczna rynkowych jogurtów z mleka koziego w kontekście ich właściwości terapeutycznych. *Probl Hig Epidemiol*, *95(1)*, 186-191.

Krełowska-Kułas, M. (1993). *Badanie jakości produktów spożywczych*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Lejková, J., Koreňová J., Ženišová, K., Valík, L. i Kuchta, T. (2015). Isolation of autochthonous lactic acid bacteria from ewes' lump cheese, bryndza cheese and barrelled ewes' cheese, and their characterization using Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Food and Nutrition Research*, *54(4)*, 308-313.

Lesme, H., Rannou, C., Loisel, C., Famelart, M. H., Bouhallab, S. i Prost, C. (2019). Controlled whey protein aggregates to modulate the texture of fat-free set-type yoghurts. *International Dairy Journal*, *92*, 28-36.

Le Roy, C. I., Kurilshikov, A., Leeming, E.R., Visconti, A., Bowyer, R. C. E., Menni, C., Falchi, M., Koutnikova, H., Veiga, P., Zhernakova, A., Derrien, M. i Spector, T.D. (2022). Yoghurt consumption is associated with changes in the composition of the human gut microbiome and metabolome. *BMC Microbiology, 22*, 39.

Li, S., Walsh, H., Gokavi, S. i Guo M. (2012). Interactions between *Lactobacillus acidophilus* strains and the starter cultures, *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* during fermentation of goats' milk. *African Journal of Biotechnology*, *11(51)*, 11271-11279.

Liu, E., Zheng, H., Shi, T., Ye, L., Konno, T., Oda, M., Shen, H. i Ji., Z.S. (2016). Relationship between *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* under whey conditions: Focus on amino acid formation. *Int. Dairy J.*, *56*, 141-150.

Lopes, R.P., Mota, M.J., Pinto, C.A., Sousa, S., Lopes da Silva, J.A., Gomes, A.M., Delgadillo, I. i Saraiva, J.A. (2019). Physicochemical and microbial changes in yogurts produced under different pressure and temperature conditions. *LWT*, *99*, 423-430.

Mańkiewicz-Żurawska, I., Lutogniewska, W., Skała-Zamorowska, E. i Jarosz-Chobot, P. (2023). Nutrition analysis - with particular focus on carbohydrate content in kefirs and natural yoghurts in the Polish consumer market. *Pediatric Endocrinology Diabetes and Metabolism*, *29 (3),* 166-174.

Manuelian, C. L., Vigolo, V., Burbi, S., Righi, F., Simoni, M. i De Marchi, M. (2022). Detailed comparison between organic and conventional milk from Holstein-Friesian dairy herds in Italy. *J. Dairy Sci.*, *105(7)*, 5561-5572.

Matijević, B., Lisak, K., Božanić, R. i Tratnik, L. (2011). Impact of enzymatic hydrolyzed lactose on fermentation and growth of probiotic bacteria in whey. *Mljekarstvo*, *61*, 154-160.

Mituniewicz-Małek, A., Ziarno, M., Dmytrów, I., Tuma, P., Witczak, A. i Vovk., S. (2017). Properties of drinking yogurt obtained from cow's and goat's organic milk fermented by traditional yogurt cultures. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, *4(3)*, 1755-1771.

Moreira, T.C., da Silva, A.T., Fagundes, C., Ferreira, S. M. R., Cândido, L.M.B., Passos, M. i Krüger, C.C.H. (2017). Elaboration of yogurt with reduced level of lactose added of carob (*Ceratoniasiliqua* L.). *LWT-Food Sci. Technol.*, *76*, 326-329.

Nagaraj, M., Sharanagouda, B., Manjunath, H. i Manafi, M. (2009). Standardization of different levels of lactose hydrolysis in the preparation of lactose hydrolyzed yoghurt. *Iran. J. Vet. Res.*, *10*, 132-136.

Nguyen, H.T., Ong, L., Kentish, S. E. i Gras, S.L. (2014). The effect of fermentation temperature on the microstructure, physicochemical and rheological properties of probiotic buffalo yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, *7(9)*, 2538-2548.

Osman, A.H., Mohran, M.A. El-Dosoki, W.I. i Tammam, A.A. (2019). Chemical, Microbiological, Rheological and Sensory Properties of Yoghurt Fortified with Selenium. *Assiut J. Agric. Sci.*, *50(4)*, 51-63.

Palazolo, G.G., Sorgentini, D.A. i Wagner, J.R. (2005). Coalescence and flocculation in o/w emulsions of native and denatured whey soy proteins in comparison with soy protein isolates. *Food Hydrocolloids*, 19(3), 595-604.

Palupi, E., Jayanegara, A., Ploeger, A. i Kahl, J. (2012). Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *J. Sci. Food Agric.*, *92(14)*, 2774-2781.

PN-ISO 2446:2010. Mleko - Oznaczanie zawartości tłuszczu.

PN-EN ISO 6887-5:2010. Mleko i przetwory mleczne - Ogólne zasady przygotowywania próbek, zawiesiny wyjściowej i dziesięciokrotnych rozcieńczeń do badań mikrobiologicznych

PN-ISO 7889:2007. Jogurt - Oznaczenie liczby charakterystycznych drobnoustrojów - Metoda liczenia kolonii w temp. 37°C.

PN EN-ISO 8968-1:2004. Mleko. Oznaczenie zawartości azotu. Część 1. Metoda Kjeldahla.

Puvanenthiran, P., Williams, R.P.W. i Augustin, M.A. (2002). Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *Int. Dairy J.*, *12*, 383-391.

Rynne, N.M., Beresford, T.P., Kelly, A.L. i Guinee, T.P. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat cheddar cheese. *Int. Dairy J.*, *14*, 989-1001.

Sabunevica, S. i Zagorska, J. (2023). Organic milk as medium for lactic acid bacteria growth: a review. *Rural Sustainability Research*, *49(344)*, 73-86.

Sieuwerts, S. (2016). Microbial Interactions in the Yoghurt Consortium: Current Status and Product Implications. *SOJ Microbiology & Infectious Diseases*, *4(2)*, 1-5.

Schmidt, C., Mende, S., Jaros D. i Rohm, H. (2016). Fermented milk products: effects of lactose hydrolysis and fermentation conditions on the rheological properties. *Dairy Sci. & Technol.*, *96*,199-211.

Schwendel, B.H., Wester, T.J., Morel, P.C., Tavendale, M.H., Deadman, C., Shadbolt, N.M. i Otter, D.E. (2015). Invited review: organic and conventionally produced milk-an evaluation of factors influencing milk composition. *J. Dairy Sci.*, *98(2)*, 721-746.

Sert, D., Mercan, E. i Dertli, E. (2017). Characterization of lactic acid bacteria from yogurt-like product fermented with pinecone and determination of their role on physicochemical, textural and microbiological properties of product. *LWT - Food Science and Technology*, *78*, 70-76.

Siemianowski, K., Lis, A., Bohdziewicz, K. i Szpendowski, J. (2015). Porównanie wybranych cech tekstury skrzepu kwasowego otrzymanego z mleka pasteryzowanego i mleka mikrofiltrowanego. *Nauki Inżynierskie i Technologie, 3(18),* 57-63.

Skryplonek, K., Gomes, D., Viegas, J., Pereira, C. i Henriques, M. (2017). Lactose-free frozen yogurt: Production and characteristics. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, *16*, 171-179.

Śmietana, Z., Krajewska-Kamińska, E., Bohdziewicz, K. i Nalepa, B. (2007). Porównanie jakości mikrobiologicznej mleka pasteryzowanego, mikrofiltrowanego i UHT. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, *2 (51)*, 29-39.

Vénica, C.I., Wolf, I.V., Suárez, V.B., Bergamini, C.V. i Perotti, M.C. (2018). Effect of the carbohydrate's composition on physicochemical parameters and metabolic activity of starter culture in yogurts. *LWT - Food Sci. Technol.*, *94*, 163-171.

Vianna, F.S., Canto, A.C.V.C.S., da Costa-Lima, B.R.C., Salim, A.P.A.A., Costa, M.P., Balthazar, C.F., Oliveira, B.R., Rachid, R. P., Franco R.M., Conte-Junior, C. A. i Silva, A.C.O. (2017). Development of new probiotic yoghurt with a mixture of cow and sheep milk: effects on physicochemical, textural and sensory analysis. *Small Ruminant Research*, *149*, 154-162.

Wang, L., Wu, T., Zhang, Y., Yang, K., He, Y., Deng, K., Liang, C. i Gu, Y. (2023). Comparative studies on the nutritional and physicochemical properties of yoghurts from cows', goats', and camels' milk powder. *International Dairy Journal*, *(138)*, 105542.

Wang, T., Xu, Z., Lu, S., Xin, M. i Kong, J. (2016). Wpływ glutationu na odporność na stres kwasowy i symbiozę między *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *International Dairy Journal*, *61*, 22-28.

Xu, D., J. Zhang, Y. Cao, J. Wang i J. Xiao. (2016). Influence of microcrystalline cellulose on the microrheological property and freeze-thaw stability of soybean protein hydrolysate stabilized curcumin emulsion. *Food Science and Technology*, *66*, 590-597.

Xu, Z., Li, C., Ye, Y., Wang, T., Zhang, S. i Liu. X. (2022). The β-galactosidase LacLM plays the major role in lactose utilization of *Lactiplantibacillus plantarum*. *LWT - Food Science and Technology 153*, 112481.

Yamamoto, E., Watanabe, R., Ichimura, T., Ishida, T. i Kimura, K. (2020). Effect of lactose hydrolysis on the milk-fermenting properties of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 2038 and *Streptococcus thermophilus* 1131. *J. Dairy Sci*., *104*, 1454-1464.

Yang, H., L. Hu, X. Tang, Y. Gao, S. Shao, X. Zhang i Kang, W. (2018). Preparation of a fluorescent polymer microsphere and stability evaluation of its profile control system by a fluorescence stability index. *Colloids and Surfaces Physicochemical and Engineering Aspects*, *558*, 512-519.

Yu, H. Y., Wang, L. i McCarthy, K. L. (2016). Characterization of yogurts made with milk solids nonfat by rheological behavior and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Food and Drug Analysis*, *24(4)*, 804-812.

Zagorska, J. i Ciprovica, I. (2008). The chemical composition of organic and conventional milk in Latvia. W: *Proceedings 3rd Baltic Conference on Food Science and Technology Foodbalt*, 2008, 17-18 April (pp. 10-14), Jelgava, Latvia: Latvia University of Agriculture.

Zhu, Q., Wu, F. i Saito, M. (2016). Effect of magnesium salt concentration in water-in-oil emulsions on the physical properties and microstructure of tofu. *Food Chemistry*, *201*, 197-204.

The effect of the quantitative composition of the starter culture and the type of milk on the course of acidification and coagulation of milk in real time

Abstract: The purpose of the study was to evaluate the effect of the percentage composition of the yogurt culture on the milk acidification and coagulation process in real time. The test material was 3 types of pasteurized milk (microfiltered, organic and lactose-free) from one producer. Recording of the course of acidification and coagulation of milk samples, after inoculation with yoghurt starter, was carried out in Turbiscan LAB Expert apparatus. Then, ΔRW% and TSI coefficients were calculated. At the same time, milk acidification into yogurt was done using the thermostat method. Four inoculations with different ratios of *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* strains were used, i.e. 1:9, 6:4, 4:6 and 9:1. Density, acidity, protein, fat and lactose content were determined in pasteurized milk. To confirm the qualitative and quantitative composition of the microflora in the activated leavens, they were subjected to microbiological analysis, including determining the number of lactic acid bacteria. Of the three types of milk analysed, the coagulation process took the longest in lactose-free milk, while the coagulation time for organic and microfiltered milk was similar. The least stable curds were those obtained after inoculating milk with a culture containing *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *S. thermophilus* ssp. *salivarius* in a ratio of 9:1 and the highest in a ratio of 1:9. The greatest instability was found for microfiltered milk and the highest for organic milk.

Keywords: Yogurt, acidification, dispersion, coagulation, fermented dairy products.

ALDONA WIERZBICKA-RUCIŃSKA
Zakład Biochemii Klinicznej,
Instytut "Pomnik - Centrum Zdrowia Dziecka" w Warszawie
e-mail: a.wierzbicka-rucinska@ipczd.pl
ORCID: 0000-0002-9578-8894

WPŁYW ŻYWNOŚCI PROZDROWOTNEJ - KAPUSTY KISZONEJ NA POPRAWĘ STANU JELIT

Streszczenie:. Żywność prozdrowotna to taki rodzaj żywności, która wpływa na jedną lub więcej funkcji organizmu, ponad efekt odżywczy, wpływając na poprawę stanu zdrowia. Do produktów wykazujących właściwości prozdrowotne zalicza się żywność fermentowaną m.in. kapustę kiszoną zawierającą kwas mlekowy, jogurty z żywymi kulturami bakteryjnymi jak również prebiotyki z oligosacharydami. Różnorodne diety działają na organizm poprawiając jego stan zdrowia bądź szkodząc, stąd zainteresowanie wpływem kapusty kiszonej na poprawę funkcji jelita. Rodzaj spożywanych produktów kształtuje mikroflorę jelitową. Odpowiedź na zmiany mikrobiomu gospodarza zależą od jego „wyjściowego" mikrobiomu. W jelitach może dochodzić do dysbiozy jelitowej, co prowadzi do rozwoju zaburzeń metabolicznych, chorób autoimmunizacyjnych, a także psychicznych. W jelicie liczba bakterii rośnie od 105 ik/g, w jelicie cienkim bytują bakterie z rodzaju Bacteroides, *Lactobacillus, Streptococcus*, a w jelicie grubym w większości to bakterie beztlenowe jak: *Clostridium, Bacteroides, Fusobacterium, Bifidobacterium*, a także tlenowe: *Enterobacteriace, Lactobacillus, Streptococcus i Enterococcus*. Mikrobiota jelitowa przyczynia się do enzymatycznego rozkładu resztek pokarmowych, m.in. skrobi opornej, oligosacharydów, mucyn, związków azotowych i lipidów. Celem pracy było przedstawienie aktualnej wiedzy na temat wpływu kapusty kiszonej na funkcje jelit. Stan zapalny jelita powoduje dyskomfort z objawami takimi jak skurcze brzucha, wzdęcia, gazy, biegunka prowadzi do niedokrwistości z niedoboru żelaza, utraty apetytu i wagi. Stąd poszukiwania żywności prozdrowotnej, która łagodzi skutki stanu zapalnego. Kapusta kiszona zawiera bakterie z rodzaju Lactobacillus i działa ochronnie na nabłonek jelitowy.

Słowa kluczowe: Kapusta kiszona, żywność funkcjonalna, mikrobiota jelitowa, stan zapalny, metabolizm.

1. Wstęp

Rozwój technologii, badania naukowe i dostępność social mediów spowodowały zwiększenie świadomości konsumentów o negatywnym wpływie na stan zdrowia różnych dodatków do żywności, co wpływa na zmianę i sposób odżywiania społeczeństwa. Młodzież i dorośli dokonując zakupów żywności coraz częściej zwracają uwagę na informacje umieszczone na etykietach kupowanych produktów. Kupujący zwracają uwagę, aby produkty spożywcze nie zawierały takich dodatków do żywności jak: syntetycznych substancji słodzących, barwników, konserwantów i innych. Prawidłowa dieta powinna była być bogata w takie składniki/związki, które wpływają na metabolizm, stan fizjologiczny, a w konsekwencji poprawę zdrowia. Taką żywność nazwano żywnością prozdrowotną. Jej definicja została ustalona przez organizację Functional Food Science in Europe (FUFOSE) i brzmi: żywność prozdrowotna to środki spożywcze o udowodnionym, na podstawie reprezentatywnych badań naukowych, korzystnym, ponad ich efekt odżywczy, wpływie na funkcjonowanie organizmu (Contor 2001).

Przyjęto, że żywność prozdrowotna powinna (Kubiński 2010):

- ✓ być produktem spożywczym (nie tabletką, kapsułką czy proszkiem) otrzymanym z naturalnie występujących składników,
- ✓ stanowić podstawowy element codziennej diety,
- ✓ wpływać korzystnie na procesy fizjologiczne organizmu, a szczególnie:
- ✓ zwiększać odporność organizmu,
- ✓ przeciwdziałać chorobom, w tym dietozależnym,
- ✓ sprzyjać leczeniu określonych chorób,
- ✓ sprzyjać dobrostanowi fizycznemu i psychicznemu,
- ✓ spowalniać procesy starzenia się organizmu.

Żywność prozdrowotna może być przeznaczona dla całej populacji lub dla jej poszczególnych grup, w zależności od np. wieku czy nasilenia czynników ryzyka występowania określonych chorób (Ma i in. 2021). Działanie prozdrowotne powinno być poparte badaniami naukowymi, a żywność funkcjonalna musi pozostać żywnością i musi wykazywać efekty w ilościach normalnie spożywanych w codziennej diecie (Min i in. 2019). Ten rodzaj żywności musi przypominać żywność tradycyjną. Może służyć do regulacji procesów fizjologicznych lub w inny sposób po spożyciu wpływać na określony proces organizmu. Dotychczas podano wiele definicji żywności prozdrowotnej (Bellisle i in. 1998; Diplock 1998; Smith i in. 1996; Roberfroid 2000).

Z praktycznego punktu widzenia żywność prozdrowotna może być:

1. naturalnym pokarmem,
2. żywnością, do której dodano składnik,
3. żywnością, z której usunięto składnik,
4. żywnością, której charakter obejmuje jeden lub więcej składnik, który został zmodyfikowany,
5. żywnością, w której występuje biodostępność jednego lub więcej komponentów, które zostały zmodyfikowane lub dowolna kombinacja tych możliwości.

Liczba produktów zaliczanych do żywności prozdrowotnej dostępna dla konsumentów jest obszerna, uwzględnia między innymi probiotyki, żywność fermentowaną etc. Probiotyki to mikroorganizmy, głównie bakterie kwasu mlekowego, mogące zasiedlać różne środowiska, w tym organizm człowieka. Probiotyk może mieć w swym składzie pojedyncze szczepy bakterii kwasu mlekowego (*Lactobacillus spp., Streptococcus spp*.), szczepy drożdży (*Saccharomyces sp*p.), kultury pleśni (*Aspergillusspp*.) lub też bakterie kwasu mlekowego łącznie z wyselekcjonowanymi szczepami drożdżowymi. Wpływają one pozytywnie na czas pasażu jelitowego i zapewniają właściwy rozwój mikroflory zasiedlającej organizm. Najlepiej przebadanym szczepem bakterii jest *Lactobacillus rhamno*sus GG ATCC53103, czyli bakterie kwasu mlekowego podawane w ilości np. 6 miliardów żywych kultur bakterii zmniejszają wydzielanie kortyzolu, w odpowiedzi na bodziec stresowy (Vakharia i in. 2002). Szczep *Bifidobacterium infantis* jest modulatorem osi podwzgórze – przysadka - nadnercza (ang. *Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis* HPA). Mieszanina szczepów bakteryjnych (VSL#3) łagodzi niekorzystne zmiany w objętości części mózgu odpowiedzialnego za funkcje poznawcze hipokampu, będący wynikiem przewlekłego narażenia na stres (Distrutti i in. 2014). Mikroorganizmy te pełnią różne funkcje prozdrowotne takie, jak: zapobieganie infekcjom przewodu pokarmowego, obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego w surowicy krwi, wzmacnianie odporności, stymulowanie wchłaniania wapnia, poprawa strawności białek, synteza witamin (witaminy B, kwasu nikotynowego i foliowego), poprawa metabolizmu laktozy czy przeciwdziałanie namnażaniu patogenów (Pfeifer i in. 2018; Roberfroid i in. 2010). Probiotyki można znaleźć w preparatach farmaceutycznych oraz w żywności. Zainteresowanie wpływem żywności prozdrowotnej na poprawę stanu zapalnego jelit wynika z tego, że choroby określane mianem nieswoistych chorób zapalnych jelit (NZJ, ang. *Inflammatory Bowel Diseases*, IBD) mogą mieć przebieg przewlekły

trwający latami, podczas którego dochodzi do naprzemiennie występujących okresów zaostrzeń lub remisji.

Celem pracy było przedstawienie aktualnej wiedzy na temat wpływu kapusty kiszonej na funkcje jelit.

2. Nieswoiste zapalenia jelit a działanie kapusty kiszonej

Nieswoiste choroby zapalne jelit (NChZJ) są zaliczane do chorób cywilizacyjnych. Częstość występowania i zapadalność na NChZJ w Polsce wskazują na znaczny wzrost obciążenia społeczeństwa tymi chorobami. Zgodnie z danymi NFZ, w 2021 roku liczba pacjentów z chorobą Leśniowskiego-Crohna (ChLC) u wynosiła 25 146, a wrzodziejącym zapaleniem jelita grubego (WZJG) aż 77 073 (Zagórowicz i Reguła, 2023).

Do NZJ zalicza się grupę chorób zapalnych przewodu pokarmowego o podłożu immunologicznym, obejmujących głównie jelito cienkie i grube. W skład NZJ wchodzą 3 jednostki chorobowe:

1. wrzodziejące zapalenie jelita grubego (ang. *ulcerative colitis* - UC, WZJG);
2. choroba Leśniowskiego–Crohna (ang. *Crohn's disease* - CD, ChLC);
3. 3nieokreślone nieswoiste zapalenia jelita grubego, których nie da się jednoznacznie zdefiniować ani jako ChLC, ani WZJG.

Zakres objawów klinicznych NZJ jest bardzo szeroki, w związku z tym niejednokrotnie ustalenie ostatecznego rozpoznania nie jest proste. Nieswoiste zapalenia jelit to nie tylko choroba ludzi młodych. Coraz częściej występuje także u osób starszych, na co wskazuje Europejska Federacja Stowarzyszeń Choroby Crohna i Colitis Ulcerosa (ang. *European Federation of Crohn's & Ulcerative Colitis Associations* EFCCA) (Gosh i Mitchell 2007). Etiologia tych chorób nie jest w pełni poznana – odgrywają w niej rolę zarówno czynniki genetyczne, immunologiczne, jak i środowiskowe.

W Polsce opisywana była już XVII wieku, stosowana była przez żeglarzy, którzy używali jej, by ochronić się przed niedoborami witaminy C wywołującymi szkorbut. Witamina C odpowiada też za samopoczucie, co wynika z aktywacji przez nią produkcji tryptofanu, który jest odpowiedzialny za prawidłową syntezę i wydzielanie serotoniny, przeciwdziałającej depresji, jak również poprawiającej funkcje psychologiczne (Kwon i in. 2006). Kapusta kiszona wykorzystywana była również jako środek zapobiegający

odmrożeniu i wzmacniający układ immunologiczny. Sok z kiszonej kapusty w postaci okładu pomagał ludziom na owrzodzenia oraz bóle reumatyczne (Kok i in. 2028).

Kapusta kiszona to poszatkowana kapusta poddana procesowi fermentacji, zachodzącemu po zasypaniu jej solą. W wyniku fermentacji i rozkładu cukrów przez bakterie powstaje kwas mlekowy nadający kapuście charakterystyczny kwaśny smak. Zawierając bakterie kwasu mlekowego, korzystnie wpływa na florę bakteryjną jelit oraz układ odpornościowy człowieka (Raak i in. 2014). W kapuście występują głownie szczepy: *Bifidobacterium dentium, Enterococcus faecalis, Lactobacillus casei, Lactobacillus delbrueckii, Staphylococcus epidermidis, Lactobacillus sakei, Lactobacillus curvatus, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Weissella confusa, Lactococcus lactis* i *Enterobacteriaceae*. Funkcje jelit może poprawiać poprzez modulację układu odpornościowego humoralnego i komórkowego. Kapusta kiszona jest niskokaloryczna, zawiera witaminy i składniki mineralne (Tab. 1). Obecny w niej kwas askorbinowy korzystnie wpływa też na stan skóry, wzmacniając produkcję kolagenu i zapewniając skórze jędrność (Martinez-Villaleueng i in. 2009). Będąc źródłem składników mineralnych (Mg, K, Fe, Ca) oraz witamin (A, E, K, witamin z grypy B) kapusta kiszona poprawia także kondycję powłoki skórnej, w tym włosów i paznokci. Korzystnie wpływa na układ krążenia i serce. Żelazo znajdujące się w kiszonej kapuście zapobiega pojawieniu się anemii. Występujący w kapuście kiszonej błonnik pokarmowy wpływa na obniżenie stężenie cholesterolu całkowitego w surowicy krwi, przez co zapobiega rozwojowi miażdżycy i chorób sercowo-naczyniowych.

Drobnoustroje i ich materiał genetyczny są znane jako mikrobiom jelitowy, który kontroluje układ odpornościowy. Jeśli dieta zawiera wiele produktów z rodzaju żywności przetworzonej, alkoholu oraz dodatkowo występuje brak aktywności fizycznej to te czynniki wpływają na zmiany składu mikrobiomu (Little i in. 2020).

Tabela 1. Wartość energetyczna i odżywcza kapusty kiszonej.

Składnik	Zawartość w 100g
Energia [kcal]	16
Białko [g]	1,1
Węglowodany [g]	3,4
Błonnik [g]	2,1
Tłuszcz [g]	0,2

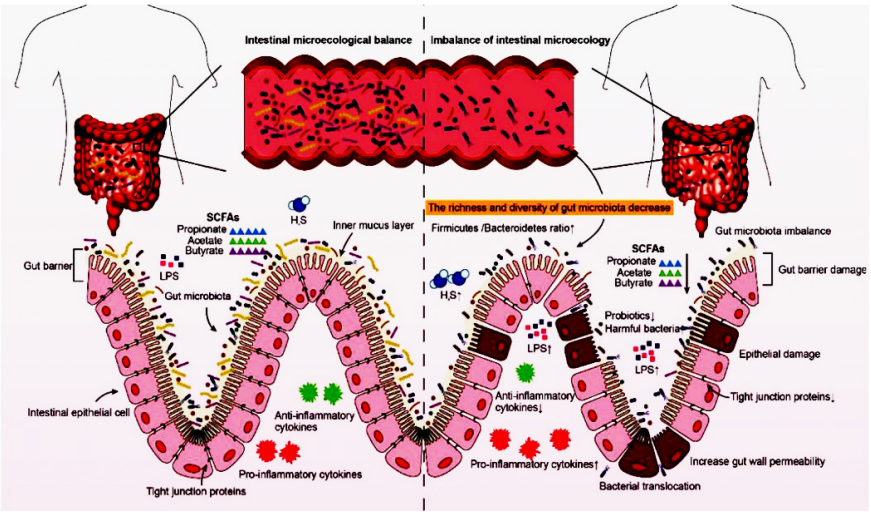
Sód [mg]	260
Potas [mg]	211
Wapń [mg]	36
Fosfor [mg]	18
Magnez [mg]	7
Żelazo [mg]	0,5
Witamina A [µg]	3
Witamina B1 [mg]	0,03
Witamina B2 [mg]	0,06
Witamina B6 [mg]	0,17
Witamina B3 [mg]	0,1
Witamina B9 [µg]	16
Witamina C [mg]	16

Źródło: Kunachowicz i in. (2020).

3. Bariera nabłonka jelitowego i układ odpornościowy

Podstawowymi strukturami bariery nabłonkowej jelita są, od strony światła, warstwa śluzu oraz wyściółka komórek nabłonka jelitowego. W okrężnicy komórki kubkowe wydzielają śluz zawierający białka mucyny, które mają dwuwarstwową żelową strukturę. W prawidłowym jelicie mikroflora komensalna oddziałuje z zewnętrzną warstwą śluzu i nie przemieszcza się do wewnętrznej warstwy śluzu ani do komórek nabłonka (Touret i in. 2018). W jelicie grubym dochodzi do wytwarzania endogennie kwasu masłowego z niestrawionych węglowodanów np. nieskrobiowych polisacharydów, oligosacharydów, oligofruktozy, rafinozy i alkoholi (sorbitol i mannitol). Kwas masłowy jest krótkołańcuchowym kwasem tłuszczowym (ang. *Short Chain Fatty Acid*; SCFA). W jelicie na drodze fermentacji powstają też inne kwasy takie, jak octan, propionian i maślan (Mondovi i in. 2013). Kwasy te regulują pH, zwiększają wchłanianie wapnia, żelaza, magnezu. Bakterie fermentujące cukry produkują SCFA. Należą do nich *Clostridium spp, Eubacterium spp, Rosburia intestinalis, Faecalibacterium praunitzii etc*. U noworodków i niemowląt głównym źródłem kwasu masłowego są oligosacharydy mleka a także mucyny, które zalicza się do puli endogennej krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (Louis i Flint 2017). W chorobach określanych mianem nieswoistym zapaleniem jelit (NZJ) bariera jelitowa jest naruszona, co prowadzi do stanu zapalnego powszechnie określanego jako „nieszczelne jelito". W NZJ dochodzi

do rozszczelnienia warstwy śluzowej jelit, w której obserwuje się zwiększoną migrację neutrofili z krążenia ogólnego do światła jelita. W zmienionej ścianie jelita gromadzą się znaczne ilości leukocytów, natomiast błona śluzowa charakteryzuje się podwyższoną przepuszczalnością dla białek (Shahbazi i in. 2021). Niemniej jednak niewiele badań analizowało mikroflorę błony śluzowej, która jest w bliskim kontakcie z układem odpornościowym jelit i różni się od mikroflory kału (Kotleo 2020). Receptory sprzężone z białkiem G na komórkach nabłonka jelitowego reagują na określone struktury drobnoustrojów i ich metabolity. Bariera nabłonkowa jelita (Dowdell i Kolgan 2021) kontroluje interakcje między mikroflorą jelitową i składnikami pokarmu z jednej strony, a układem odpornościowym pacjenta z drugiej strony (Ryc. 1).



Rysunek 1. Interakcje między mikrobiomem jelitowym.

Źródło: (Moloney i in., 2016).

Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe wykazują działanie przeciwzapalne oraz troficzne, regulują wchłanianie zwrotne wody i sodu w jelicie, a także korzystnie wpływają na motorykę jelit i regulację rytmu oddawania stolca. Te obserwacje przyczyniły się do podawania SCFA do kompleksowej terapii leczenia zaburzeń czynnościowych jelit, w tym biegunek, niezależnie od ich etiologii (Morrison i Preston 2016). W kontekście tym, najsilniejszy i najlepiej poznany efekt dotyczy kwasu masłowego i jego soli. W modelu doświadczalnym wykazano, że maślan sodu wpływa korzystnie na zmniejszenie nadwrażliwości receptorów jelitowych, kwas masłowy zwiększa efektywność perystaltyczną jelita grubego poprzez poprawę kurczliwości mięśniówki

okrężnej, jak i regulujący wpływ na neuroprzekaźnictwo jelitowe, szczególnie w przypadku spowolnionej perystaltyki. Po bezpośrednim podaniu maślanu pacjenci zgłaszali zmniejszenie odczuwania bólu trzewnego, co prawdopodobnie związane jest z korzystnym wpływem na neurony jelitowe (Li i in. 2021). Ponadto, maślan łagodzi odczyn zapalny zmniejsza intensywność oraz czas trwania biegunki (Hu i in. 2022).

Łatwo fermentujące węglowodany są słabo wchłanialne, charakteryzują się wysokim ciśnieniem osmotycznym i zalicza się do nich: fruktozę, laktozę, fruktany oraz alkohole polihydroksylowe (sorbitol, mannitol, maltitol, ksylitol), mogą nasilać objawy NZJ. Węglowodany te przyczyniają się do gromadzenia płynów w świetle jelita, poprzez fermentację bakteryjną w jelicie grubym, przyspieszają produkcję gazów takich jak: siarkowodór, metan oraz nasilają perystaltykę jelit. Opisane procesy mogą wywołać objawy kliniczne w postaci przelewania, biegunek, wzdęcia itp.) dając pacjentowi uczucie dyskomfortu. Uznaje się, że dieta o małej zawartości węglowodanów jest skuteczną formą leczenia dietetycznego tej choroby. Z metaanalizy przeprowadzonej przez Vajru i in. (2020) wynika, że nowatorską opcją leczenia jest dieta uboga w FODMAP (fermentujące oligosacharydy, disacharydy, monosacharydy i poliole) (Yan i in. 2021). Wiele popularnych, zdrowych produktów spożywczych ma wysoką zawartość FODMAP, takich jak owoce (jabłka, gruszki, brzoskwinie i arbuzy), warzywa (cebula, czosnek, dynia i grzyby), produkty mleczne, zboża (pszenica i żyto) oraz substancje słodzące (sorbitol. i mannitol) itp. (Godala i in. 2022). FODMAP mogą wywoływać objawy u pacjentów z NZJ, w oparciu o dwa główne mechanizmy (Mantella i in. 2020; Xie i in. 2022). Według „hipotezy jelita cienkiego" FODMAP są niewchłoniętymi, aktywnymi osmotycznie cząsteczkami (węglowodanami), które zwiększają zawartość wody w świetle jelita cienkiego. Prowadzi to do rozdęcia, które powoduje objawy takie jak wzdęcia i dyskomfort. Zwiększone rozciągnięcie powoduje także szybszy pasaż ustno-kątniczy, co upośledza wchłanianie w jelicie cienkim (Cox i in. 2020). Drugi mechanizm („hipoteza jelita grubego") opisuje FODMAP jako docierające do jelita grubego w postaci niewchłoniętej, gdzie są szybko fermentowane przez bakterie jelitowe. Powoduje to wzdęcia i dyskomfort poprzez zwiększone wytwarzanie gazów i rozciągnięcie ściany okrężnicy (Peng i in. 2022). Ze względu na nadwrażliwość trzewną, ta sama wielkość rozdęcia będzie powodować różne stopnie objawów, w zależności od indywidualnej podatności (Distrutii i in. 2016). Odkrycia te sugerują, że wykluczenie FODMAP z diety może złagodzić objawy NZJ. Powstała zatem potrzeba przeprowadzenia metaanalizy skupiającej się na ocenie skuteczności,

aby dostarczyć dowody i stanowić podstawę zaleceń dotyczących szerszego zastosowania terapeutycznego. W metaanalizie (Mentella i in. 2020), mającej na celu wykazanie czy dieta low-FODMAP łagodzi objawy dorosłych pacjentów z NZJ skuteczniej niż inne (standardowe) interwencje dietetyczne (tj. bez ograniczenia zawartości FODMAP) wykazano. że dieta taka znacząco poprawia ogólne objawy i jakość życia pacjentów z NZJ. Jednak dieta o niskiej zawartości FODMAP wiąże się z pewnymi problemami, takimi jak zmiany w mikroflorze jelitowej i niewystarczające spożycie składników odżywczych (So i in. 2022). Dieta o niskiej zawartości FODMAP może stanowić potencjalne leczenie pierwszego rzutu, ale musi być przeprowadzana pod opieką dietetyka.

W porównaniu ze zdrowymi osobami, pacjenci z NZJ, wykazują zmiany mikroflory jelitowej. Zmiany obejmują dysbiozę, charakteryzującą się zwiększoną liczebnością *Escherichia coli i Fusobacterium spp*. Wiadomo, że te mikroorganizmy promują stany zapalne jelit poprzez adhezję i inwazję nabłonka okrężnicy. Zaobserwowano również obniżoną liczebność *Faecalibacterium prausnitzii i Akkermansia muciniphila,* producentów SCFA [40]. Duża liczebność *Actinobacteria* i związanego z nią rodzaju *Bifidobacterium* chroni przed NZJ (Swain i in.2014). Gatunki takie jak *Ruminococcus gnavus i R. torques* zazwyczaj wzmagają stan zapalny jelit poprzez wytwarzanie polisacharydu indukującego TNF-α i występują licznie u pacjentów z nieswoistym zapaleniem jelit (Du i in. 2018).

Ponadto, na skład mikroflory jelitowej człowieka wpływają metoda pobierania próbek, położenie geograficzne i czynniki związane z pacjentem, takie jak genetyka, płeć, wiek, dieta, konsystencja stolca i inne czynniki związane ze stylem życia (Zabat i in. 2018). Co ważne, zmiany obserwowane w mikroflorze jelitowej mogą być konsekwencją lub przyczyną NZJ. Bakterii *Klebsiella pneumonia* przypisuje się działanie wpływające na rozwój NZJ, gdyż stwierdzono ją u około 40% pacjentów a jej liczebność korelowała z aktywnością choroby (Yu i in. 2013).

Bakteryjne elementy mikroflory nie są jedynymi mikroorganizmami, które mogą ulec zmianie w NZJ. Grzyby, archeony i wirusy mogą wpływać na odpowiedź immunologiczną jelit u osób z NZJ, chociaż stanowią tylko niewielką część mikroflory jelitowej ssaków (Ge i in. 2009). U zdrowych osób mikroflora jelitowa jest w stanie homeostazy i zapewnia prawidłową funkcję bariery jelitowej. Pacjentów z NZJ cechuje brak równowagi mikroflory jelitowej i dysfunkcja bariery jelitowej, w tym zwiększona ilość szkodliwych bakterii, siarkowodoru, lipopolisacharydu (LPS), zmniejszenie liczby pożytecznych

bakterii i SCFA białek w połączeniach ścisłych jelit i zwiększenie przepuszczalność jelit (Zeng i in. 2009). Fermentowana żywność zawierająca probiotyki, taka jak kapusta kiszona, jogurt, kefir, kimchi i kombucha, zawierają żywe mikroorganizmy, o których wiadomo, że przywracają równowagę układu pokarmowego. W kiszonej kapuście witaminy i składniki mineralne wpływają na poprawę pracy jelita cienkiego i grubego. Kapusta jest źródłem żelaza, wapnia, magnezu oraz siarki, ponadto, zawiera indole i izotiocyjaniny, które to związki działają detoksykacyjnie i neutralizują wolne rodniki oraz hamują rozwój komórek nowotworowych (Pittayanon i in. 2019; Romero i in. 2018; Tolonen i in. 2002).

4. WPŁYW ZASTOSOWANIA KAPUSTY KISZONEJ W DIECIE LUDZI NA FUNKCJE JELIT

Kapusta kiszona jest jednym z niewielu fermentowanych produktów spożywczych, dla których przeprowadzono badania kliniczne w zaburzeniach czynnościowych jelit. W randomizowanym badaniu z podwójnie ślepą próbą porównano wpływ kiszonej kapusty zawierającej żywe bakterie kwasu mlekowego na objawy żołądkowo-jelitowe i mikroflorę u 58 pacjentów z zespołem jelita drażliwego (ang. *Irritable Bowel Syndrome* IBS). Pacjenci zostali losowo przydzieleni do grup spożywającej 75 g dziennie pasteryzowanej (grupa kontrolna) lub do grupy interwencyjnej spożywającej przez 6 tygodni niepasteryzowaną kiszoną kapustę zawierającą kwas mlekowy (Raghuvanashi i in. 2019). W obu badanych grupach wystąpiła znaczna redukcja objawów IBS mierzona na podstawie Punktowego System Nasilenia Objawów IBS (*IBS Severity Scoring System*), a który jest walidowanym wskaźnikiem pozwalającym ocenić stopień nasilenia objawów IBS, co ułatwia monitorowanie odpowiedzi na leczenie. Sekwencjonowanie 16S rRNA nie wykazało różnic w składzie mikrobiomu między grupami badanymi na początku i na końcu badania. Wyniki cytowanych badań sugerują, że korzyści zdrowotne przypisywane spożyciu kiszonej kapusty są niezależne od obecnych w niej drobnoustrojów. Jednak ograniczeniem tego badania była mała liczebność badanej grupy, gdyż do analizy włączono tylko tych pacjentów, którzy ukończyli badanie (n = 34) (Staudacher 2021). Ponadto nie stosowano surowej kapusty, dlatego nie można zatem jednoznacznie określić, czy złagodzenie objawów żołądkowo-jelitowych było związane z produktami pochodzącymi z jej fermentacji, czy z samą kapustą.

Istnieją ograniczone dowody na skuteczność większości fermentowanych pokarmów na poprawę funkcji przewodu pokarmowego, przy czym większość badań jest niskiej jakości. Kefir jest fermentowaną żywnością najczęściej badaną pod kątem jego wpływu na zdrowie przewodu pokarmowego, z dowodami sugerującymi, że może być korzystny u osób z zaburzeniami złego wchłaniania laktozy i zwalczania zakażenia *H. pylori* (Jagielski i in. 2023). Dotychczas nie przeprowadzono badań z udziałem ludzi, u których zbadano by wpływ spożywania kombuchy, tempeh i kimchi na funkcjonowanie przewodu pokarmowego. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na trudności w przeprowadzeniu i powtórzeniu badań z fermentowaną żywnością wynikające ze specyfiki regionu, w którym spożywane są ww. produkty i różnorodności etnicznej osób zamieszkujących tereny, gdzie spożywane są kombucha, tempeh i kimchi.

W metaanalizie dotyczącej kapusty kiszonej znaleziono łącznie 251 publikacji (Dimidi i in. 2019). Po usunięciu duplikatów pozostało 148 publikacji. Spośród nich dziewięć zostało wykluczonych, ponieważ nie były dostępne. Większość publikacji (n=68; 48,9%) pochodziła z Europy, a następnie ze Stanów Zjednoczonych (n=43; 30,9%) i Azji (n=14; 10,0%). Ponad połowa badań (n=79; 56,8%) koncentrowała się na analizie wartości odżywczych kapusty oraz kwestii związanych z fermentacją i zabezpieczaniem kapusty kiszonej przed procesami psucia. Badano wpływ kiszonej kapusty na ryzyko wystąpienia objawów alergicznych (np. reakcja pokrzywkowa) lub preferencje żywieniowe, po których u pacjentów występowanie epizodycznych bóli brzucha, zmiana rytmu wypróżnień (zaparcia, biegunka lub postać mieszana) albo innych objawów ze strony przewodu pokarmowego lub pozajelitowych było mniej lub słabiej nasilone. Pozostałe publikacje (n=9; 6,5%) koncentrowały się na ocenach technologii procesowej (tj. w zakresie retencji biomasy) (Devi i in. 2015) [4]. Bezpośrednie badania u ludzi były prawie stałe w czasie i wynosiły około 11,5%.

5. Wpływ kapusty kiszonej w diecie na inne schorzenia organizmu

Pro W przypadku zaburzeń mikrobioty obserwuje się powstawanie depresji i odwrotnie, u osób z już stwierdzoną depresją obserwuje się zaburzenia mikrobioty (Gulas i in. 2018). Jedną z grup leków ordynowanych pacjentom z depresją są inhibitory monoaminooksydazy (ang. *Monoamine Oxidase Inhibitors*, MAOIs (Wardziukiewicz i Stachowska 2020, Samochowiec i in. 2021). Wskazań do stosowania inhibitorów monoaminooksydazy (IMAO)

jest coraz więcej, lecz wielu psychiatrów nadal waha się przed przepisywaniem IMAO, powołując się na obawy związane z zakazami dietetycznymi i reakcjami nadciśnieniowymi. Brakuje danych na temat częstotliwości spożywania przez pacjentów psychiatrycznych pokarmów, napojów i leków zabronionych podczas stosowania IMAO. Badanie przeprowadzono wśród 139 pacjentów psychiatrycznych przyjętych do oddziału stacjonarnego specjalizującego się w leczeniu zaburzeń nastroju lub ambulatoryjnej poradni zaburzeń lękowych specjalizującej się w leczeniu fobii społecznej (Martinez-Villaluenga i in. 2009). W momencie włączenia pacjenci nie byli leczeni IMAO, chociaż mogli otrzymać takie leczenie później. Wszyscy pacjenci wypełnili kwestionariusz stworzony na potrzeby tego badania, aby ustalić spożycie żywności, napojów i leków. Dziewięćdziesiąt procent pacjentów zgłosiło codzienne lub cotygodniowe spożywanie żywności zawierającej ser, podczas gdy mniej niż 1% pacjentów stwierdziło, że nigdy nie jadło twardego sera. Ponad 50% pacjentów spożywało m.in. produkty drożdżowe, kiełbasę suszoną, peklowaną wołowinę, bób, kapustę kiszoną i piwo co najmniej raz w miesiącu. Czekoladę w badanej grupie pacjentów codziennie spożywało ją 30% badanych.

W badaniu preferencji żywieniowych w grupie obejmującej 1234 nastolatków w wieku od 10 do 14 lat wykazano, że kapusta kiszona była w dużym stopniu nielubiana (Morrison i Preston 2016). Tantcheva i in. (2023) w badaniu epidemiologicznym dotyczącym wpływu różnych parametrów stylu życia i danych socjodemograficznych na aktywność cytochromu P450 1A2 (CYP1A2), nie wykazało istotnego wpływu spożycia kiszonej kapusty na powyższe parametry.

Przeprowadzono badanie dotyczące fermentowanej żywności i napojów sprzedawanych w Wielkiej Brytanii pod kątem zawartości karbaminianu etylu (uretanu), wytwarzanego z udziałem drobnoustrojów w (Hasnip i in. 2007). Według opinii Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (ang. *European Food Safety Authority*) jest to związek niepożądany w żywności ze względu na prawdopodobnie kancerogenny wpływ na zdrowie człowieka (EFSA 2007). Próbki obejmowały 75 fermentowanych płynów (piwa, wina, wina wzmocnione, wódki, likiery, sosy sojowe i octy) oraz 25 fermentowanych produktów spożywczych stałych (sery, jogurty, produkty sojowe, kapusta kiszona, ekstrakt drożdżowy, oliwki i budyń). W piwach, cydrze, serach, jogurtach, oliwkach i produktach na bazie soi nie wykryto nie wykryto karbaminianu etylu (Satora i in. 2021). Wina zawierały od 11 do 24 μg/kg, a sake od 81 do 164 μg/kg. Wina wzmocnione zawierały karbaminian etylu na poziomie od 14 do 60 μg/kg. Natomiast pojedyncze próbki kiszonej kapusty,

ekstraktu drożdżowego i świątecznego puddingu zawierały niską zawartość tego związku (odpowiednio 29, 41 i 20 μg/kg).

Kolejnym związkiem, który może niekorzystnie wpływać na zdrowie człowieka jest tyramina (4-hydroksyfenyloetyloamina), amina biogenna posiadająca właściwości farmakologiczne. Generalnie aminy biogenne powstają naturalnie w żywych komórkach roślin, zwierząt i ludzi w wyniku przemian biochemicznych. Również tworzą się także w żywności za sprawą bakterii wydzielających enzymy dekarboksylazy. Enzymy te powodują dekarboksylację (usunięcie grupy karboksylowej) aminokwasów, czego efektem jest powstawanie amin biogennych. Wysoką zawartością amin biogennych cechuje się żywność fermentowana, długo dojrzewająca i zanieczyszczona mikroorganizmami (Jacob i in. 2005). Tyramina może występować w żywności świeżej, jednak zwykle w niewielkich ilościach. Na jej ilość w pożywieniu wpływa czas przechowywania, temperatura przechowywania oraz zawartość aminokwasu tyrozyny, który jest prekursorem tyraminy w procesach dekarboksylacji prowadzonych przez bakterie w żywności.

Kapusta kiszona również może zawierać tyraminę, której zwartość wzrasta wraz z czasem przechowywania. Walker i in. (1996) przeanalizowali zawartość tyraminy w 51 próbkach żywności za pomocą chromatografii cieczowej. Stwierdzili niebezpiecznie wysokie stężenie tyraminy na poziomie 7,75 mg/250 g w kapuście kiszonej. Inni autorzy (Gawarska i in 2012) stwierdzili zawartość tyraminy w kapuście kiszonej w zakresie 20,8–79,6 mg/kg. U organizmie człowieka tyramina jest metabolizowana przez enzym zwany monoaminooksydazą (MAO) (Sweet i in. 1995). Leki, które hamują aktywność tego enzymu, blokują jej metabolizm. Dlatego następuje zwiększenie jej stężenia we krwi, co pobudza układ adrenergiczny, powodując uwolnienie noradrenaliny z zakończeń nerwowych oraz adrenaliny z nadnerczy. Nadmiar tyraminy może wywoływać gwałtowny wzrost ciśnienia tętniczego, prowadzący nawet do krwawień śródczaszkowych. Jest to niezwykle ważne dla osób z już zdiagnozowanymi zaburzeniami ciśnienie tętniczego. Zwykle towarzyszy temu ból głowy, bóle zamostkowe, hipertermia i zaburzenia widzenia. Czasami występują również takie objawy jak spowolnienie psychoruchowe, tachykardia, sztywność karku, wymioty, niepokój, lęk, dreszcze, bladość, pocenie się oraz zapaść, a w skrajnych przypadkach niewydolność i zawał serca, krwotoki, udar mózgu lub śpiączka. Spożycie tyraminy w ilości około 6 mg może stać się przyczyną śmierci. Właśnie ta interakcja nazywana jest „efektem serowym". Skoki ciśnienia oraz ataki migreny po spożyciu pokarmów potencjalnie bogatych w tyraminę, to jedne z najczęstszych wymienianych dolegliwości

u osób nadwrażliwych na ten związek. Objawy kliniczne pojawiają się od 30 minut do kilku godzin po spożyciu tyraminy i ustępują zwykle w czasie do 24 godzin. Dlatego osoby z nadciśnieniem nie powinny w nadmiarze spożywać kapusty kiszonej, szczególnie tej długo przechowywanej, nie tylko ze względu na zawartość NaCl ale właśnie ze względu na obecność tyraminy.

Penas i in. zbadali wpływ przechowywania i optymalizacja warunków fermentacji kapusty białej (*Brassica oleracea L*. var. capitata cv. *Bronco*) uprawianej zimą we wschodniej Hiszpanii (Penas i in. 2010). Badano wpływ dwóch stężeń soli (0,5 i 1,5% NaCl) w połączeniu z fermentacją spontaniczną lub indukowaną na zawartość askorbigenu (ABG) i witaminy C oraz na jakość sensoryczną kiszonej kapusty. Badano także wpływ przechowywania w temperaturze 4°C przez 1-3 miesiące. Zawartość ABG wzrosła z 14 mmol/100 g s.m. w kapuście surowej do 63-137 mmol/100 g s.m. w trakcie fermentacji. Natomiast stężenie witaminy C zmniejszyło się z 354 do 236-277 mg/100 g, a wahania te zależały od warunków fermentacji. Największą zawartością ABG i dużą ilością witaminy C charakteryzowała się kapusta kiszona uzyskana przez działanie *Leuconostoc mesenteroides* przy zawartości 0,5% NaCl. Chłodzenie przez 1-3 miesiące doprowadziło do obniżenia poziomu ABG i witaminy C, natomiast kapusta kiszona z bakteriami *Lactobacillus mesenteroides* wykazała znaczne ilości obu związków na koniec okresu przechowywania (odpowiednio 74-82 mmol/100 g s.m. i 33-44 mg/100 g), wyższe niż w przypadku *Lactobacillus plantarum* i mieszanej kultury starterowej przed przechowywaniem. Doświadczalna kapusta kiszona charakteryzowała się lepszymi właściwościami organoleptycznymi niż produkty handlowe i nie stwierdzono różnic w ogólnej akceptowalności pomiędzy fermentacjami naturalnymi a tymi prowadzonymi z kulturami starterowymi. Wyniki te sugerują, że niskosolona kapusta kiszona wytwarzana z *Lactobacillus mesenteroides* zapewnia wysoce korzystne związki przeciwutleniające i przeciwnowotworowe oraz niską zawartość sodu, co jest zgodne z ogólną tendencją panującą w krajach uprzemysłowionych zmniejszania zawartości soli w żywności w celu zapobiegania chorobom układu krążenia.

Badania przeprowadzone w Polsce dotyczyły działania chemoprotekcyjnego kiszonej kapusty (Szwejda-Grzybowska 2011). Stwierdzono w nich, że sok z kiszonej kapusty miał istotny wpływ na profil ekspresji kluczowych enzymów metabolizmu estrogenów w ludzkich liniach komórkowych piersi w porównaniu z indolo-3-karbinolem (I3C) i 3 ,3'-diindolilometanem (DIM). W podobnym eksperymencie zbadano wpływ surowej kapusty i soków z kiszonej kapusty na aktywność i ekspresję CYP1A1, 1A2, 1B1 i 2B

w wątrobie i nerkach szczurów rasy Wistar (Krajka-Kuzniak i in. 2011). Wyniki porównano z wynikami dwóch dostępnych na rynku produktów degradacji glukozynolanów: indolo-3-karbinolu (I3C) i izotiocyjanianu fenetylu (PEITC). Stwierdzono istotne różnice w działaniu soków z kapusty oraz I3C i PEITC pomiędzy wątrobą i nerkami. W wątrobie oba soki po 10 dniach doświadczenia zmniejszyły aktywność markerów enzymatycznych CYP1A1 i CYP1A2, natomiast w nerkach w 4 i 10 dniu doświadczenia zaobserwowano zwiększenie aktywności tych enzymów. Po 30 dniach leczenia sokiem z kiszonej kapusty stwierdzono poziom białka CYP1A1/1A2 w wątrobie. Podobny efekt zaobserwowano po zabiegu PEITC. I3C zwiększał ekspresję i aktywność wątrobowych CYP we wszystkich badanych punktach czasowych. Podsumowując, z badań tych wynika, że surowa kapusta i soki z kiszonej kapusty mogą wpływać na CYP zaangażowany w aktywację czynników rakotwórczych/ksenobiotyków i w ten sposób wywierać działanie przeciwnowotworowe. Ostateczne efekty zależą jednak od czasu ekspozycji i rodzaju tkanki.

Nietolerancja histaminy (NH) może być przyczyną objawów chorobowych podobnych do alergii. Enzym oksydaza diaminowa (DAO) to główny enzym, wytwarzany w jelicie, odpowiedzialny za rozkładanie histaminy z pożywienia. W normalnych warunkach, u zdrowych osób, histamina z pokarmów jest bardzo szybko przetwarzana przez DAO. U osób z nietolerancją histaminy występuje niedobór DAO, co powoduje nagromadzenie się histaminy w organizmie i rozwój objawów, jak np. migreny, bóle głowy, zaparcia, wzdęcia, biegunki, katar, problemy skórne czy przewlekłe bóle mięśni (Naila i in. 2012). Histamina zawarta w żywności w nietoksycznych dawkach jest główną przyczyną nietolerancji pokarmowej. Do produktów bogatych w histaminę, zaliczamy: sery, kiełbaski, kapusta kiszona, tuńczyk, pomidory i napoje alkoholowe mogą zawierać histaminę w ilości do 500 mg/kg. Chociaż kapusta kiszona ma wiele deklarowanych właściwości może u osób z nietolerancją histaminy powodować niepożądane lub nawet reakcje alergiczne, szczególnie w populacjach wysokiego ryzyka, takich jak pacjenci z depresją lub alergią (Wang i in. 2011). Kapusta kiszona jest jednym z niewielu sfermentowanych pokarmów, dla których przeprowadzono badania kliniczne w funkcjonowaniu zaburzeń jelit. W tabeli 2 przedstawiono badania kliniczne z udziałem kapusty kiszonej jak również innych produktów sfermentowanych. W badaniu, w którym użyto dwóch rodzajów pasteryzowanej i niepasteryzowanej kapusty kiszonej zmniejszają nasilenie IBS, wydaje się, że na ten efekt nie ma wpływu mikroflora przewodu pokarmowego. Konieczne są dalsze badania w celu wyjaśnienia mechanizmów tego wpływu na objawy żołądkowo-jelitowe. Niewiele

jest dowodów na wpływ kiszonej kapusty na inne schorzenia. Wymienione badania kliniczne miały ograniczenia

Tabela 2. Podsumowanie badań interwencyjnych dotyczących wpływu kiszonej kapusty, produktów sojowych i kimchi na zdrowie i choroby przewodu pokarmowego

Autorzy	Produkt fermentowany	Badana grupa	Grupa kontrolna	Grupa interwencyjna	Czas badania	Efekt
Nielsen et al., (2018)	Kapusta kiszona	Randomizowana, podwójnie ślepa, kontrolowana próba	Zespół jelita drażliwego, n = 58	75 g dziennie niepasteryzowanej kapusty kiszonej zawierającej *LAB*	6 tygodni	Brak istotnego wpływu kapusty kiszonej niepasteryzowanej lub pasteryzowanej na skład mikrobiomu.
Fujisawa et al., (2006)	Zupa miso/ natto (sfermentowana soja)	Niekontrolowane badanie otwarte	badanie Zdrowy, n = 8	200 ml zupy miso zawierającej 50 g natto dziennie	2 tygodnie	W grupie spożywającej miso/ natto nie stwierdzono wpływu na florę bakteryjną.
Mitsui i in. (2006)	Zupa natto (sfermentowana soja)	Rzadkie wypróżnienia, n = nieznane	50 g/day natto *(Bacillus subtilis K*-2, 3.8 × 109 CFU)	50g/dobę gotowanej soi	2 tygodnie	W grupie spożywającej soję w postaci natto w porównaniu do grupy kontrolnej: stwierdzono wzrost perystaltyki jelit. Zwiększenie częstości wypróżnień, większa ilość stolca.
Kil i in. (2004)	Kimchi	Zakażenie *H. pylori*, n = 6	300 g of kimchi	60 g of kimchi	4 tygodnie	Nie zaobserwowano wyeliminowania zakażenia *H. pylori* u żadnego uczestnika badania (p = 0,944). Zaobserwowano niższe pH kału (p = 0,0001), oraz niższą aktywność β-glukuronidazy (p = 0,0065) i β-glukozydazy (p = 0,0001).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie bazy Pubmed.

Zakończenie

Kapusta kiszona, to jedna z najstarszych tradycyjnych żywności, charakteryzuje się różnorodnością o korzystnym działaniu na zdrowie człowieka. Kapusta kiszona wykazuje korzystne działanie prozdrowotne. Z danych klinicznych wynika, że regularne spożywanie małych dawek kiszonej kapusty – 7 g do 10 g dziennie – ma bardzo dobry wpływ na przewód pokarmowy wielu pacjentów. Zgłaszają oni lepsze trawienie i mniej zaparć. Jednak potrzebne są badania kliniczne, aby ocenić wpływ kapusty kiszonej na jelita, które musiałyby uwzględniać ilość i regularność jej spożycia oraz wpływ na markery trawienia oraz skład i funkcję mikrobioty jelit, szczególnie u osób z NZJ. Ponadto zasadne jest prowadzenie badań na wpływem soku z kiszonej kapusty, gdyż dotychczas nie jest jasne, czy witaminy w nim obecne, zwłaszcza witamina B_6, mogą wspierać produkcję oksydazy diaminowej (DAO). Obniżone wytwarzanie DAO w jelicie cienkim obserwowane jest pod wpływem niektórych leków (przeciwdepresyjnych, żołądkowo-jelitowych) i w stanach zapalnych błony śluzowej jelit, dlatego poprawa ich funkcji dzięki prozdrowotnym składnikom zawartym w kapuście kiszonej mogłaby przynieść korzyści zdrowotne szczególnie osobom z nietolerancją histaminy.

Literatura

Baker H. (2007). Nutrition in the elderly: diet pitfalls and nutrition advice. *Geriatrics*, 62, 10, 24–26.

Bellisle F., Blundell JE., Fantino M., et. All (1998). Functional food science and behaviour and psychological functions. *British Journal of Nutrition*, supl S:173-193.

Contor L. (2001). Functional Food Science in Europe. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases,* 11(4 Suppl), 20-23.

Cox SR., Lindsay JO., Fromentin S., et al. (2020). Effects of Low FODMAP Diet on Symptoms, Fecal Microbiome, and Markers of Inflammation in Patients With Quiescent Inflammatory Bowel Disease in a Randomized Trial. *Gastroenterology,* 158(1), 176-188.e7.

Devi K.P., Malar D.S., Nabavi S.F., et al. (2015). Kaempferol and inflammation: from chemistry to medicine. *Pharmacological Research,* 99, 1–10.

Dimidi E., Rose Cox S., Rossi M., Whelan K. (2019). Fermented Foods: definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. *Nutrients*, 11, 1806.

Diplock AT., Chaleux JL., Crozier-Willi G., et al. (1998). Functional food science and defence against reactive oxidative species *British Journal of Nutrition*, suppl S:77-112.

Distrutti E., Monaldi L., Ricci P., Fiorucci S. (2016). Gut microbiota role in irritable bowel syndrome: New therapeutic strategies. *World Journal of Gastroenterology*, 22(7), 2219-2241.

Distrutti E., O'Reilly JA., McDonald C., et al. (2014). Modulation of intestinal microbiota by the probiotic VSL#3 resets brain gene expression and ameliorates the age-related deficit in LTP. *PLoS One*, 9(9), e106503.

Dowdell AS., Colgan SP. (2021). Metabolic host-microbiota interactions in autophagy and the pathogenesis of Inflammatory Bowel Disease (IBD). *Pharmaceuticals* (Basel), 14(8), 708.

Du R., Ge J., Zhao D., et al. (2018). Bacterial diversity and community structure during fermentation of Chinese sauerkraut with Lactobacillus casei 11MZ-5-1 by Illumina Miseq sequencing. *Letters in Applied Microbiology,* 66, 55–62.

EFSA (2007). Ethyl carbamate and hydrocyanic acid in food and beverages, Scientific Opinion of the Panel of Contaminants. EFSA Journal, 551, 1-44.

Ferruzza S., Natella F., Ranaldi G., et al. (2016). Nutraceutical improvement increases the protective activity of broccoli sprout juice in a human intestinal cell model of gut inflammation. *Pharmaceuticals* (Basel), 9(3), 48.

Fujisawa T., Shinohara K., Kishimoto Y., Terada A. (2006). Effect of miso soup containing Natto on the composition and metabolic activity of the human faecal flora, *Microbial Ecology in Health and Disease*, 18, 79–84.

Gawarska D., Sawilska-Rautenstrauch H., Ścieżyńska M. et al. (2012). Występowanie wolnych amin biogennych: histaminy, tyraminy, putrescyny i kadaweryny w owocach i warzywach oraz ich produktach. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLV, 2, 105–110.

Ge J., Ping W., Song G., et al. (2009). Paracin 1.7, a bacteriocin produced by Lactobacillus paracasei HD1.7 isolated from Chinese cabbage sauerkraut, a traditional Chinese fermented vegetable food. *Acta Microbiologica Sininica,* 49, 609–616.

Ghosh S., Mitchell R.J. (2007). Impact of inflammatory bowel disease on quality of life: Results of the European Federation of Crohn's and Ulcerative Colitis Associations (EFCCA) patient survey. *Journal of Crohns Colitis*. 1(1), 10-20.

Godala M., Gaszyńska E., Zatorski H., Małecka-Wojciesko E. (2022). Dietary Interventions in Inflammatory Bowel Disease. *Nutrients*, 14(20), 4261.

Gulas E., Wysiadecki G., Strzelecki D., et al. (2018). Can microbiology affect psychiatry? A link between gut microbiota and psychiatric disorders. *Psychiatria Polska*. 52(6), 1023-1039.

Hasnip S., Potter N., Christy J., et al. (2007). Survey of ethyl carbamate in fermented foods sold in the United Kingdom in 2004. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(7), 2755-2759.

Zagórowicz E., Reguła J. (2023). Obciążenia społeczne związane z nieswoistymi chorobami zapalnymi jelit w Polsce. Wydatki ZUS w świetle zmian w programach lekowych. Wyd. MAHTA Sp. z.o.o., Warszawa, str. 20.

Hu T., Wu Q., Yao Q., et al. (2022). Short-chain fatty acid metabolism and multiple effects on cardiovascular diseases. *Ageing Research Reviews*, 81, 101706.

Jacob G., Gamboa A., Diedrich A., et al. (2005). Tyramine-induced vasodilation mediated by dopamine contamination: a paradox resolved. *Hypertension*, 46(2), 355-359.

Jagielski P., Bolesławska I., Wybrańska I., et al. (2023). Effects of a diet containing sources of prebiotics and probiotics and modyfication of the gut microbiota on the reduction of body fat. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1348.

Kil J.-H., Jung K.-O., Lee H.-S., et al. (2004). Effects of kimchi on stomach and colon health of *Helicobacter pylori*-infected volunteers. *Preventive Nutrition and Food Science*, 9, 161–166.

Kok CR., Hutkins R. (2018). Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. *Nutrition Reviews*, 76(Suppl1), 4-15.

Kotlo K. (2020). The olfactory G protein-coupled receptor (Olfr-78/OR51E2) modulates the intestinal response to colitis. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 318, 502-513.

Krajka-Kuzniak V., Szaefer H., Bartoszek A., Baer-Dubowska W. (2011). Modulation of rat hepatic and kidney phase II enzymes by cabbage juices: Comparison with the effects of indole-3-carbinol and phenethyl isothiocyanate. *British Journal of Nutrition,* 105, 816–826.

Kubiński T. (2010). Żywność funkcjonalna. *Życie Weterynaryjne*, 85(11), 932-935.

Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K. Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, 2020.

Kwon D., Yoon S., Carter O., et al. (2006). Antioxidant and antigenotoxic activities of *Angelica ke*iskei, *Oenanthe javanica* and *Brassica oleracea* in the *Salmonella* mutagenicity assay and in HCT116 human colon cancer cells. *Biofactors*, 26(4), 231-244.

Li G., Lin J., Zhang C., et al. (2021). Microbiota metabolite butyrate constrains neutrophil functions and ameliorates mucosal inflammation in inflammatory bowel disease. *Gut Microbes*, 13(1), 1968257.

Little R., Wine E., Kamath BM. (2020). Gut microbiome in primary sclerosing cholangitis: A review. *World Journal of Gastroenterology*, 26(21), 2768-2780.

Louis P., Flint HJ. (2017). Formation of propionate and butyrate by the human colonic microbiota. *Environmental Microbiology*, 19, 29-41.

Ma T., Yao C., Shen X., et al. (2021). The diversity and composition of the human gut lactic acid bacteria and bifidobacterial microbiota vary depending on age. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(21-22), 8427-8440.

Martinez-Villaluenga C., Peñas E., Frias J., et al. (2009). Influence of fermentation conditions on glucosinolates, ascorbigen, and ascorbic acid content in white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata cv. Taler) cultivated in different seasons. *Journal of Food Scicience*, 74(1), 62–67.

Martinez-Villaluenga C., Frias J., Vidal-Valverde C. (2008). Alpha-galactosides: antinutritional factors or functional ingredients? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(4), 301-16.

Mentella MC., Scaldaferri F., Pizzoferrato M., et al. (2020). Nutrition, IBD and Gut Microbiota: A Review. *Nutrients,* 12(4), 944.

Min M., Bunt CR., Mason SL., Hussain MA. (2019). Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(16), 2626-2641.

Mitsui N., Tsukahara M., Murasawa H., et al. (2006). Effect of Natto including *Bacillus subtilis* K-2 (Spore) on defecation and fecal microbiota, and safety of excessive ingestion in healthy volunteers. *Japanese Pharmacology & Therapeutics*, 34, 135–148 (abstract).

Moloney RD., Johnson AC., O'Mahony SM., et all. (2016). Stress and the Microbiota -Gut-Brain Axis in Visceral pain: relevance to irritable bowel syndrome. *CNS Neuroscience & Therapeutics,* (2), 102-117.

Mondovi B., Fogel WA., Federico R., et al. (2013). Effects of amine oxidases in allergic and histamine-mediated conditions. *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery,* 7(1), 20-34.

Morrison DJ., Preston T. (2016). Formation of short chain fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. *Gut Microbes*, 7, 189-200.

Naila A., Flint S., Fletcher G., et al. (2012). Prediction of the amount and rate of histamine degradation by diamine oxidase (DAO). *Food Chemistry*, 135(4), 2650–60

Nielsen E.S., Garnås E., Jensen K.J. (2018). Lacto-fermented sauerkraut improves symptoms in IBS patients independent of product pasteurization - a pilot study. *Food Functional*, 9, 5323–5335

Penas E., Frias J., Sidoro B., Vidal-Valverde C. (2010). Chemical evaluation and sensory quality of sauerkrauts obtained by natural and induced fermentations at different NaCl levels from *Brassica oleracea* Var. capitata Cv. Bronco grown in eastern Spain. Effect of storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3549-3557.

Peng Z., Yi J., Liu X. (2022). A Low-FODMAP Diet Provides Benefits for Functional Gastrointestinal Symptoms but Not for Improving Stool Consistency and Mucosal Inflammation in IBD: A Systematic Review and Meta--Analysis. *Nutrients,* 14(10), 2072.

Pfeiffer CM., Zhang M., Jabbar S. (2018). Framework for laboratory harmonization of folate measurements in low- and middle-income countries and regions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1414(1), 96-108.

Pittayanon R., Lau JT., Yuan Y., et al. (2019). Gut microbiota in patients with irritable bowel syndrome—a systematic review. *Gastroenterology*, 157(1), 97–108.

Raak C., Ostermann T., Boehm K., Molsberger F. (2014). Regular consumption of sauerkraut and its effect on human health: A bibliometric analysis. *Global Advances in Integrative Medicine and Health*, 3,12–18.

Raghuvanshi R., Grayson AG., Schena I. et al. (2019). Microbial transformations of organically fermented foods. *Metabolites*, 9 (8), 165.

Roberfroid M., Gibson GR., Hoyles L. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104 Suppl 2, S1-63.

Robertfroid M. (2000). Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6Suppl), 1660S-4S.

Romeo L., Iori R., Rollin P. (2018). Isothiocyanates: An Overview of Their Antimicrobial Activity against Human Infections. *Molecules,* 23, 624.

Samochowiec J., Dudek D., Kucharska-Mazur J. et al. (2021). Leczenie farmakologiczne epizodu depresji i zaburzeń depresyjnych nawracających – wytyczne Polskiego Towarzystwa Psychiatrycznego i Konsultanta Krajowego ds. Psychiatrii Dorosłych. *Psychiatria Polska*, 55(2), 235-259.

Satora P., Skotniczny M., Strnad S., Piechowicz W. (2021). Chemical composition of sauerkraut produced of dierent cabbage varieties. *LWT - Food Science Technology*, 136, 110325.

Shahbazi F., Sharifzad R., Bagheri N. (20210. Anti-inflammatory and immunomodulatory properties of fermented plant foods. *Nutrients*, 13(5), 1516,

Smith GP. (1996). The direct and indirect controls of meal size. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 20(1), 41-46.

So D., Loughman A., Staudacher HM. (2022). Effects of a low FODMAP diet on the colonic microbiome in irritable bowel syndrome: a systematic review with meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 116(4), 943-952.

Staudacher HM. (2021). Conducting research on diet–microbiome interactions: a review of current challenges, essential methodological principles, and recommendations for best practice in study design. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 34(4), 631.

Swain MR., Anandharaj M., Ray RC., Rani RP. (2014). Fermented Fruits and Vegetables of Asia: A Potential Source of Probiotics. *Biotechnology Research Intwrnational.* 2014, 250424.

Sweet RA., Brown EJ., Heimberg RG. Et al. (1995). Monoamine oxidase inhibitor dietary restrictions: what are we asking patients to give up? *Journal of Clinical Psychiatry*, 56(5), 196-201.

Szwejda-Grzybowska J. (2011). Antykancerogenne składniki warzyw kapustnych i ich znaczenie w profilaktyce chorób nowotworowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLIV, 4, 1039–1046.

Tantcheva LP., Stoeva ES., Galabov AS. Et al. (2003). Effect of vitamin E and vitamin C combination on experimental influenza virus infection. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 25(4), 259-64.

Tolonen M., Taipale M., Viander B., et al. (2020). Plant-Derived Biomolecules in Fermented Cabbage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50, 6798–6803.

Touret T., Oliveira M., Semedo-Lemsaddek T. (2018). Putative probiotic lactic acid bacteria isolated from sauerkraut fermentations. *PLoS ONE,* 13, e0203501.

Vakharia K., Renshaw D., Hinson JP. (2002). Bacterial lipopolysaccharide directly stimulates cortisol secretion in human adrenal cells. *Endocrine Research*, 28(4), 357-361.

Walker SE., Shulman KI., Tailor SA., Gardner D.J. (1996). Tyramine content of previously restricted foods in monoamine oxidase inhibitor diets. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 16(5), 383-388.

Wang C., Li Q., Wang Y., (2011). Case-control study on risk factors of laryngeal cancer in Heilongjiang province. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery,* 25, 1117–1119.

Wardziukiewicz W., Stachowska E. (2020). Wpływ mikrobioty jelitowej i jej modyfikacji na samopoczucie pacjentów z depresją. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 74, 314-321.

Xie CR., Tang B., Shi YZ. (2022). Low FODMAP diet and probiotics in Irritable Bowel Syndrome: A systematic review with network meta-analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 853011.

Yan R., Murphy M., Genoni A., (2020). Does Fibre-fix provided to people with irritable_bowel_syndrome who are consuming a low FODMAP diet improve their gut health, gut microbiome, sleep and mental health? A double-blinded, randomised controlled trial. *BMJ Open Gastroenterology*, 7(1), e000448.

Yu Z., Zhang X., Li S. (2013). Evaluation of probiotic properties of Lactobacillus plantarum strains isolated from Chinese sauerkraut. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29, 489–498.

Zabat MA., Sano WH., Wurster JI., et al. (2018). Microbial community analysis of sauerkraut fermentation reveals a stable and rapidly established community. *Foods,* 7, 77.

Zeng Z., Lin J., Gong D. (2009). Identification of lactic acid bacterial strains with high conjugated linoleic acid-producing ability from natural sauerkraut fermentations. *Journal of Food Science*, 74, M154–M158.

THE EFFECT OF HEALTH-PROMOTING FOOD - SAUERKRAUT ON THE IMPROVMENT OF INTESTINAL INFLAMMATION

Health-promoting food is a type of food that affects one or more body functions beyond the nutritional effect, improving health. Products with health-promoting properties include fermented foods, e.g. sauerkraut containing lactic acid, yogurts with live bacterial cultures, as well as prebiotics with oligosaccharides. Various diets have an effect on the body, improving or harming it, hence the interest in the influence of sauerkraut on improving intestinal function. The type of products consumed shapes the intestinal microflora. The response to changes in the host's microbiome depends on its "baseline" microbiome. Intestinal dysbiosis may occur in the intestines, which leads to the development of metabolic disorders, autoimmune diseases, and mental diseases. In the intestine, the number of bacteria increases from 105 ik/g, in the small intestine there are bacteria of the genus Bacteroides, Lactobacillus, Streptococcus, and in the large intestine there are mostly anaerobic bacteria such as: Clostridium, Bacteroides, Fusobacterium, Bifidobacterium, as well as aerobic bacteria: Enterobacteriace, Lactobacillus, Streptococcus and Enterococcus. Intestinal microbiota leads to the enzymatic

breakdown of food remains, including: resistant starch, oligosaccharides, mucins, nitrogenous compounds and lipids. The aim of the study was to assess the effect of sauerkraut on intestinal functions. Inflammation of the intestine causes discomfort with symptoms such as abdominal cramps, bloating, gas, diarrhea, leading to iron deficiency anemia, loss of appetite and weight. Hence the search for health-promoting foods that alleviate the effects of inflammation. Sauerkraut contains bacteria of the Lactobacillus genus and has a protective effect on the intestinal epithelium.

Keywords: Sauerkraut, functional food, intestinal microbiota, inflammation, metabolism.

MONIKA WEREŃSKA
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Katedra Technologii Żywności i Żywienia
e-mail: monika.werenska@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0001-6174-9881

MARTA BOCHNIAK
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Katedra Agroinżynierii i Analizy Jakości
ORCID: 0000-0003-0947-0861

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII INFORMACYJNO KOMUNIKACYJNYCH W PROCESIE DYSTRYBUCJI ŻYWNOŚCI FERMENTOWANEJ

Streszczenie: Celem pracy było określenie wpływu czy zastosowanie technologii informacyjno-cyfrowych jest istotnym aspektem w dystrybucji żywności fermentowanej. Badania przeprowadzono wśród 136 konsumentów w wieku powyżej 18 lat. Jako metodę badawczą użyto autorski kwestionariusz ankietowy. Badanie przeprowadzono pośrednią metodą ankietową CAWI (ang. *Computer-Assisted Web Interview*). Głównymi wnioskami wynikającym z przeprowadzonych badań było to, że zastosowanie technologii informacyjno-cyfrowych jest istotnym aspektem w dystrybucji żywności, w tym żywności fermentowanej. Pomimo, że konsumenci żywności fermentowanej preferują jej zakup stacjonarnie, to korzystają też chętnie z aplikacji lub serwisów internetowych, które pomagają im znaleźć te produkty w regionie zamieszkania oraz ułatwiają im znalezienie przepisów na dania oparte na tego typu żywności. Ponadto konsumenci żywności fermentowanej uważają, że technologia cyfrowa może pomóc w jej promowaniu i zwiększaniu świadomości na temat jej korzyści zdrowotnych oraz że może pomóc w zwiększeniu dostępności tych produktów dla ludzi w różnych regionach lub grupach społecznych.

Słowa kluczowe: Cyfrowa transformacja, żywność fermentowana, aplikacje, strony internetowe, dystrybucja żywności fermentowanej.

1. Wstęp

Żywność fermentowana to taka, która jest poddawana procesowi fermentacji, w wyniku czego mikroorganizmy, takie jak bakterie, drożdże lub grzyby, przetwarzają surowce żywnościowe w produkt końcowy za pomocą enzymów (Sharma i wsp., 2020; Tamang i wsp., 2020).

Zmiany w stylu życia konsumentów oraz zwiększająca się wiedza na temat wpływu zrównoważonej diety na zdrowie człowieka przyczyniły się do rozwoju segmentu żywności funkcjonalnej, do której zalicza się żywność fermentowaną (Wyka i wsp., 2017). Stanowi ona alternatywę dla wysoko przetworzonej żywności i jest stosowana w tradycyjnej kuchni polskiej oraz innych kuchniach świata od wieków. Chociaż prawdopodobnie fermentacja prowadzona była w celu konserwującym, od razu było oczywiste, że żywność tak wytwarzana posiadała inne pożądane cechy (Wyka i wsp., 2017).

Co ciekawe, odkrycie że fermentacja poprawia konserwację, jakość i funkcjonalność żywności, nastąpiło niezależnie na każdym kontynencie i prawie w tym samym czasie w historii ludzkości (Rawling, 2013). Dlatego też żywność fermentowana jest szeroko stosowana w różnych kulturach na całym świecie i cieszy się rosnącym zainteresowaniem ze względu na jej potencjalne korzyści zdrowotne i unikalny smak (McGovern i wsp., 2017; Sharma i wsp., 2020; Tamang i wsp., 2020).

Produkty fermentowane zawierają mikroorganizmy probiotyczne, które wpływają korzystnie na funkcjonowanie układu pokarmowego oraz, jak sugerują najnowsze badania, również na ośrodkowy układ nerwowy. Ze względu na swoje wartościowe walory smakowe oraz udowodnione znaczenie zdrowotne, produkty fermentowane powinny być powszechniejsze w diecie. Jeszcze wiele wieków temu, na długo przed pojawieniem się nauki o żywieniu, fermentowana żywność była celowo produkowana jako stabilne źródło witamin, składników mineralnych i innych składników odżywczych (Tamang i wsp., 2020).

Do najbardziej znanych produktów fermentowanych dostępnych na polskim rynku zalicza się: kiszone ogórki, kapustę i buraki, jogurt, kefir, maślankę, fermentowane kasze, cydr jabłkowy i inne fermentowane napoje alkoholowe, kwas jabłkowy, kwas chlebowy, oscypek, czy bryndzę. Functional Food Center (FFC) klasyfikuje jogurty oraz kefiry jako żywność funkcjonalną, gdyż z definicji wynika, że do tej kategorii zaliczana jest „naturalna lub przetworzona żywność, która zawiera znane lub nieznane związki biologicznie czynne; żywność w określonych, skutecznych i nietoksycznych ilościach

zapewnia klinicznie udowodnione i udokumentowane korzyści zdrowotne w zapobieganiu i leczeniu, w tym leczeniu chorób przewlekłych". Udokumentowany wpływ mlecznych produktów fermentowanych na zdrowie zawdzięczany jest obecności bakterii fermentacji mlekowej, które wykazują silne działanie przeciwutleniające w stosunku do wolnych rodników. Dlatego też można stwierdzić, że są doskonałym czynnikiem prewencyjnym m.in. w stosunku do chorób cywilizacyjnych, w tym nowotworów. Dodatkowo, potencjał antyoksydacyjny wykazuje kazeina i laktoferryna, czyli białka występujące w mlecznych produktach fermentowanych (Najgebauer-Lejko i Sady, 2015). Ponadto cytowani autorzy wykazali, że jogurt oraz kefir cechują się najwyższą aktywnością przeciwutleniającą, w porównaniu z innymi produktami fermentowanymi dostępnymi na rynku.

Produktem fermentowanym zyskującym popularność w Polsce są: koreańska kiszona kapusta „kimchi", fermentowany napój „kombucha", czy japońska pasta sojowa „miso". Polacy spożywają również sake, czyli japoński alkohol fermentowany, jak również popularne sery - feta, brie, czy cheddar (Karwowska i Kaczmarczyk, 2023).

W Polsce, mleczne produkty probiotyczne takie jak jogurty, desery jogurtowe, czy kefiry cieszą się na rynku żywności funkcjonalnej największą popularnością. Probiotyki mają pozytywny wpływ na organizm w przypadku niektórych chorób układu pokarmowego, alergii oraz w sytuacjach, gdy odporność organizmu jest osłabiona. Chociaż nie są to leki, to mogą być pomocne zarówno w leczeniu, jak i profilaktyce wielu chorób. Fermentowane produkty mleczne, w szczególności jogurt i kefir, są cennym produktem w diecie człowieka, w szczególności dzieci, osób chorych i rekonwalescentów. Ich popularność rośnie nie bez przyczyny. Zgodnie z wytycznymi Światowej Orgaznizacji Zdrowia (World Health Orgznization), mieszkańcy Europy powinni codziennie spożywać mleko i przetwory mleczne ze względu na ich wartość odżywczą i pozytywny wpływ na zdrowie (Wajs i Stobiecka, 2020). W porównaniu do mleka, napoje mleczne fermentowane, szczególnie jogurt, są bogatsze w składniki odżywcze i stanowią doskonałe źródło białka, wapnia, fosforu, witamin z grupy B (tiaminy, ryboflawiny, niacyny, kwasu foliowego, kobalaminy), magnezu, cynku, bioaktywnych peptydów, tłuszczów, kwasów organicznych i oligosacharydów (Wyka i wsp., 2017). Obecnie na rynku dostępne są jogurty i kefiry o różnorodnych smakach i funkcjonalnych dodatkach takich jak: siemię lniane, owoce, czy muesli.

2. Materiały i metody badawcze

Badanie ankietowe przeprowadzono w okresie od marca do kwietnia 2023 r. Wzięło w nim udział 136 dorosłych osób obojga płci (w tym 72 kobiet oraz 64 mężczyzn). Respondenci zostali podzieleni na grupy według kryterium płci – pierwszą grupę stanowiły kobiety, a drugą mężczyźni.

Badanie przeprowadzono pośrednią metodą ankietową CAWI (ang. *Computer Assisted Web Interview*), a udział w nim by dobrowolny i anonimowy. Kestionariusz umieszczono w formularzu interentowym Google i udostępniono. Wszystkie kwestionariusze ankietowe zostały wypełnione w sposób prawidłowy (zwrotność 100%).

W kwestionariuszu ankiety zawarto pytania zamknięte. Wśród pytań zamkniętych ujęto pytania dysjunktywne, gdzie możliwe było zaznaczenie tylko jednej odpowiedzi oraz pytania koniunktywne, gdzie do wyboru była więcej niż jedna odpowiedź. Ankietowani mieli również możliwość wpisania swoich odpowiedzi (Apanowicz, 2002).

Pytania od 1 do 5 kwestionariusza ankiety dotyczyły danych społeczno-demograficznych respondentów takich jak: wiek, płeć, wykształcenie, masa ciała, wzrost. Wskaźnik stanu odżywienia BMI (ang. *Body Mass Index*) został wyliczony na podstawie uzyskanych danych masy i wysokości ciała według wzoru: masa ciała [kg]/ wzrost [m^2] (https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations). Pytania od 6 do 31 były pytaniami dostarczającymi informacji na temat: wiedzy ankietowanych o żywności fermentowanej oraz jej spożycia. Ponadto część pytań dostarczyła informacji dotyczących wykorzystania narzędzi cyfrowych przez ankietowanych do zakupu żywności fermentowanej, czy zdobywania dzięki narzedziom cyfrowym wiedzy na jej temat.

Do określenia liczebności *n* oraz udziału procentowego udzielonych odpowiedzi do ogółu odpowiedzi „N=136" użyto programu PQstat 1.8.4., w tym analizy opisowej, tabeli liczebności oraz statystyki opisowej.

Na podstawie analizy literatury postawiono główną hipotezę badawczą brzmiącą: „zastosowanie technologii informacyjno-cyfrowych jest istotnym aspektem w dystrybucji żywności fermentowanej".

Na podstawie hipotezy głównej postawiono hipotezy szczegółowe tj.:

- konsumenci żywności fermentowanej preferują zakup żywności fermentowanej online;
- konsumenci żywności fermentowanej korzystają:

- ✓ z aplikacji lub serwisów internetowych, które pomagają im znaleźć produkty fermentowane w regionie zamieszkania;
- ✓ z aplikacji lub serwisów internetowych, aby znaleźć przepisy na dania oparte na żywności fermentowanej;
- ✓ z platform społecznościowych, aby dzielić się swoimi doświadczeniami związanych ze spożywaniem lub produkcją żywności fermentowanej;

– konsumenci żywności fermentowanej uważają, że:

- ✓ technologia cyfrowa może pomóc w promowaniu żywności fermentowanej i zwiększaniu świadomości na temat jej korzyści zdrowotnych;
- ✓ cyfrowa transformacja może pomóc w zwiększeniu dostępności produktów fermentowanych dla ludzi w różnych regionach lub grupach społecznych.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Biorąc pod uwagę płeć respondentów, w ankiecie udział wzięło nieco ponad 50% kobiet, a mężczyzn było prawie 50%. Nikt z ankietowanych nie udzielił odpowiedzi „płeć inna". Wśród ogółu badanych, prawie co czwarty ankietowany miał od 18. do 24. lat, również co czwarty respondent miał od 25. do 35. lat, natomiast odsetek badanych w wieku 35 – 50 lat był najwyższy i wynosił prawie 40%, a odsetek ankietowanych powyżej 50 roku życia był nieznaczny (Tabela 1). Analizując miejsce zamieszkania ankietowanych stwierdzono, że znikomy ich odsetek zamieszkuje wieś, bądź miasto do 50 tys. mieszkańców. Co czwarty respondent mieszka w mieście od 50 do 150 tys. mieszkańców, a ponad 60% z nich w mieście powyżej 500 tys. mieszkańców. Natomiast analizując wykształcenie respondentów, ponad 60% osób posiadała wykształcenie wyższe (częściej kobiety), co czwarta osoba wykształcenie średnie (częściej mężczyźni), natomiast wykształcenie zawodowe/techniczne oraz policealne posiadał niewielki odsetek respondentów. Biorąc pod uwagę wartość wskaźnika BMI prawie 50% ankietowanych charakteryzowało się normowagą (częściej kobiety) a co czwarty nadwag**ą** (częściej mężczyźni). Natomiast nadwagę I°, II° i III° stwierdzono u jedynie 10% ankietowanych (Tabela 1).

Tabela 1. Dane społeczno-demograficzne oraz stan odżywienia ankietowanych, w zależności od płci (N=136).

Odpowiedzi	Kobiety (n=72)		Mężczyźni (n=64)		Ogółem (N=136)	
	n	%	n	%	n	%
Wiek						
– 18-24 lat	18	13,2	14	10,3	32	23,5
– 25-34 lat	12	8,8	26	19,1	38	27,9
– 35-50 lat	34	25,0	18	13,2	52	38,2
– powyżej 50. lat	8	5,9	6	4,4	14	10,3
Obszar zamieszkania						
– wieś	6	4,4	4	2,9	10	7,4
– miasto do 50 tys. mieszkańców	5	3,7	5	3,7	10	7,4
– miasto od 50 do 150 tys.	20	14,7	12	8,8	32	23,5
– miasto powyżej 500 tys. mieszkańców	41	30,2	43	31,6	84	61,8
Wykształcenie						
– podstawowe	0	0,0	0	0,0	0	0,0
– zawodowe/techniczne	2	1,5	4	2,9	6	4,4
– średnie	14	10,3	18	13,2	32	23,5
– policealne	6	4,4	6	4,4	12	8,8
– wyższe	50	36,8	36	26,5	86	63,3
BMI [kg/m^2]*						
– poniżej 16	0	0,0	0	0,0	0	0,0
– 16,0 – 16,99	2	1,5	0	0,0	2	1,5
– 17,0 – 18,49	2	1,5	2	1,5	4	2,9
– 18,5 – 19,99	12	8,8	0	0,0	12	8,8
– 20,0 – 24,99	36	26,5	30	22,1	66	48,5
– 25,00 – 29,99	12	8,8	26	19,1	38	27,9
– 30,00 – 34,99	8	5,9	2	1,5	10	7,4
– 35,00 – 39,99	0	0,0	4	3,0	4	3,0
– 40,00 i więcej	0	0,0	0	0,0	0	0,0

* BMI – Body Mass Index. Wyjaśnienie BMI: <16 – niedożywienie III°, 16,0-16,99 – niedożywienie II°, 17,0-18,49 – niedożywienie I°, 18,5-19,99 – niska masa ciała, 20,0-24,99 – normowaga, 25,0-29,99 – nadwaga, 30-34,99 – nadwaga I°, 35-39,99 – nadwaga II°, >40 – nadwaga III°.

Źródło: Opracowanie własne.

Prawie ¾ ankietowanych spożywa regularnie żywność fermentowaną (częściej mężczyźni). Ze względu na tak wysoki odsetek osób spożywających ten rodzaj żywności sprawdzono, czy ankietowani wiedzą jakie produkty są poddawane procesowi fermentacji. Stwierdzono, że prawie wszyscy ankietowani uważają, że żywność fermentowana ma korzystny wpływ na ich zdrowie (częściej kobiety) (Tabela 2). Ponadto prawie wszyscy respondenci wskazali, że kiszona kapusta i ogórki, jak również kefir i fermentowane kasze są produktami poddanymi procesowi fermentacji (częściej kobiety). Około ¾ ankietowanych wie, że kimchi, kwas chlebowy, maślanka, jogurt i cydr są produktami fermentowanymi (częściej kobiety), a połowa ankietowanych utożsamia kwas jabłkowy i napoje probiotyczne z żywnością fermentowaną (częściej kobiety). Zaskakującym okazał się fakt, że jedynie co trzeci ankietowany wie, że ser feta, który jest w Polsce bardzo popularny, jest również produktem fermentowanym (częściej mężczyźni) (Tabela 2).

Ważnym aspektem związanym ze spożywaniem żywności jest jej postrzeganie przez konsumentów. W literaturze przedmiotu wyróżniam się czynniki ekonomiczne i pozaekonomiczne wpływające na decyzje zakupowe konsumentów, przy czym najistotniejszymi są smak, zapach, konsystencja, tradycja, walory zdrowotne, czy cena (Szymańska, 2017). Prawie ¾ respondentów wskazało, że do konsumpcji żywności fermentowanej skłania ich jej smak oraz walory zdrowotne (częściej kobiety). Oznacza to, że ankietowani utożsamiają produkty fermentowane z możliwością poprawy ich zdrowotności, w tym poprawy odporności. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że czynnik ekonomiczny, jakim jest cena, nie ma znaczenia przy zakupie żywności fermentowanej (Tabela 2).

Tabela 2. Stan wiedzy oraz preferencje ankietowanych dotyczące żywności fermentowanej, w zależności od płci (N=136).

Odpowiedzi	Kobiety		Mężczyźni		Ogółem (N=136)	
	n	%	n	%	n	%
Czy konsumujesz regularnie żywność fermentowaną?						
– tak	48	35,3	52	38,2	100	73,5
– nie	24	17,7	12	8,8	36	26,5
Wskaż, które produkty są produktami fermentowanymi						
– kiszone ogórki	70	51,5	60	44,1	130	95,6
– kiszona kapusta	70	51,5	60	44,1	130	95,6
– kimchi	56	41,2	38	27,9	94	69,1

– kwas chlebowy	54	39,7	42	30,9	96	70,6
– kwas jabłkowy	46	33,8	28	20,6	74	54,4
– maślanka	54	39,7	46	33,8	100	73,5
– jogurt	60	44,1	46	33,8	106	77,9
– kefir	64	47,1	50	36,7	114	83,8
– ser feta	22	16,2	30	22,1	52	38,3
– fermentowane kasze	60	44,1	58	42,7	118	86,8
– miso	26	19,1	26	19,1	52	38,2
– tamari	22	16,2	24	17,7	46	33,8
– cydr	56	41,2	48	35,3	102	75,0
– kombucha	40	29,4	24	17,7	64	47,1
– napoje probiotyczne	40	29,4	34	25,0	74	54,4
Co skłania Cię do konsumpcji żywności fermentowanej?						
– smak	54	39,7	54	39,7	108	79,4
– zapach	12	8,8	16	11,8	28	20,6
– walory zdrowotne	60	44,1	42	30,9	102	75,0
– tradycja	24	17,7	28	20,6	52	38,3
– cena	2	1,5	4	2,9	6	4,4
– inne* „Jak mi ktoś poleci”	0	0,0	2	1,5	2	1,5
Czy uważasz, że żywność fermentowana ma korzystny wpływ na Twoje zdrowie?						
– tak	64	47,1	58	42,6	122	89,7
– nie	0	0,0	0	0,0	0	0,0
– nie mam zdania	8	5,9	6	4,4	14	10,3
Jakie korzyści zdrowotne przypisujesz żywności fermentowanej?						
– poprawa trawienia	30	22,1	24	17,7	54	39,7
– poprawa witalności	4	2,9	6	4,4	10	7,3
– poprawa wyglądu skóry/włosów	0	0,0	2	1,5	2	1,5
– wsparcie układu immunologicznego	36	26,5	30	22,1	66	28,6
– żadne	2	1,5	2	1,5	4	3,0
– inne	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

Konsumenci żywności mają możliwość jej nabycia w formie stacjonarnej oraz online. W ostatnich 10-ciu latach w Polsce obserwuje się systematyczny wzrost liczby konsumentów dokonujących zakupów online. W latach 2017-2019 odsetek polskich e-nabywców wzrósł o blisko 10%. Obecnie 2/3 internautów robi zakupy przez Internet (Stolecka-Makowska, 2020). Pandemia

Covid-19 oraz lockdown, które przyczyniły się do ogólnoświatowych problemów gospodarczych, spowodowała znaczny rozwój i wzrost sprzedaży internetowej. Z powodu wielu obostrzeń nałożonych na tradycyjną formę zakupów, Polacy zaczęli w większym stopniu niż dotychczas, realizować zakupy za pomocą Internetu (Kręt, 2020). Jednakże, pomimo wspomnianego rozwoju możliwości nabycia żywności fermentowanej w formie online, ponad 80% respondentów w badaniach własnych preferuje zakup żywność fermentowanej stacjonarnie (częściej kobiety), a jedynie 1,5% przez internet (częściej mężczyźni). Otrzymane wyniki są spójne z wynikami badań przeprowadzonych przez Dąbrowską i wsp. (2022), w grupie 1008 osób w wieku 18-80 lat. Stwierdzono w nich, że dominującym jest konsument tradycyjny (70%), czyli kupujący produkty spożywcze stacjonarnie i tylko od czasu do czasu online. Ponadto zdaniem cytowanych autorów konsument tradycyjny będzie ewaluował w kierunku konsumenta hybrydowego, proporcjonalnie robiącego zakupy offline i online, a jego zachowania będą kształtować kompetencje, a nie tylko pandemia. Na podstawie przeprowadzonej ankiety własnej stwierdzono, że prawie co szósty ankietowany nie ma preferencji zakupowych (po równo kobiety i mężczyźni), co jest ważne z punktu widzenia firm sprzedających żywność fermentowaną, gdyż te prawie 15% konsumentów można dzięki skutecznej akcji promocyjnej zachęcić do zakupów online (Tabela 3). Z szacunków Pricewaterhouse Coopers (PwC 2022) wynika, że w 2027 r. wartość brutto polskiego rynku handlu e-commerce będzie na poziomie 187 mld zł (średnioroczny wzrost o 12%). Najszybciej będzie rosła sprzedaż produktów spożywczych oraz z kategorii zdrowie i uroda.

Pomimo, że większość ankietowanych preferuje zakupy żywności fermentowanej w formie stacjonarnej, to prawie wszyscy respondenci korzystają z aplikacji lub serwisów internetowych, które pomagają im znaleźć produkty fermentowane w regionie zamieszkania (częściej kobiety). Należy zwrócić uwagę, że respondenci chętnie szukają żywności fermentowanej z wykorzystaniem aplikacji lub serwisów internetowych, jednak prawie połowa respondentów nie korzysta z aplikacji lub serwisów internetowych, aby znaleźć przepisy na dania oparte na żywności fermentowanej (częściej mężczyźni). Ponadto prawie wszyscy ankietowani stwierdzili, że nie dzielą się doświadczeniami związanymi ze spożywaniem lub produkcją żywności fermentowanej z wykorzystaniem platform społecznościowych (częściej mężczyźni) (Tabela 3).

Tabela 3. Preferencje i potrzeby ankietowanych dotyczące cyfrowej transformacji związanej z żywnością fermentowaną, w zależności od płci (N=136).

Odpowiedzi	kobiety		mężczyźni		Ogółem (N=136)	
	n	%	n	%	n	%
Czy preferujesz zakup żywności fermentowanej w sklepie stacjonarnym czy online?						
– stacjonarnie	62	45,6	52	38,2	114	83,8
– online	0	0,0	2	1,5	2	1,5
– nie mam preferencji	10	7,4	10	7,4	20	14,8
Konsumenci żywności fermentowanej korzystają z aplikacji lub serwisów internetowych, które pomagają im znaleźć produkty fermentowane w regionie zamieszkania						
– tak	66	48,5	60	44,1	126	92,6
– nie	6	4,4	4	2,9	10	7,3
Konsumenci żywności fermentowanej korzystają z aplikacji lub serwisów internetowych, aby znaleźć przepisy na dania oparte na żywności fermentowanej						
– tak	34	25,0	18	13,2	52	38,2
– nie	38	27,9	46	33,8	84	61,7
Konsumenci żywności fermentowanej korzystają z platform społecznościowych, aby dzielić się swoimi doświadczeniami związanych ze spożywaniem lub produkcją żywności fermentowanej						
– tak	10	7,4	2	1,5	12	8,8
– nie	62	45,6	62	45,6	124	91,2
Konsumenci żywności fermentowanej mają potrzebę zwiększenia dostępu do informacji na temat żywności fermentowanej za pomocą technologii informacyjno-komunikacyjnych, takich jak aplikacje, strony internetowe czy media społecznościowe						
– tak	30	22,1	28	20,6	58	42,7
– nie	42	30,8	36	26,5	78	57,3
Konsumenci żywności fermentowanej uważają, że technologia cyfrowa może pomóc w promowaniu żywności fermentowanej i zwiększaniu świadomości na temat jej korzyści zdrowotnych						
– tak	68	50,0	52	38,2	120	88,2
– nie	4	3,0	12	8,8	16	11,8
Konsumenci żywności fermentowanej uważają, że cyfrowa transformacja może pomóc w zwiększeniu dostępności produktów fermentowanych dla ludzi w różnych regionach lub grupach społecznych						
– tak	60	44,1	54	39,7	114	83,8
– nie	12	8,8	10	7,3	22	16,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiety.

W literaturze przedmiotu nie ma danych związanych z korzystaniem z aplikacji i serwisów internetowych, jednakże takie dane można znaleźć w Internecie. Po wpisaniu w wyszukiwarce google.com hasła „strony internetowe

i aplikacje z żywnością" uzyskuje się takie wyniki stron jak: panwybierak.pl i bezpieczenstwozywnosci.wip.pl/nr-44-lipiec-2022/przydatne-bazy-danych-i-aplikacje-zywnosciowe-4054.html (na których znajdują się opis innych stron i aplikacji ze zdrową żywnością), jak również strony internetowe z możliwością pobrania aplikacji takie jak: www.toogoodtogo.com, zdrowezakupy.org, www.foodsi.pl. Takich stron internetowych jest wiele, a dzięki nim osoby, które chcą się racjonalnie odżywiać otrzymują niezbędne informacje do tego potrzebne. Oczywiście poprawność informacji zawartych na stronach internetowych, czy w aplikacjach należy zweryfikować, jednakże jakość treści jest coraz lepsza, co świadczy o wysokich ocenach przyznawanych w opiniach konsumenckich.

Ze względu na fakt, że stron internetowych, czy aplikacji, jak również wiadomości zawartych w mediach społecznościowych jest wiele, nieco ponad połowa respondentów żywności fermentowanej nie ma potrzeby zwiększenia dostępu do informacji na jej temat za pomocą technologii informacyjno-komunikacyjnych (Tabela 3).

Jednakże co ważne prawie wszyscy respondenci spożywający żywność fermentową uważają (Tabela 3), że technologia cyfrowa może pomóc w jej promowaniu i zwiększaniu świadomości na temat jej korzyści zdrowotnych (częściej kobiety), jak również prawie taki sam odsetek ankietowanych uważa, że cyfrowa transformacja może pomóc w zwiększeniu dostępności tych produktów dla ludzi w różnych regionach lub grupach społecznych (częściej kobiety).

4. Zakończenie

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zastosowanie technologii informacyjno-cyfrowych ma kluczowe znaczenie dla dystrybucji żywności, w tym żywności fermentowanej. Prawie ¾ ankietowanych regularnie spożywa żywność fermentowaną, a większość ankietowanych jest w stanie określić jakie produkty są poddawane procesowi fermentacji. Co ważne prawie wszyscy respondenci uważają, że żywność fermentowana korzystnie wpływa na ich zdrowie, co oczywiście zgodne jest z danymi literaturowymi. Konsumenci zwracają uwagę na smak i walory zdrowotne produktów fermentowanych, a cena nie jest dla nich decydującym czynnikiem przy zakupie takiej żywności. W Polsce w ostatnich latach rośnie liczba konsumentów dokonujących zakupów online, co zostało przyspieszone przez pandemię Covid-19 i lockdown. Pomimo faktu, że większość respondentów preferuje zakupy żywności fermentowanej

stacjonarnie, około 15% konsumentów można zachęcić do zakupów online poprzez skuteczną akcję promocyjną. Ponadto konsumenci preferują zakupy stacjonarne, chętnie korzystają z aplikacji i serwisów internetowych, które pomagają im znaleźć produkty fermentowane oraz przepisy potraw opartych na tej żywności. Zdaniem respondentów technologia cyfrowa może przyczynić się do promocji i zwiększenia świadomości na temat korzyści zdrowotnych wynikających ze spożywania żywności fermentowanej oraz zwiększyć jej dostępność dla ludzi w różnych regionach i grupach społecznych.

Literatura

Apanowicz J. (2002). *Metodologia Ogólna*, Wydawnictwo Diecezji IV Pelpińskiej „BERNARDINUM", Gdynia, 4-25.

Dąbrowska A., Jurowczyk P., Szuszkiewicz A. (2022). Konsument hybrydowy na rynku produktów spożywczych. *Studia i prace. Kolegium Zarządzania i Finansów*, 183, 9-18.

Karwowska K., Kaczmarczyk D. (2023). Rola i znaczenie produktów fermentowanych w diecie. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 29 (2), 79-88.

Kręt P. (2020). E-commerce w czasie pandemii COVID-19. *Management and Quality-Zarządzanie i Jakość*, 2 (3), 48-58.

McGovern P., Jalabadzeb M., Batiukc S, Callahand M.P., Smithd K.E., Halla G.R., Kvavadzeb E., Maghradzee D., Rusishvilib N., Boubyf L., Faillag O., Colag G., Marianig L., Boarettoi E., Bacilierij R., Thisj P., Walesk N., Lordkipanidze D. (2017). Early Neolithic wine of Georgia in the South Caucasus. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 114, 48, E10309–E1031.

Najgebauer-Lejko D., Sady M. (2015). Estimation of the antioxidant activity of the commercially available fermented milks. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14 (4), 387-396.

Pricewaterhouse Coopers (2002). Perspektywy rozwoju branży rozrywki i mediów w Polsce 2023-2027. https://www.pwc.pl/pl/publikacje/perspektywy-rozwoju-branzy-rozrywki-i-mediow-w-polsce-2023-2027.html [dostęp 20.12.2023].

Rawling D. (2020). Fermented Foods for Health: Use the Power of Probiotic Foods to Improve Your Digestion, Strengthen Your Immunity, and Prevent Illness. Fair Winds Press, 35-62.

Sharma R., Garg P., Kumar P., Bhatia S.K., Kulshrestha S. (2020). Microbial Fermentation and Its Role in Quality. Improvement of Fermented Foods. *Fermentation*, 6, 106, 1-20.

Szymańska K. (2017). Determinanty zachowań klientów w miejscu sprzedaży – wstępne wyniki badań, *Prace naukowe*, Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 489, 416-426.

Stolecka-Makowska A. (2020). Zakupy spożywcze konsumentów przez Internet – teraźniejszość, czy przyszłość. *Prace naukowe, Katowice*: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, 151-162.

Tamang J.P., Cotter P.D., Endo A., Han N.S., Kort R., Liu S.Q., Mayo B., Westerik N., Hutkins R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19 (1), 184-217.

Wajs J., Stobiecka M. (2020). Wpływ mlecznych produktów fermentowanych na zdrowie człowieka w: *Zdrowie i style życia*. *Determinanty długości życia*, red. Wioletta Nowak, Katarzyna Szalonka, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 133-152.

Wilczak M. (2020). Postawy i zachowania konsumentów wybranych krajów europejskich wobec produktów fermentowanych w: *Uwarunkowania bezpieczeństwa i jakości żywności w Polsce*, red. Wojciech Truszkowski, Patrycja Róża Sosna, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn, 29-39.

Wyka J., Tajner-Czopek A., Rytel E., Habanova M., Malczyk E., Misiarz M. (2017). Żywność fermentowana – znaczenie dla zdrowia człowieka. *Acta Scientarium Polonorium Biotechnologia*, 16, (1-4), 101-106.

Źródła internetowe:

bezpieczenstwozywnosci.wip.pl/nr-44-lipiec-2022/przydatne-bazy-danych-i--aplikacje-zywnosciowe-4054.html dostęp z dnia 30.04.2023 r.

panwybierak.pl dostęp z dnia 30.04.2023 r.

www.toogoodtogo.com dostęp z dnia 30.04.2023 r.

www.foodsi.pl dostęp z dnia 30.04.2023 r.

zdrowezakupy.org dostęp z dnia 30.04.2023 r.

https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations dostęp z dnia 02.09.2023 r.

MONIKA WEREŃSKA, MARTA BOCHNIAK

APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE DISTRIBUTION PROCESS OF FERMENTED FOODS

Abstract: The aim of the work was to determine whether the use of information and digital technologies is an important aspect in the distribution of fermented food. The research was conducted among 136 consumers aged over 18. The author's questionnaire was used as the research method. The study was conducted using the indirect CAWI (Computer-Assisted Web Interview) survey method. The main conclusions resulting from the conducted research were that the use of information and digital technologies is an important aspect in the distribution of food, including fermented food. Despite the fact that consumers of fermented food prefer to buy fermented food stationary, they willingly use applications or websites that help them find fermented products in the region of residence and help them find recipes for dishes based on fermented food. Additionally, consumers of fermented foods believe that digital technology can help promote fermented foods and raise awareness of their health benefits, and that they can help make fermented foods more accessible to people in different regions or social groups.

Keywords: Figital transformation, fermented food, applications, websites, distribution of fermented food.

ZUZANNA GOLUCH
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: zuzanna.goluch@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-6241-3914

GABRIELA HARAF
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: gabriela.haraf@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-9398-228X

RENATA WÓJCIK
renatawojcik2a@gmail.com

ŻYWNOŚĆ FERMENTOWANA A DIETA OSÓB STARSZYCH

Streszczenie:. Zarówno w Polsce, jak i w innych krajach rozwiniętych, obserwuje się znaczny wzrost liczby osób po 60 roku życia, co określane jest jako zjawisko społeczeństwa starzejącego się. Uznaje się, że na długość życia mają wpływ czynniki środowiskowe, w tym racjonale odżywianie, aktywność fizyczna, czynniki genetyczne, społeczne, jak i psychologiczne. W okresie starzenia dochodzi do wielu zmian w budowie i czynności m.in. układu pokarmowego, w tym do zmiany mikrobioty jelit. Dysbioza jelitowa, która jest częstym skutkiem występowania wielochorobowości u osób starszych, może być poprawiona poprzez systematyczne uzupełnienie ich diety w fermentowaną żywność probiotyczną. Żywność taka może osobom starszym przynieść wiele korzyści zdrowotnych, szczególnie podczas antybiotykoterapii i po jej zakończeniu. Żywność fermentowana może być wykorzystywana w diecie seniorów zarówno w profilaktyce, jaki i dietoterapii chorób wieku starszego.

Słowa kluczowe: Osoby starsze, dieta, żywność fermentowana, probiotyki, mikrobiota, dysbioza.

1. Wstęp

Zarówno w Polsce, jak i w innych krajach rozwiniętych obserwuje się znaczny wzrost liczby osób po 65 roku życia, co określa się zjawiskiem społeczeństwa starzejącego się. Na koniec 2021 r. w Polsce liczba osób w wieku 60 lat i więcej wyniosła 9,7 mln i w stosunku do roku poprzedniego zwiększyła się o 0,2%. Odsetek osób starszych w populacji Polski osiągnął poziom 25,7%. Według prognozy GUS (2022), w 2030 roku w Polsce liczba ludności w wieku 60 lat i więcej ma wzrosnąć do poziomu 10,8 mln, a w 2050 r. wynieść 13,7 mln. Osoby starsze będą stanowiły około 40% ogółu ludności Polski (GUS, 2022). Należy zwrócić uwagę na fakt, że starzenie się społeczeństwa zwiększa też koszty państwa w zakresie lecznictwa i opieki społecznej. Koszty świadczeń zdrowotnych wydatkowane przez Narodowy Fundusz Zdrowia w 2021 r. wyniosły 113,3 mld zł i w stosunku do roku poprzedniego wzrosły o 15,3 mld zł, tj. o 15,7%. Według danych NFZ (GUS 2022) środki finansowe przeznaczone na refundację świadczeń geriatrycznych w ramach ambulatoryjnej opieki specjalistycznej i lecznictwa szpitalnego w 2021 r. wyniosły 107,1 mln zł, z czego na szpitalną opiekę geriatryczną przeznaczono 96,2% tej kwoty. W 2021 r. koszty refundacji świadczeń leczenia szpitalnego osób w wieku 60 lat i więcej stanowiły 54,7% ogólnej kwoty refundacji tych świadczeń. W przypadku ambulatoryjnych świadczeń specjalistycznych, wartość refundacji świadczeń udzielonych osobom starszym wyniosła 47,6% ogólnej kwoty refundacji w tym zakresie. Koszty leczenia seniorów w zakresie podstawowej opieki zdrowotnej, finansowane przez NFZ, stanowiły 38,5% wartości tych świadczeń (GUS, 2022).

Uznaje się, że na długość życia mają wpływ czynniki genetyczne, środowiskowe (w tym racjonale odżywianie, aktywność fizyczna), społeczne, i psychologiczne. Jednak u osób starszych obserwuje się wielochorobowość i wielolekowość (polipragmazję), która wpływa na funkcjonowanie poszczególnych układów narządów, w tym układu pokarmowego. To w nim dochodzi do zmian w mikrobiocie jelit (składzie ilościowym i jakościowym mikroflory), co prowadzi do dysbiozy i istotnych implikacji zdrowotnych (Wołkowicz i in. 2014; Ziółkowska i in. 2022). Wówczas u osób starszych pojawiają się problemy m.in. z odpowiednim przyswajaniem składników odżywczych. Pomocna w przywróceniu eubiozy, np. po zastosowanej antybiotykoterapii, może być fermentowana żywność probiotyczna. Dieta doposażona w bakterie probiotyczne daje efekty już po kilku tygodniach ich spożywania (Winiarz i in. 2017). Wdrożenie żywieniowej dietoprofilaktyki u seniorów

z wykorzystaniem żywności probiotycznej może zmniejszyć ich chorobowość, a tym samym wpłynąć na obniżenie kosztów ich leczenia i odciążenie sytemu opieki zdrowotnej państwa.

Równie ważne wydaje się zwrócenie uwagi producentom żywności na prognozowane zwiększenie ilości osób starszych w kraju i wynikające z tego faktu ich potrzeby żywieniowe, które mogą być podstawą do zwiększenie jej produkcji oraz asortymentu, z uwzględnieniem wytwarzania żywności fermentowanej.

Celem pracy było przedstawienie znaczenia wybranej fermentowanej żywności probiotycznej, pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, w żywieniu seniorów.

2. Charakterystyka okresu starzenia

Określenie „starość" można zdefiniować jako zjawisko biologiczne będące elementem życia ludzkiego (Błędowski i in. 2012). Ten termin oznacza również pewien okres życia następujący po wieku dojrzałym. Jego charakterystycznymi cechami jest pogorszenie funkcji życiowych oraz wiele morfologicznych zmian w poszczególnych narządach i układach. Światowa Organizacja Zdrowia (ang. *World Health Organization*) przyjmuje, że starość rozpoczyna się od 60 roku życia. Podział starości wg WHO na 3 fazy wiekowe został przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 1. Podział starości według Światowej Organizacji Zdrowia.

Faza	Przedział wiekowy
Starość wczesna	60-75 lat
Starość późna	75-90 lat
Długowieczność, głęboka starość	powyżej 90 lat

Źródło: opracowanie na podstawie: Stala (2014).

Jest to umowny podział starości, gdyż maksymalny czas życia ludzkiego jest indywidualny (Stala 2014). Inną społeczną definicję starości można znaleźć w słowniku gerontologii społecznej, tzn. jest ona wynikiem naturalnego przebiegu starzenia się człowieka w momencie kiedy zaburzona zostaje równowaga biologiczna oraz psychiczna (Zych 2001).

Aspektem ekonomicznym starości jest aktywność zawodowa seniorów. Ten podział można nazwać wiekiem ekonomicznym, który zwraca uwagę na

aspekt finansowy seniora oraz wyraża się społecznym podziałem pracy (Malinowska 2010). Ogólnie ludność można podzielić na dwie kategorie wiekowe: wiek produkcyjny oraz nieprodukcyjny. Do wieku produkcyjnego zalicza się osoby zdolne do pracy w wieku: kobiety 18-59 lat i mężczyźni 18-64 lata. Seniorów zalicza się do wieku nieprodukcyjnego (GUS, 2022).

Odsetek osób starszych w Polsce ciągle wzrasta. W porównaniu do pozostałych dwóch grup wiekowych, wiek poprodukcyjny stanowi najmniejszą część ludności. Prognozowana liczba ludności w latach 2013-2050 w wieku poprodukcyjnych znacząco wzrośnie w porównaniu do danych z lat 1980-2017. Z prognoz demograficznych GUS wynika, że w Polsce w 2050 r. udział osób w wieku produkcyjnym w populacji wyniesie 57%, w wieku powyżej 65 roku życia – aż 32,7%, natomiast w wieku przedprodukcyjnym – niecałe 11%. W tabeli 2 przedstawiona została prognoza ludności według ekonomicznych grup wiekowych w Polsce.

Tabela 2. Prognoza ludności na lata 2020-2050 według ekonomicznych grup wiekowych w Polsce.

Rok	2020	2030	2040	2050
Wiek przedprodukcyjny (tys.)	6732,9	5931,4	5262,1	4963,4
Wiek produkcyjny (tys.)	22787,6	21504,1	19536,1	16582,7
Wiek poprodukcyjny (tys.)	8617,3	9749,5	10869,9	12404,5

Źródło: opracowanie na podstawie: Roczniki Demograficzne (2018)

W okresie starzenia się kobiet i mężczyzn zachodzi wiele zmian anatomicznych w ich układach i narządach oraz zachodzą zmiany w wyglądzie człowieka. Zmiany te można dostrzec w układzie pokarmowym, nerwowym, w kościach twarzy i tkankach miękkich, oczach, w układzie sercowo-naczyniowym, oddechowym i w nerkach (Wierzbicka i in. 2017).

Na całej długości przewodu pokarmowego z wiekiem zachodzą różne zmiany (Pietruszka 2013). W układzie pokarmowym dochodzi do problemów z trawieniem, wchłanianiem oraz przyswajaniem składników pokarmowych, co niekorzystnie wpływa na jakość i sposób odżywiania się starszych osób. Duże znaczenie odgrywa stan uzębienia, który utrudnia prawidłowe gryzienie, a także żucie pożywienia. U osób starszych mogą pojawić się zmiany związane z utratą smaku i pogorszeniem zmysłu powonienia, co ma duży wpływ na zaakceptowanie przez nich różnej żywności (Pietruszka 2013; Respondek i Traczyk 2014). W okolicach języka zanikają brodawki nitkowate oraz grzybowate odpowiedzialne za odczuwanie smaku. Proces odżywiania

osób starszych zostaje więc zaburzony przez zmniejszone wytwarzanie śliny, braki w uzębieniu, zanik mięśni żwaczy oraz zmiany w odczuciu smaku (Baker 2007). Wraz z wiekiem zmniejszeniu ulega ilość śliny wydzielanej w błonie śluzowej, co powoduje, że jama ustna staje się sucha i może rozwinąć się kserostomia (Goluch i in. 2022). Konsekwencją tego jest pękanie błony śluzowej i możliwa kolonizacja patogenów powodujących powstawanie aft, grzybicy lub kandydozy (Baker 2007). Ślina zawiera enzymy trawienne oraz substancje, które mają za zadanie chronić organizm przed patogenami i zalicza się do nich lizozym, mucyny, immunoglobuliny i laktoferynę. Spadek ilości śliny przyczynia się do występowania częstych infekcji oraz stanów zapalnych przyzębia (Filip i Huk 2008).

Trudności w połykaniu napotykają osoby starsze, gdyż napięcie górnego zwieracza przełyku zostaje obniżone. Przełyk oczyszcza się wolniej i nieprawidłowo z zarzucanej mu kwaśnej treści żołądkowej, co powoduje refluksy i zaburzenie perystaltyki (Di Stefano 2001). W przewodzie pokarmowym również zmiany zachodzą w żołądku, gdyż zmniejsza się ilość wydzielanych enzymów trawiennych. Również w żołądku spada ilość kwasu solnego, który przyczynia się do wzrostu pH w organizmie, a zatem utrudniony zostaje proces wchłaniania składników mineralnych takich, jak żelazo i wapń oraz osłabia się wytwarzanie, jak i wchłanianie witaminy B_{12} (Pietruszka 2013).

W jelicie cienkim nie zachodzą zmiany związane z okresem starzenia (Filip i Huk 2008). Natomiast w jelicie grubym dochodzi do zaburzenia perystaltyki jelit, co przyczynia się do zaparć, powstawania uchyłków, stanów zapalnych oraz perforacji jelita. Może również dojść do zmiany struktury bakteryjnej flory u osób starszych, co powoduje zaburzenia w trawieniu węglowodanów. Wraz z wiekiem wątroba funkcjonuje gorzej, a spowodowane jest to obniżonym stanem przepływu krwi, zmniejszeniem masy tego organu oraz liczby hepatocytów i rozrastaniem się tkanki łącznej. Pogorszony zostaje więc sposób działania szlaków metabolicznych (synteza białek) oraz wolniej usuwane zostają leki z organizmu (osłabienie funkcji detoksykacyjnej). Zostaje również zaburzony proces wydzielenia żółci, który utrudnia trawienie tłuszczów oraz związany jest z ryzykiem rozwoju kamicy żółciowej (Pietruszka 2013). W trzustce zmienia się ilość wydzielanych hormonów, obniżona zostaje liczba komórek β-Langerhansa produkujących insulinę. Wrażliwość komórek ciała na insulinę jest znacznie obniżona i powoduje, że organizm wyłapuje mniej glukozy z wątroby, tkanki tłuszczowej oraz komórek mięśni (Filip i Huk 2008). Osoby starsze mają problem z enzymami trzustki takimi jak: lipaza, trypsyna, czy też fosfolipaza, gdyż ich wydzielanie do soku trzustkowego

znacznie się zmniejsza. Również wydzielanie insuliny przez trzustkę do naczyń krwionośnych znacznie spada, co predestynuje do rozwoju cukrzycy typu 2 u starszych osób.

Zmianom ulega, także flora bakteryjna jelit. Obniżona zostaje liczba bakterii *Bifidobacteriaceae,* ale zwiększa się ich różnorodność. Pojawia się w jelitach kolonizacja *Enterobacteriaceae* oraz kolonia grzybicza, co powoduje częste występowanie biegunek infekcyjnych (Feldman 2010; Mach 2006).

2. Zmiany w składzie mikrobioty jelit u osób starszych

Zmianom występującym w przewodzie pokarmowym towarzyszą liczne odchylenia w zakresie różnorodności oraz w liczebności mikroorganizmów korzystnych dla mikrobiomu (Ciemniak i in. 2017). Stan, w którym nieprawidłowo funkcjonuje mikrobiota jelitowa oraz zmienia się jej skład określa się jako dysbioza jelitowa. Oddziaływuje ona głównie na ośrodkowy układ nerwowy na szlaku oś jelito-mózg przez zwiększoną przepuszczalność bariery jelitowej dla antygenów (Karakula-Juchnowicz i in. 2017; Jabczyk 2020).

Dysbioza, polega na obniżeniu procentowego udziału przeciwzapalnych bakterii i/lub zwiększeniu odsetka prozapalnych drobnoustrojów. Konsekwencją tych zmian są zaburzenia metaboliczne, które przyczyniają się do rozwoju nieswoistych chorób zapalnych jelit (NChZJ). Osoby starsze mają mało stabilny mikrobiom, ponieważ w ich organizmie występują jego znaczne zaburzenia. Skład mikrobiomu osób w podeszłym wieku charakteryzuje się spadkiem liczebności bakterii *Firmicutes*, *Lactobacillus* oraz *Bifidobacterium,* a w tym samym czasie zwiększa się udział bakterii z rodzaju *Enterobacteria* i *Enteroccoci* będącymi fakultatywnymi beztlenowcami (Radwan i Radwan 2016). Różnice w składzie mikroflory przewodu pokarmowego u osoby dorosłej i starszej przedstawiono w tabeli 3.

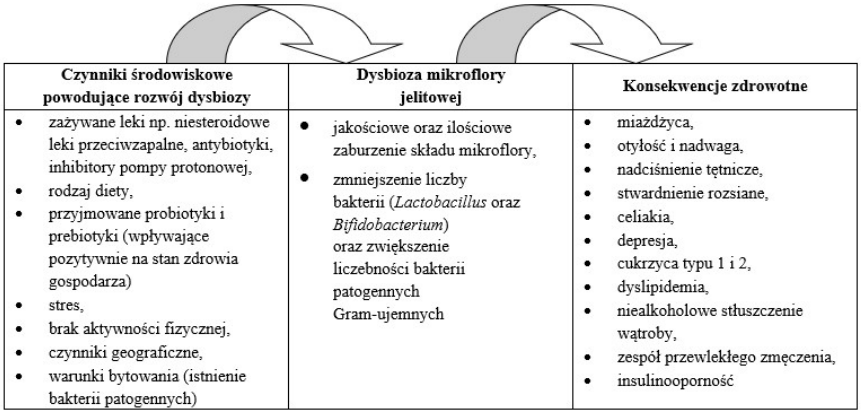
Tabela 3. Skład mikroflory przewodu pokarmowego osoby dorosłej i starszej.

Odcinek przewodu pokarmowego	DOROSŁY CZŁOWIEK		OSOBA W PODESZŁYM WIEKU	
	Drobnoustroje	Zawartość (jtk/cm^3 treści jelitowej)	Drobnoustroje	Zawartość (jtk/cm^3 treści jelitowej)
Przełyk	*Streptococcus*, *Peptococcus*, *Staphylococcus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus, Fusobacterium*	10^8	Veillonella, Prevotella, Streptococcus,	10^4-10^6
Żołądek	*Lactobacillus Helicobacter pylori*, *Streptococcus*, grzyby drożdżoidalne *Candida albicans*	mniej niż 10	Staphylococcus, Lactobacillus, Streprococcus, Helicobacter pylori,	$<10^4$
Dwunastnica	*Lactobacillus, Streptococcus*	10^1-10^9	*Lactobacillus, Staphylococcus, Veillonella, Streptococcus,* drożdże,	10^3-10^4
Jelito czcze	*Escherichia coli Bacteroides*, *Lactobacillus, Streptococcus*	10^5-10^7	*Lactobacillus, Streptococcus, Staphylococcus, Veillonella,* drożdże,	10^3-10^5
Jelito kręte	*Bacteroides, Enterococcus Clostridium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus, Veillonella*, *Enterobacteriaceae*	10^7-10^8	Bifidobacterium, Enterobacteriaceae, Veillonella Clostridium, Bacteroides	10^7-10^8
Jelito grube	*Bacillus*, *Bacteroides*, *Eubacterium*, *Clostridium*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Fusobacterium*, *Peptostreptococcus*, *Ruminococcus, Streptococcus*	10^{10}-10^{12}	Lactobacillus, Eubacterium, Faecalibacterium Coprococcus, Enterobacteriaceae, Peptostreptococcus, Streptococcus, Ruminococcus, Clostridium, Bacteroides, Bifidobacterium	10^{10}-10^{11}

Źródło: Opracowanie na podstawie: (Lewandowicz i in. 2016; Krakowiak i Nowak 2015).

Najważniejszymi przyczynami gwałtownych zmian w składzie mikrobioty, prowadzącymi do licznych chorób są: nieracjonalna dieta, antybiotykoterapia oraz funkcjonowanie układu immunologicznego, często wynikające

ze stresu czy też ze zmiany stylu życia (Rakowska i in. 2016). Dysbioza jest przyczyną wielu schorzeń o podłożu autoimmunologicznym takich jak: otyłość, cukrzyca typu 1 i 2, celiakia, stwardnienie rozsiane czy też zespół przewlekłego zmęczenia (Węgielska i Sulibursk a 2016). Inne czynniki środowiskowe oraz ich konsekwencje zdrowotne przyczyniające się do powstania dysbiozy mikroflory jelitowej zostały przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Dysbioza jelitowa - czynniki na nią wpływające oraz jej konsekwencje
Źródło: Opracowanie na podstawie: Węgielska i Sulibursk a (2016).

Wiele chorób m.in. astma, reumatoidalne zapalenie stawów, depresja, nadciśnienie tętnicze, stwardnienie rozsiane, choroby sercowo-naczyniowe i zapalenie wątroby poprzez stłuszczenie, przyczynia się do zaburzeń mikroflory jelitowej, a tym samym powodując zmianę jej składu (Tylman i in. 2016). Dlatego tak zasadne jest doposażenie diety osób starszych w probiotyczną żywność fermentowaną.

3. Probiotyczna żywność fermentowana

Międzynarodowe Stowarzyszenie Naukowe ds. Probiotyków i Prebiotyków (ang. *International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics* – ISAPP) definiuje fermentowaną żywność i napoje jako produkty uzyskane w wyniku pożądanego wzrostu drobnoustrojów i enzymatycznej konwersji składników żywności. W takiej definicji bierze się pod uwagę zarówno warunki tlenowe, jak i beztlenowe dla reakcji zachodzących przy obecności bakterii, drożdży i grzybów (Dimidi i in. 2019; Marco i in. 2021).

Termin probiotyk z języka greckiego oznacza „dla życia". Według Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO – ang. *Food and Agriculture Organization*) oraz WHO probiotyki określane są jako żywe mikroorganizmy wpływające korzystnie na zdrowie, ale tylko gdy podawane są w odpowiednich dawkach/ilościach. Dzięki prebiotykom, które nie ulegają przetrawieniu, a mającym pozytywny pływ na organizm człowieka poprzez pobudzanie syntezy hormonu wzrostu i osiedlenie w jelicie aktywnych bakterii, jest możliwy rozwój bakterii o działaniu probiotycznym (Zaremba 2015). Najczęściej w żywności jako probiotyki stosuje się bakterie *Lactobacillus* oraz *Bifidobacterium,* ale również drożdże *Saccharomyces cerevisiae ssp boulardii* i wybrane gatunki *Escherichia* oraz *Bacillus* (Nowak i in. 2010).

Na krajowym rynku występują probiotyki znajdujące się w produktach spożywczych w postaci: konwencjonalnej żywności (która posiada właściwości probiotyczne np. twarogi, kefiry, zsiadłe mleko); fermentowanej/wzbogacanej żywności (gdyż dostarcza ona do organizmu produkty końcowej fermentacji oraz bakterie probiotyczne); suplementów diety.

Aby wzbogacić w bakterie probiotyczne mikroflorę jelitową spożywa się w tym celu odpowiednie produkty żywnościowe oraz preparaty probiotyczne. Są nimi bakterie fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus* oraz *Bifidobacterium* o właściwościach probiotycznych (Libudzisz 2016). Do produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego będących nośnikami probiotyków zaliczyć można: mleko fermentowane, sery, jogurty, masło, pieczywo, czekoladę, płatki, lody, musli, soki, fermentowane kiełbasy, sojowe produkty, kiszone owoce, a także warzywa, piwo i wino oraz ciasta robione na zakwasie (Lewandowicz i in. 2016).

Pierwszą grupę żywności probiotycznej stanowią nabiałowe produkty fermentowane. Produkty te są źródłem pełnowartościowego białka, witamin: A, D, E, K, B_1, B_2, B_6, B_{12}, PP, C, H oraz dobrze wchłanianego do organizmu wapnia. Co ważne produkty te pomagają dotrzeć dużej liczbie bakterii probiotycznych do jelit w postaci aktywnej. Większość bakterii mlekowych ma właściwości probiotyczne, a są nimi między innymi: *Lactobacillus acidophilus i casei*, *Bifidobacterium longum* i *bifidum, Lactococcus lactis*. W mleczarstwie te szczepy bakterii są stosowane do produkcji serów twarogowych, jogurtów, lodów, a także do mrożonych deserów (Libudzisz 2013). Zaleca się aby mleczne produkty fermentowane takie jak: kefir, jogurt, zsiadłe mleko oraz mleko acidofilne, twarogi, maślanka powinny być spożywane przez seniorów 2-3 razy w ciągu dnia (Tańska 2016).

Według FAO/WHO (Standard 2022) mleka fermentowane są produktami otrzymanymi w wyniku fermentacji mleka lub surowców z niego pozyskanych, poddanych modyfikacjom składu lub nie. Fermentacja zachodzi na skutek działania odpowiedniej mikroflory, która powoduje obniżenie pH z koagulacją lub bez (izoelektryczna precypitacja).

Przykładem mlecznych produktów fermentowanych jest **zsiadłe mleko (ukwaszone).** W procesie ukwaszania mleka uczestniczą bakterie fermentacji mlekowej (LAB), których aktywność prowadzi do wytworzenia kwasu mlekowego. Niektóre z tych bakterii podczas procesu fermentacji wytwarzają dodatkowo kwas octowy, etanol, ditlenek węgla, diacetyl, dzięki którym produkty mleczne nabierają charakterystycznego zapachu, smaku oraz wyglądu, a ponadto wpływają na poprawę funkcji fizjologicznych organizmu człowieka. Zsiadłe mleko jest doskonałym źródłem łatwo przyswajalnego wapnia, fosforu i potasu oraz witamin z grupy B, w tym B_{12}. Częste jego spożywanie może przyczynić się do zmniejszenia stężenia cholesterolu całkowitego we krwi, obniżyć ryzyko zachorowalności na choroby wrzodowe, choroby sercowo-naczyniowe, a także na cukrzycę typu 2. Kwaśne mleko zapobiega powstawaniu zaparć, biegunek i wzdęć (Kukułowicz 2017).

Jogurt to skoagulowany produkt mleczny, uzyskany w procesie fermentacji laktozy do kwasu mlekowego, z dodatkiem bakterii z grupy *Lactobacillus, Streptococcus* czy *Bifidobacterium* lub bez obecności szczepów (Savaiano i Hutkins 2021). Już niewielkie codzienne spożycie np. jogurtu (150 cm^3), zawierającego około 1 mld probiotycznych bakterii wpływa pozytywnie na stan zdrowia i wspomaga jego walkę z ewentualnymi patogenami. W momencie stosowania przez seniorów antybiotykoterapii, jak i po jej skończeniu, zalecaną ilością spożywanych bakterii probiotycznych 4,5 mld może nie być wystarczające z konwencjonalnej żywności fermentowanej i wówczas zasadne może być doposażenie diety w synbiotyczne suplementy (Skrzydło-Radomańska i Wronecki, 2019).

Kefir jest mlecznym napojem zawierającym żywe kultury bakterii. Posiada on 30-50 szczepów bakterii, więcej niż jogurt który zawiera ich 7-10. Zadaniem kefiru jest odbudowanie i utrzymanie prawidłowego składu mikroflory jelit przez jak najdłuższy czas. W kefirze występują naturalne bakterie i drożdże probiotyczne, które sprawiają, że jest on musujący. Ta cecha kefiru może być przydatna w diecie seniorów, którzy mają zaburzenia w odczuwaniu smaku. W przemysłowej produkcji kefiru stosuje się kultury starterowe zawierające homo- i heterofermentatywne pałeczki i paciorkowce LAB, drożdże fermentujące i niefermentujące laktozę oraz bakterie octowe. Kefir bogaty jest

w witaminy A, K, B, C oraz nie zawiera laktozy, co może być korzystne dla osób z koniecznością wykluczenia jej z diety. W jednej porcji równej 250 cm^3 kefir dostarcza 35% dziennej zalecanej ilości białka, co stanowi też działanie profilaktyczne w zakresie rozwoju sarkopenii u osób starszych. Spożywanie kefiru nie wymaga dużego wysiłku, co jest istotne dla seniorów ze zmniejszoną perystaltyką i czynnością enzymatyczną przewodu pokarmowego. Kefir wykazuje wiele korzyści zdrowotnych m.in.: wspomaga trawienie, wspomaga leczenie infekcji grzybiczych, łagodzi objawy grypy, alergii, przeziębienia, astmy i refluksu żołądkowo-przełykowego. Wpływa pozytywnie na samopoczucie człowieka, działa jak naturalny antybiotyk, wspomaga układ odpornościowy, a po antybiotykoterapii przywraca korzystną mikroflorę w organizmie, obniża ciśnienie tętnicze krwi, wyrównuje glikemię, wspomaga w biegunkach i nietolerancji laktozy (Dimidi i in. 2019; Sharma i in. 2021). Jednym z problemów zdrowotnych osób starszych są wzdęcia i zaparcia. Wykazano, że kefir może łagodzić zaparcia. U osób z czynnościowym zaparciem spożywanie 500 cm^3 kefiru dziennie przez 4 tygodnie znacząco zwiększyło częstość oddawania stolca, zmniejszyło problemy jelitowe oraz skróciło czas pasażu jelitowego (Turan i in. 2014).

Acidofilne mleko otrzymywane jest przez fermentację mlekową pasteryzowanego mleka, prowadzoną za pomocą bakterii *Lactobacillus acidophilus*, które wytwarzają kwas mlekowy. W takim mleku znajduje się w 1 cm^3 ponad 10^8 żywych bakterii. Dodatkowo zawiera również bifidobacterie, które dodawane są do niego podczas produkcji. Mleko acidofilne pozyskiwane jest z zagęszczonego mleka do którego dodaje się odtłuszczone mleko w proszku, następnie podawane jest ono pasteryzacji oraz homogenizacji, a na końcu poddane zostaje ukwaszaniu czystymi kulturami bakterii. Mleko acidofilne charakteryzuje się wysoką wartością leczniczą oraz dietetyczną (Karwowska i Kaczmarzyk, 2023; Mojka 2014).

Maślanka pierwotnie jest produktem ubocznym powstającym podczas wyrobu masła. Maślankę określa się jako orzeźwiający napój o łagodnym, lekkim, śmietankowo-orzechowym smaku. Zawiera ona kwas mlekowy, białko, lecytynę, składniki mineralne (jod, sód, mangan, sól, miedź, potas, cynk, wapń, żelazo, fosfor, magnez), a także żywe kultury bakterii, które wspomagają trawienie i układ pokarmowy. Maślanka zawiera niewielką ilość tłuszczu (500 mg) oraz jest głównym źródłem wapnia (110 mg) w 100g (Górska 2014; Kunachowicz i in. 2020, Mituniewicz-Małek i in. 2012). Dostępny w sprzedaży napój fermentowany o tej nazwie jest produktem powstającym

w wyniku zmieszania naturalnej maślanki, mleka i kultur bakterii fermentacji mlekowej. Jest dostępny również wersjach smakowych.

W grupie fermentowanych **produktów mięsnych** wyróżnia się kiełbasę wieprzową **chorizo** produkowaną z udziałem np. *Penicillium olsonii, Penicillium nalgiovense, Pediococcus spp*., **pepperoni** produkowaną z mięsa wieprzowo – wołowego z udziałem np. *Micrococcus spp., Pediococcus cerevisiae, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis* oraz **salami** z mięsa oślego, wieprzowego czy wołowego, dojrzewające z udziałem np. *Pediococcus spp.* (Cuamatzin-García i in. 2022; Karwowska i Kaczmarzyk, 2023). Pomimo wielu walorów smakowo-zapachowych produkty te jednak nie powinny występować w codziennej diecie osób starszych, ale raczej okazjonalnie jako jej urozmaicenie, ze względu na stosowane do ich produkcji dodatki do żywności i sól (Kaveh i in. 2023).

Kolejną grupę żywności probiotycznej stanowią **fermentowane produkty roślinne** (ang. *Fermented Plant Products* FPP) określane jako funkcjonalne ciecze lub ciała stałe wytwarzane z udziałem probiotyków w procesie fermentacji jednego lub większej liczby świeżych warzyw, owoców, grzybów, ziół itp. (Zhang i in. 2021). Do produkcji **fermentowanych soków warzywnych** wykorzystuje się ogórki, kapustę, pomidory, marchewkę i buraka ćwikłowego. W świeżym soku z buraka ćwikłowego, z surowych ogórków czy też kapuście występują naturalnie takie bakterie jak: *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus cerevisiae*. Natomiast w soku pomidorowym występują bakterie fermentacji mlekowej takie jak: *Lactobacillus brevis, Lactobacillus plantarum,*, a także *Pediococcus pentosaceus*. W tradycyjnych roślinnych napojach fermentowanych skład mikroflory warunkowany jest przez gatunek, część morfologiczną rośliny, warunki uprawy i zbioru. LAB stanowią jej niewielką część (2,0 –4,0 log/g), oprócz tego występują niekorzystne gatunki grzybów i bakterii (m.in. *Escherichia coli, Bacillus subtilis, Pichia, Candida*), dlatego niezbędny jest dodatek NaCl w stężeniu około 2%, warunkujący prawidłowy przebieg początku fermentacji i ograniczenie rozwoju mikroflory saprofitycznej. W sokach tych występują liczne substancje bakteriostatyczne lub bakteriobójcze wytwarzane przez bakterie mlekowe podczas fermentacji. Do takich substancji należą m.in.: bakteriocyny, kwasy organiczne (m.in. mlekowy i octowy), ditlenek węgla, nadtlenek wodoru, acetoina, diacetyl i alkohol. Związki te obniżają pH, hamują wzrost gram-dodatnich bakterii patogennych i zanieczyszczających, drożdży i pleśni (Zaręba i Ziarno 2011). Obniżenie pH w przewodzie pokarmowym skutkuje działaniem bakteriostatycznym

niezdysocjonowanych cząstek kwasów, przyśpieszeniem pasażu jelitowego, zwiększeniem masy stolca oraz stymulacją wchłaniania żelaza niehemowego i miedzi (Zielińska i in. 2015).

Surowy **sok marchewkowy** zawiera bakterie: *Weissella koreensis, Pediococcus pentosaceus, Lactobacillus plantarum i fermentum, Leuconostoc mesenteroides* oraz *Enterococcus faecalis* (DiCagno i in. 2009). Warzywne soki, jak i również owocowe, dostarczają do organizmu cenne składniki, należą do nich składniki mineralne, witaminy, naturalne przeciwutleniacze oraz błonnik (Zaręba i Ziarno 2011). Oprócz soków można także wytworzyć kiszone warzywa m.in. kiszone ogórki, kiszoną kapustę, rzodkiewkę, marchew, buraki oraz kiszone owoce: papaja, oliwki, mango. Kiszone warzywa i owoce wspomagają łagodzenie objawów chorób jelitowych, ograniczają hiperglikemię, redukują obstrukcje oraz biegunki, zmniejszają występowanie alergii, przeziębień i stanów zapalnych, a w przypadku zatruć pokarmowych redukują ich objawy (Goluch-Koniuszy i Fugiel 2017).

Fermentowanym produktem roślinnym jest **kimchi** zawierające szczepy *Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus brevis, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus sakei.* Produkt ten wykazuje działanie antyoksydacyjne dzięki obecności karotenoidów, flawonoidów, polifenoli, chlorofilu oraz witamin C i E. Kimchi wykazuje też działanie przeciwzapalne (Dimidi i in. 2019; Karwowska i Kaczmarzyk, 2023; Shahbazi i in. 2021).

Do fermentowania **oliwek** stosuje się szczepy bakterii mlekowych LAB (*Lactobacillus plantarum and Lactobacillus pentosus*, drożdże (*Saccharomyces cerevisiae, Wickerhamomyces anomalus, Candida boidinii*). Szczepy te wykazują specyficzne właściwości probiotyczne, przylegają do skórki owocu, który spożyty przez konsumenta, czyni oliwki dobrym nośnikiem tych pożytecznych drobnoustrojów (Bonatsou i in. 2017). Jednak ze względu na zawartość soli (3,8 g/100g) oliwki nie powinny być spożywane przez osoby starsze w nadmiernej ilości.

Probiotykiem również jest fermentowany napój **kombucha**, czyli herbata grzybowa, jako napój gazowany spożywany na całym świecie, który ma lekko słodki i cytrusowy smak, o niskiej zawartości alkoholu. Nazwa kombucha wywodzi się od japońskich słów *kombu* (wodorosty) i *cha* (herbata). Napój ten powstaje w wyniku fermentacji herbaty i cukru z symbiotyczną kulturą bakterii i drożdży, czyli tzw. SCOBY. Kombucha może być wytwarzana z różnych rodzajów herbat, takich jak herbata czarna, zielona, biała, czerwona i oolong. W procesie fermentacji bierze udział kilka gatunków bakterii i drożdży, w wyniku którego powstaje wiele korzystnych związków, takich jak

polifenole, kwasy organiczne, aminokwasy, witaminy, składniki mineralne, enzymy hydrolityczne, które mają właściwości prozdrowotne i właściwości lecznicze, takie jak: przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe i przeciwdrobnoustrojowe (Kitwetcharoen i in. 2023). Napój ten wspomaga system odpornościowy, zatrzymuje rozwój bakterii patogennych, jest pomocny w leczeniu nowotworów, polepsza funkcjonowanie wątroby oraz trzustki, a także wpływa na lepsze trawienie i metabolizm. Kombucha wpływa na uregulowanie ciśnienia tętniczego krwi, usuwanie toksyn z organizmu, jak i regulację stężenia cholesterolu we krwi (Otávio i in. 2023).

Mniej znanym fermentowanym produktem otrzymywanym z owoców jest **tepache,** tradycyjny meksykański napój produkowany z ananasa, wody, cukru brązowego oraz laski cynamonu lub goździków. Jest ceniony za unikalny smak i aromat, a także łatwość oraz szybkość wykonania. Wyizolowano z niego szczepy bakterii, takie jak *Lactobacillus pentosus, L. paracasei, L. plantarum* oraz *L. lactis* czy drożdże z rodzaju *Saccharomyces*. Drobnoustroje występujące w tepache wspierają prawidłową mikroflorę gospodarza, modulują układ odpornościowy oraz regulują pracę układu pokarmowego. Dzięki właściwościom antybiotycznym oraz przeciwgrzybiczym, tepache stanowi bezpieczną dla człowieka żywność o potencjalnym działaniu prozdrowotnym. Jednak rozpoznanie wszystkich efektów spożywania tepache wymaga jeszcze dalszych badań (Ligenza i in. 2021).

Innymi surowcami roślinnymi, wykorzystywanymi do produkcji wyrobów fermentowanych są zboża i nasiona roślin strączkowych. Takie **zboża** jak: owies, ryż czy pszenica zawierają dużo błonnika, a także substancje bioaktywne i odżywcze. Fermentowanie produktów zbożowych przyczynia się do obniżenia zawartości węglowodanów niestrawnych (oligo- i polisacharydów), zwiększenia zawartości składników mineralnych (cynk, żelazo, magnez, wapń) i witamin z grupy B. Zwiększanie biodostępności składników mineralnych wynika z degradacji obecnych z zbożach szczawianów, fitynianów i garbników. W sklepach ze zdrową żywnością dostępne są płatki śniadaniowe oraz otręby z mikroorganizmami probiotycznymi. Fermentacji poddaje się różne surowce zbożowe. Przykładem może być **boza**, napój wytworzony z kukurydzy, prosa i pszenicy. Są także napoje przygotowywane na bazie **owsa** (Toczek i Glibowski 2015). Fermentowany **ryż brązowy**, z udziałem pleśni *Aspergillus oryzae*, przyczynia się do obniżenia stężenia cholesterolu we krwi oraz ochrony wątroby przed wolnymi rodnikami wytwarzanymi przez akumulację miedzi. Co istotne, dla osób starszych produkt ten wykazuje właściwości

chemoprewencyjne, przeciwnowotworowe, prebiotyczne oraz przeciwzapalne (Şanlier N, i in. 2019).

Na rynku dostępny jest **chleb na zakwasie** zawierający szczepy *Lactobacillus sanfranciscensis, Saccharomyces cerevisiae, Candida milleri* (Karwowska i Kaczmarzyk, 2023). Proces fermentacji przyczynia się do obniżenia zawartości oligosacharydów – fruktanów i rafinozy, a takie pieczywo jest lepiej tolerowane przez pacjentów z zespołem jelita drażliwego (ang. *Irritable Bowel Syndrome*) (Dimidi i in. 2019). Ponadto takie produkty, zawierające dużą ilość błonnika, przyczyniają się do regulacji masy ciała, funkcjonowania jelit oraz zapobiegania chorobom układu krążenia.

Soja natomiast zawiera wartościowe białko roślinne i składniki bioaktywne (izoflawony), które zapobiegają chorobom układu sercowo-naczyniowego oraz osteoporozie. Produkty sojowe są dobrym nośnikiem probiotyków, które mają zdolność do metabolizowania oligosacharydów (rafinozy) (Trząskowska 2013). Proces fermentacji soi zwiększa jego strawność oraz zawartość izoflawonów, które regulują stężenie glukozy we krwi. W przypadku seniorów ważne jest, że procesie fermentacji soi w wyniku dekarboksylacji L-glutaminianu powstaje neuroprzekaźnik kwas γ-aminomasłowy (GABA), w czym pośredniczy bakteryjny enzym dekarboksylaza glutaminowa (GAD, ang. *Glutamic Acid Decarboxylase*). GABA wykazuje działanie hamujące na układ nerwowy i odgrywa istotną rolę w regulacji ciśnienia krwi oraz wpływa pozytywnie na procesy pamięciowe i koncentrację seniorów (Das i in. 2020; Jayachandran i Xu 2019).

Sojowe produkty fermentowane są popularne w dietach alternatywnych np. w makrobiotyce. Do znanych produktów fermentowanych produkowanych z soi zalicza się **miso.** Jest to tradycyjna japońska pasta, która zawiera *Aspergillus oryzae, Saccharomyces rouxii, Pediococcus halophilus*, wytwarzana ze sfermentowanej soi i dodatków, najczęściej ryżu lub jęczmienia, a także soli i drożdży *(*Karwowska i Kaczmarzyk, 2023). **Natto** zawiera szczepy *Bacillus subtilis var*., które przyczyniają się do powstania witaminy K_2 i enzymu nattokinazy. Enzym ten wykazuje właściwości przeciwzakrzepowe i fibrynolityczne, dzięki czemu może odgrywać znaczącą rolę w profilaktyce chorób układu krążenia i nadciśnienia tętniczego, co jest istotne dla osób starszych (Cuamatzin-Garcia i in. 2022; Karwowska i Kaczmarzyk, 2023). **Tempeh** natomiast zawiera szczepy *Rhizopus oligosporus* i *Lactobacillus plantarum*. Wpływając na zwiększenie wydzielanie immunoglobuliny A (IgA) w jelicie krętym i okrężnicy, przyczynia się do lepszego funkcjonowania układu odpornościowego. Jego spożycie prowadzi do modulacji składu mikrobioty jelitowej, poprzez

zwiększenie populacji *Akkermansia muciniphila* w przewodzie pokarmowym (Cuamatzin-Garcia i in. 2022; Karwowska i Kaczmarzyk, 2023). Wykazano również antyoksydacyjne działanie fermentowanych produktów sojowych takich jak: tempeh, natto, douchi, miso i hawaijar dzięki obecności w nich izoflawonów.

4. Zakończenie

Probiotyczna żywność fermentowana, zarówno pochodzenia zwierzęcego jak i roślinnego, ale spożywana systematycznie przez seniorów może wywołać w organizmie wiele korzyści zdrowotnych: 1) pozytywnie modyfikować mikroflorę jelitową, 2) regulować motorykę jelit, 3) hamować przemieszczenie i wzrost patogenów, zmniejszając tym samym ryzyko zakażeń patogenami jelitowymi np. *Salmonellą*, 4) poprawić trawienie pokarmów (m.in. laktozy), 5) zapobiegać wzdęciom i zaparciom, 6) obniżyć stężenie cholesterolu i glukozy we krwi, 7) poprawić status antyoksydacyjny i przeciwzapalny, 8) ochronić jelito grube przed rozwojem nowotworów, 9) obniżyć ryzyko zachorowalności na otyłość, 10) zmniejszyć okres trwania rotawirusowych biegunek, 11) zwiększyć wchłanianie składników mineralnych, 12) zmniejszyć działanie fekalnych enzymów (np. β-glukoronidazy, β-glukozydazy, nitro reduktazy), 13) usuwać toksyczne substancje z organizmu (np. amoniak, aminy, indol, skatol), 14) uczestniczyć w syntezie witamin z grupy B oraz K.

Żywność fermentowana powinna być elementem codziennej urozmaiconej i zbilansowanej diety osób starszych, gdyż tylko wówczas może mieć znaczenie zarówno profilaktyczne, jak i terapeutyczne. Biorąc pod uwagę prognozowane zwiększenie odsetka osób starszych w społeczeństwie, zasadnym jest zwrócenie uwagi producentom żywności na celowość wytwarzania probiotycznej żywności fermentowanej o szerokim asortymencie.

Literatura

Baker H. (2007). Nutrition in the elderly: diet pitfalls and nutrition advice. *Geriatrics*, 62, 10, 24–26.

Błędowski P., Szatur-Jaworska B., Szweda-Lewandowska Z., Kubicki P. (2012). *Raport na temat sytuacji osób starszych w Polsce*. Wydawnictwo Instytut Pracy i Praw Socjalnych, Warszawa.

Bonatsou S., Tassou C.C., Panagou E.Z., Nychas G.J.E. (2017). Table olive fermentation using starter cultures with multifunctional potential. *Microorganisms*, 5, 30.

Ciemniak K., Maciejewska P., Cielecka-Piontek J., Kobus-Cisowska J., Soporowski J., Szymanowska, D. (2017). Wpływ preparatu probiotycznego na dysbiozę u osób starszych. Acta Scientiarum Polonorum *Biotechnologia*, 16, 1–4, 93–100.

Cuamatzin-García L., Rodríguez-Rugarcía P., El-Kassis, E.G., et al. (2022). Traditional Fermented Foods and Beverages from around the World and Their Health Benefits. *Microorganisms,* 10, 1151.

Das G., Paramithiotis S., Sundaram Sivamaruthi B., et al. (2020). Traditional fermented foods with anti-aging effect: A concentric review. *Food Research International*, 134:109269.

DiCagno R., Surico F.R., Paradiso A., et al. (2009). Effect of autochthonous lactic acid bacteria starters on health-promoting and sensory properties of tomato juice. *International Journal of Food Microbiology*, 128, 3, 473–483.

Dimidi E., Cox SR., Rossi M., et al. (2019). Fermented Foods: Definitions and Characteristics, Impact on the Gut Microbiota and Effects on Gastrointestinal Health and Disease. *Nutrients,* 19;11:1806.

Di Stefano M. (2001). Lactose malabsorption and intolerance in the elderly. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 36, 12, 1274–1278.

Feldman M., Friedman L.S., Brandt L.J. (2010). Sleisenger and fordtran's gastrointestinal and liver disease e-book: *Pathophysiology, diagnosis, management, expert consult*. Premium edition – enhanced online features. Tom 1. Elsevier Health Sciences, Philadelphia.

Filip R., Huk J. (2008). Starzenie się układu pokarmowego. Część 2: Zaburzenia funkcji wydzielniczych, trawienia i wchłaniania. *Geriatria*, 2, 224–230.

Główny Urząd Statystyczny (2022). Sytuacja osób starszych w Polsce w 2021 r. GUS, Warszawa, Białystok.

Goluch Z., Ruchała-Tyszler A., Tyszler Ł. (2022). Wskazówki żywieniowe dla seniorów z suchością w jamie ustnej. *Nowa Klinika*, 29, 1, 51-55.

Goluch-Koniuszy Z., Fugiel J. (2017). Właściwości prozdrowotne żywności probiotycznej i pre-biotycznej. *Vox Medici* Biuletyn Okręgowej Izby Lekarskiej, 2, 227, 16–19.

Górska J. (2014). Napoje fermentowane cz. 2: kefiry i maślanki. *Forum Mleczarskie Handel*, 2, 63, 1–5.

Jabczyk M. (2020). Mikrobiota przewodu pokarmowego osób starszych - wpływ na zdrowie i samopoczucie. *Geriatria*, 14, 45-54.

Jayachandran M, Xu B. (2019). An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chemistry*, 271, 362–371.

Karakula-Juchnowicz H., Pankowicz H., Juchnowicz D., et al. (2017). Mikrobiota jelitowa – klucz do zrozumienia patofizjologii jadłowstrętu psychicznego? *Psychiatria Polska*, 51, 5, 859–870.

Karwowska K., Kaczmarzyk D. (2023). Rola i znaczenie produktów fermentowanych w diecie. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 29, 2, 79–88.

Kaveh S., Hashemi S.M.B., Abedi E., et al. (2023). Bio-Preservation of Meat and Fermented Meat Products by Lactic Acid Bacteria Strains and Their Antibacterial Metabolites. *Sustainability*, 15, 10154.

Kitwetcharoen H., Phung L.T., Klanrit P., et al. (2023). Kombucha Healthy Drink—Recent Advances in Production, Chemical Composition and Health Benefits. *Fermentation*, 9, 48.

Krakowiak O., Nowak R. (2015). Mikroflora przewodu pokarmowego człowieka – znaczenie, rozwój, modyfikacje. *Postępy Fitoterapii*, 3, 193–200.

Kukułowicz A. (2017). Aspekty zdrowotne i jakość mikrobiologiczna zsiadłego mleka. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 50, 3, 227–233.

Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K. (2020). *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*. Wydawnictwo lekarskie PZWL, Warszawa.

Lewandowicz M., Kulczyński B., Rzeźnik M. (2016). Znaczenie probiotyków w żywieniu osób starszych. *Postępy Dietetyki w Geriatrii i Gerontologii*, 1, 15–22.

Libudzisz Z. (2016). Żywność probiotyczna [w: *Mikroorganizmy w żywności i żywieniu*]. Red. J. Gawęcki, Z. Libudzisz, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Libudzisz Z. (2013). Różne formy występowania probiotyków. *Żywność dla zdrowia*, 6, 8–11.

Ligenza A., Jakubczyk KP., Kochman J., et al. (2021). Potencjał prozdrowotny i skład mikrobiologiczny fermentowanego napoju tepache. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 27(3), 272-276.

Mach T. (2006). Choroby przewodu pokarmowego [w: *Geriatria z elementami gerontologii ogólnej*]. Red. T. Grodzicki, J. Kocemba, A. Skalska, Via Medica, Gdańsk.

Malinowska I.M. (2010). *Potrzeby osób starszych*. Wydawnictwo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Marco ML., Sanders ME., Gänzle M., et al. (2021). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18,196–208.

Mituniewicz-Malek A., Magdalinska M., Dmytrow I. et al. (2012). Charakterystyka wybranych cech jakościowych maślanek naturalnych zakupionych w handlu detalicznym w czasie chłodniczego przechowywania. *Chłodnictwo*, 47, 1-2, 50-55.

Mojka K. (2014). Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki - charakterystyka i funkcje. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 95, 3, 541–549.

Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z. (2010). Probiotyki – historia i mechanizmy działania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4, 71, 5–19.

Otávio Auigar Cavicchia L., Ferreira de Almeida M. (2023). Health benefits of Kombucha: drink and its biocellulose production. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58.

Pietruszka B. (2013). Fizjologia procesów starzenia się w aspekcie potrzeb żywieniowych [w: *Żywienie u progu i u schyłku życia*]. Red. J. Gawęcki, W. Roszkowski, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 106–114.

Radwan P., Radwan K (2016). Nieswoiste choroby zapalne jelit u osób w podeszłym wieku. *Gastroenterologia Kliniczna*, 8, 1, 27–35.

Rakowska M., Lichosik M., Kacik J., et al. (2016). Wpływ mikrobioty na zdrowie człowieka. *Pediatria i Medycyna Rodzinna*, 12, 4, 404–412.

Respondek W., Traczyk I. (2014). Co rozumiemy przez starzenie się organizmu? [w: *Żywienie osób w wieku starszym*]. Red. M. Jarosz, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 34–36.

Roczniki Demograficzne (2018). Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Şanlier N., Gökcen BB., Sezgin AC. (2019). Health benefits of fermented foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(3), 506–527.

Savaiano DA., Hutkins RW. (2021). Yoghurt cultured fermented milk, and health: a systematic review. Nutrition Review, 79(5), 599–614.

Shahbazi R., Sharifzad F., Bagheri R., et al. (2021). Anti-Inflammatory and Immunomodulatory Properties of Fermented Plant Foods. *Nutrients*, 13(5), 1516.

Sharma H., Ozogul F., Bartkiene E., et al. (2021). Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,*1–23.

Skotnicka M., Gierczak A. (2016). Odżywianie i aktywność fizyczna gwarantem dobrego zdrowia osób starszych. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 93, 196–202.

Skrzydło-Radomańska B., Wronecki J. (2019). Czy mikrobiotę jelitową można skutecznie modyfikować? Varia Medica, 3, 1, 18–26.

Stala J. (2014). *Człowiek chory i umierający: możliwości wsparcia i formy pomocy*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Papieskiego Jana Pawła II, Kraków.

Standard for Fermented Milks CXS 243-2003 (2022). FAO/ WHO, Geneve. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B243-2003%252FCXS_243e.pdf [dostęp 30.11.2023]

Tańska M. (2016). Zasady żywienia ludzi starszych w ogólnej profilaktyce chorób dietozależnych [w: *Żywienie a środowisko*]. Red. M. Podgórska, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania, Gdańsk, 51–59.

Toczek K., Glibowski P. (2015). Bakterie probiotyczne w żywności nowe kierunki stosowania. *Przemysł Spożywczy*, 69, 3, 42–45.

Trząskowska M. (2013). Probiotyki w produktach pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4, 89, 5–20.

Turan I., Dedeli O., Bor S., et al. (2014). Effects of a kefir supplement on symptoms, colonic transit, and bowel satisfaction score in patients with chronic constipation: A pilot study. *Turkish Journal of Gastroenterology*, 25, 650–656.

Tylman W.M., Rzeszutko I.M., Dąbrowska G. (2016). Mikrobiom człowieka i jego znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa,* 3, 26–31.

Węgielska I., Suliburska J. (2016). Wpływ leków na mikroflorę jelitową. *Forum Zaburzeń Metabolicznych*, 7, 1, 1–7.

Wierzbicka J., Brukwicka B., Kopański Z., et al. (2017). Wybrane aspekty procesu starzenia się człowieka. *Journal of Clinical Healthcare*, 2, 1-6.

Winiarz D., Domańska K., Paluch K., et al. (2017). Skrajnowska D. Probiotyki a zdrowie - dziś i jutro. *Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego*, 10, 86–94.

Wołkowicz T., Januszkiewicz A., Szych J. (2014). Mikrobiom przewodu pokarmowego i jego dysbiozy jako istotny czynnik wpływający na kondycję zdrowotną organizmu człowieka. *Medycyna Doświadczalna i Mikrobiologia*, 66, 223–235.

Zaremba A. (2015). Dobrodziejstwa probiotyków i prebiotyków oraz ich naturalne źródła. *Świat Przemysłu Farmaceutycznego*, 2, 58–63.

Zaręba D., Ziarno M. (2011). Alternatywne probiotyczne napoje warzywne i owocowe. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 44, 2, 160–168.

Zhang L., Zhang M., Mujumdar AS. (2021). New technology to overcome defects in production of fermented plant products- a review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 829–841.

Zielińska M., Hoffmann M., Waszkiewicz-Robak B. (2015). Tradycyjne roślinne napoje fermentowane o działaniu prozdrowotnym. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 5, 6-9.

Ziółkowska S., Kijek N., Malinowski K., et al. (2022). Gut microbiota – invaluable guardian of immunity and vitality of the human body. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 28(1), 8-14.

Zych A.A. (2001). *Słownik gerontologii społecznej*. Wydawnictwo Akademickie Żak, Warszawa.

ZUZANNA GOLUCH, GABRIELA HARAF, RENATA WÓJCIK

Fermented foods and the health of the elderly

Both in Poland and other developed countries, there is a significant increase in the number of people over 60, which is referred to as the phenomenon of an ageing society. It is recognised that environmental factors, including rational nutrition, physical activity, and genetic, social, and psychological factors, influence life expectancy. During ageing, many changes occur in the structure and function of the post-natal system, among others, including changes in the gut microbiota. Intestinal dysbiosis, a common result of multimorbidity in the elderly, can be improved by systematically supplementing their diets with fermented probiotic foods. Such foods can provide the elderly with many health benefits, especially during and after antibiotic therapy. Fermented foods can be used in the diet of seniors for both prophylaxis and diet therapy for diseases of the elderly.

Keywords: Elderly people, diet, fermented food, probiotics, microbiota, dysbiosis.

ISBN 978-83-67959-31-5