



**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

ŻYWNOŚĆ POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO

**WYKORZYSTANIE ŚRODOWISKOWYCH BAKTERII FERMENTACJI
MLEKOWEJ DO PRODUKCJI SERÓW W MAŁYCH
MLECZARNIACH**



Badania zrealizowane w ramach:

Zadania 9. Wykorzystanie środowiskowych bakterii fermentacji mlekowej do produkcji serów w małych mleczarniach, na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na podstawie umowy nr DRE.prz.070.1.2025.

Łódź, grudzień 2025 r.



Opracowanie: dr Beata Bartodziejska, dr inż. Anna Szosland-Fałtyn, mgr Nikola Maciejewska, mgr inż. Milena Krępska, dr inż. Agnieszka Tyfa, mgr inż. Justyna Bartczyk

Zakład Jakości Żywności
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno Spożywczego
im. prof. W. Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy
Łódź, grudzień 2025 r.
Źródło zdjęć: pixabay.com

Wprowadzenie

Bakterie kwasu mlekowego (ang. Lactic Acid Bacteria, LAB) jako kultury startowe odgrywają fundamentalną rolę w wytwarzaniu fermentowanej żywności mlecznej. Fermentacja była stosowana od stuleci jako sposób na przedłużenie trwałości produktów mlecznych, a jednocześnie podnosiła ich walory smakowe oraz poprawiała konsystencję. Współcześnie, w związku z rosnącym zainteresowaniem żywnością naturalną i minimalnie przetworzoną, spożycie produktów nabiałowych, zwłaszcza tych powstałych z niepasteryzowanego, fermentowanego mleka stale się zwiększa. Do niewątpliwych zalet fermentowanych wyrobów mlecznych zalicza się również ich prozdrowotne działanie. Choć liczba badań analizujących potencjalną rolę tej żywności w zapobieganiu różnym chorobom nieustannie rośnie, należy zaznaczyć, że produkty te bardziej wspierają profilaktykę i łagodzenie objawów niż bezpośrednio leczą.

Fermentowane wyroby mleczne dostarczają wysokiej jakości białek, zarówno kazeiny, jak i białek serwatkowych, takich jak β -laktoglobuliny, α -laktoalbuminy, laktoferyny czy immunoglobuliny. Podczas proteolizy zachodzącej z udziałem LAB uwalniane są bioaktywne peptydy wykazujące działanie immunomodulacyjne, przeciwgrzybicze, przeciwdrobnoustrojowe, antynowotworowe oraz antyoksydacyjne. Produkty te są również cennym źródłem sprzężonego kwasu linolowego oraz jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, które stanowią nośniki witamin rozpuszczalnych w tłuszczach: A, D, E i K. Fermentowany nabiał dostarcza także wielu witamin i minerałów, m.in. A, B1, B2, B6, B12, niacyny i kwasu foliowego, które w produktach fermentowanych cechują się większą biodostępnością niż w mleku nieprzetworzonym. Podstawowym węglowodanem uczestniczącym w procesie fermentacji jest laktoza, przekształcana w kwas mlekowy przez LAB. Laktoza, egzopolisacharydy, galaktooligosacharydy oraz polidekstroza obecne w tego rodzaju produktach stanowią cenne prebiotyki, wspierające wzrost probiotyków i innych korzystnych drobnoustrojów jelitowych.

Z ewolucyjnego punktu widzenia uważa się, że pierwszy etap adaptacji mikroorganizmów do fermentacji mógł rozpocząć się już w okresie kredy, kiedy w owocach pojawiły się duże ilości fermentowalnych cukrów. Z kolei przystosowanie do środowiska mlecznego mogło nastąpić w późnym paleolicie, wraz z pojawieniem się ssaków. Najstarsze archeologiczne dowody dotyczące produkcji sera pochodzą natomiast z ok. 6000 r. p.n.e. z terenów północnej Europy. Choć mogłoby się wydawać, że adaptacja kultur startowych do nowych niszy trwa bardzo długo, ewolucja ta zachodzi szybciej, niż wcześniej sądzono. Badania filogenetyczne Li

i wsp. 2023 obejmujące 638 próbek fermentowanej żywności z 84 regionów Yunnanu wykazały, że różnorodność genetyczna *Lactiplantibacillus plantarum* dotyczy głównie genów odpowiedzialnych za metabolizm węglowodanów, podczas gdy pochodzenie geograficzne ma niewielkie znaczenie dla genów homologicznych. Sugeruje to, że LAB dostosowują swoje funkcje do specyficznych nisz ekologicznych. Współewolucja drobnoustrojów obecnych w jednym konsorcjum żywnościowym może prowadzić do powstania wysoce zintegrowanych układów, zapewniających optymalny proces fermentacji i wysoką jakość produktu.

Obecnie w Polsce dominują fermentowane produkty mleczne wytwarzane z mleka pasteryzowanego z użyciem komercyjnych kultur startowych, które są wysoce wystandaryzowane, lecz mało zróżnicowane i często niedopasowane do lokalnych nisz środowiskowych. Tymczasem produkty fermentowane na bazie mleka surowego lub pasteryzowanego, ale z dodatkiem lokalnych mikroorganizmów startowych, zapewniają unikalny smak, optymalny przebieg fermentacji i potencjalnie korzystniejsze działanie prozdrowotne.

Oprócz adaptacji drobnoustrojów do nisz żywnościowych, mikroorganizmy kolonizujące człowieka wykazują znaczny potencjał do ewolucji wewnątrzsobniczej. Czynniki kierujące tą adaptacją mogą być charakterystyczne dla konkretnej osoby, jej diety, ale także dla całej społeczności. Zmiany te mogą wzmacniać stabilność mikrobiomu danej populacji oraz zwiększać odporność na patogeny. Badania Pasolli 2020 wykazały, że w mikrobiocie jelitowej populacji zachodniej dominują LAB związane z fermentowanymi produktami mlecznymi, natomiast u Chińczyków przeważają drobnoustroje charakterystyczne dla fermentowanych warzyw oraz produktów zbożowych. Najprawdopodobniej jest to efekt różnic żywieniowych typowych dla danych obszarów geograficznych. Adaptacja wewnątrzsobnicza drobnoustrojów żywnościowych zachodzi przede wszystkim w przypadku szczepów, które potrafią stabilnie kolonizować jelita – czyli tych systematycznie dostarczanych w diecie typowej dla danego regionu. Przykładem wpływu obszaru geograficznego są badania nad skutecznością probiotyku *Lactobacillus* GG (LGG). W Finlandii jego suplementacja u matek i dzieci znacząco zmniejszała częstość choroby atopowej, podczas gdy w Niemczech nie zaobserwowano podobnego efektu. Różnice te prawdopodobnie wynikają ze specyfiki mikrobioty związanej z danym regionem. Geografia wpływa na mikrobiotę jelitową poprzez dietę, styl życia, pochodzenie etniczne i stopień urbanizacji.

Biorąc pod uwagę zdolność mikroorganizmów do adaptacji do specyficznych nisz geograficznych, najlepszą jakość fermentowanych produktów mlecznych można uzyskać,

stosując lokalne kultury startowe, które dostosowały się do danego środowiska. Odpowiednio dobrana kokultura regionalnych drobnoustrojów, które współewoluowały, zapewnia najbardziej optymalny przebieg fermentacji i najlepsze cechy sensoryczne produktu.

Jednocześnie, jeśli chodzi o potencjalne korzyści zdrowotne wynikające ze spożycia LAB i innych bakterii prozdrowotnych, najbardziej wskazane jest spożywanie produktów zawierających drobnoustroje pochodzenia środowiskowego z tego samego obszaru geograficznego, w którym żyje konsument.

W ostatnich dziesięcioleciach nasze nawyki żywieniowe uległy gwałtownej zmianie wskutek rozwoju rolnictwa, masowego przetwarzania żywności i wzrostu konsumpcji produktów bogatych w tłuszcze nasycone, cukier, słodziki oraz sól. Tak zwana dieta zachodnia jest uboga w błonnik i zawiera niewiele warzyw, owoców, chudego nabiału, mięsa oraz pełnoziarnistych zbóż. Zmiana ta zaszła zbyt szybko, aby ludzki genom zdążył się do niej przystosować. Efektem jest zwiększenie ryzyka chorób cywilizacyjnych, takich jak otyłość, cukrzyca i schorzenia układu krążenia. Aby przeciwdziałać negatywnym skutkom diety zachodniej, należy zwiększyć udział żywności naturalnej kosztem produktów silnie przetworzonych. Do kategorii żywności naturalnej zaliczają się m.in. fermentowane produkty mleczne wytwarzane z mleka niepasteryzowanego lub pasteryzowanego, ale z dodatkiem lokalnych kultur startowych, szczególnie produkowane w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego (RHD).

Polska posiada długą tradycję spożywania fermentowanych produktów mlecznych, a dzięki dynamicznie rozwijającemu się RHD konsumenci mają łatwy dostęp do naturalnych wyrobów wytwarzanych według tradycyjnych receptur. Jak podkreślono we wstępie, codzienna dieta powinna uwzględniać fermentowane produkty mleczne przygotowywane z wykorzystaniem lokalnych kultur startowych. Nagłe zmiany dietetyczne ostatniego stulecia nie sprzyjają zdrowiu, a komercyjne wyroby mleczne oparte na standaryzowanych szczepach nie dorównują jakością produktom fermentowanym przy udziale drobnoustrojów środowiskowych. Dodatkowo lokalne bakterie kwasu mlekowego mogą działać prozdrowotnie, a ich adaptacja w organizmie jest efektywniejsza, gdy pochodzą z tej samej strefy geograficznej co konsument. Dlatego warto włączać do codziennego jadłospisu naturalne produkty fermentowane, dostępne dzięki producentom działającym w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego, które łączą tradycję, wysoką jakość i potencjalne korzyści zdrowotne.

Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły lokalne surowce mleczarskie oraz tradycyjne produkty mleczne pozyskane od niewielkich producentów nabiału działających na terenie województwa łódzkiego, funkcjonujących w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego oraz małych mleczarni rzemieślniczych. Nawiązanie współpracy z producentami odbywało się przy wsparciu Ośrodków Doradztwa Rolniczego (ODR), pełniących rolę pośredników i doradców w środowisku wiejskim.

W ramach współpracy pozyskano próbki mleka surowego oraz tradycyjnych produktów mlecznych, w tym twarogów i serów świeżych, które wykorzystano jako źródło izolacji bakterii fermentacji mlekowej reprezentujących lokalną mikroflorę mleczarską. Materiał biologiczny pobierano z zachowaniem zasad aseptyki i transportowano w warunkach chłodniczych do dalszych analiz laboratoryjnych.

Materiałem do badań były również wyizolowane szczepy bakterii kwasu mlekowego, wytypowane na podstawie właściwości technologicznych i potencjalnych efektów prozdrowotnych, które następnie wykorzystano do opracowania innowacyjnych mieszanek starterowych przeznaczonych do produkcji serów twarogowych, kwasowo-podpuszczkowych oraz dojrzewających z mleka krowiego i koziego.

Metodyka

Izolacja i selekcja bakterii fermentacji mlekowej

Izolację bakterii fermentacji mlekowej przeprowadzono z lokalnych surowców mleczarskich oraz tradycyjnych produktów mlecznych. Próby przebadano zgodnie z normą PN-ISO 15214:2002, obejmującą posiewy na selektywne podłoże dla bakterii kwasu mlekowego – agar de Man, Rogosa i Sharpe (MRS, Merck, Niemcy) oraz inkubację w warunkach tlenowych (30 °C, 72 h). Uzyskane izolaty poddano wstępnej selekcji na podstawie cech biochemicznych przy pomocy testu diagnostycznego API® 50 CH oraz podłoża API® 50 CHL (bioMérieux, Francja) przeznaczonego do identyfikacji mikroorganizmów z rodzaju *Lactobacillus* oraz rodzajów pokrewnych. Test API 50 CH zawierał 50 mikroprobówek, które umożliwiały określenie zdolności fermentacji substratów o charakterze węglowodanów i ich pochodnych tj.: heterozydów, polialkoholi, kwasów uronowych. Fermentacja w probówkach uwidoczniła się poprzez zmianę koloru w probówce z purpurowej na żółtą. Zmiana koloru była wywołana poprzez beztlenowe wytworzenie kwasu i wykrycie go przez wskaźnik pH obecny w podłożu. Pierwsza mikroprobówka nie zawierała wskaźnika pH, stanowiąc kontrolę ujemną. Poniżej w

Tabeli 1 przedstawiono szczegółowy skład testu API® 50 CH. Wyselekcjonowane izolaty włączono do dalszych etapów badań.

Tabela 1. Skład węglowodanów w teście API® 50 CH

0	Kontrola	10	D-galaktoza	20	Metylo- α D-mannopiranozyd	30	D-melibioza	40	D-turanoza
1	Glicerol	11	D-glukoza	21	Metylo- α D-glukopiranozyd	31	D-sacharoza	41	D-liksoza
2	Erytrytol	12	D-fruktoza	22	N-acetylo-glukozamina	32	D-trehaloza	42	D-tagatoza
3	D-arabinoza	13	D-mannoza	23	Amigdalina	33	Inulina	43	D-fukoza
4	L-arabinoza	14	L-sorboza	24	Arbutyna	34	D-melezytoza	44	L-fukoza
5	D-ryboza	15	L-ramnoza	25	Eskulina Cytrynian żelaza	35	D-rafinoza	45	D-arabitol
6	D-ksyloza	16	Dulcytol	26	Salicyna	36	Skrobia	46	L-arabitol
7	L-ksyloza	17	Inozytol	27	D-celobioza	37	Glikogen	47	Glukonian potasu
8	D-adonitol	18	D-mannitol	28	D-maltoza	38	Ksylitol	48	2-ketoglukonian potasu
9	Metylo- β D-ksylopiranozyd	19	D-sorbitol	29	D-laktoza	39	Gencjobioza	49	5-ketoglukonian potasu

Ocena właściwości technologicznych i potencjalnych efektów prozdrowotnych

Wyizolowane szczepy poddano szczegółowej ocenie właściwości technologicznych, obejmującej:

- zdolność do zakwaszania mleka,
- wpływ na teksturę i konsystencję wytwarzanych serów,
- tolerancję na zmienne warunki serowarskie,
- stabilność i powtarzalność działania w kolejnych cyklach fermentacyjnych.

Zdolność do zakwaszania mleka. Zdolność zakwaszania mleka przez wyizolowane szczepy bakterii kwasu mlekowego oceniano na podstawie dynamiki zmian wartości pH w czasie fermentacji. Do badań wykorzystano mleko pasteryzowane o standaryzowanej zawartości

tluszczu – 3,6%. Aktywne kultury badanych izolatów bakterii kwasu mlekowego uzyskiwano poprzez ich namnożenie w bulionie MRS, po czym zawiesiny komórek standaryzowano do jednakowej gęstości – 1 w skali McFarlanda, odpowiadający $3,0 \times 10^8$ jtk/ml. Tak przygotowane inokulum wprowadzano do próbek mleka (500 ml) w objętości 1 ml, zapewniającej porównywalne warunki początkowe fermentacji dla wszystkich analizowanych szczepów. Fermentację prowadzono w kontrolowanych warunkach temperaturowych, odpowiadających temperaturze otoczenia (21°C), wykorzystywanej do ukwaszania mleka w małych serowarniach. W trakcie inkubacji monitorowano zmiany wartości pH w określonych punktach czasowych, przy użyciu skalibrowanego pH-metru. Pomiarów dokonywano do momentu ustabilizowania się wartości pH lub osiągnięcia poziomu charakterystycznego dla zakończonego procesu fermentacji. Na podstawie uzyskanych wyników określano tempo i efektywność zakwaszania mleka przez poszczególne izolaty. Analizowano zarówno szybkość obniżania pH w początkowej fazie fermentacji, jak i końcową wartość pH, co umożliwiło porównanie potencjału technologicznego badanych szczepów oraz ich przydatności jako składników kultur starterowych do produkcji serów.

Wpływ na teksturę i konsystencję wytwarzanych serów. Wpływ izolatów bakterii kwasu mlekowego na teksturę i konsystencję wytwarzanych serów oceniano na podstawie prób serowarskich przeprowadzonych w skali laboratoryjnej. Do produkcji serów wykorzystywano mleko niskopasteryzowane, co pozwalało na porównywalną ocenę oddziaływania poszczególnych izolatów na strukturę produktu końcowego. Proces wytwarzania serów prowadzono według jednolitego schematu technologicznego, różnicując jedynie drobnoustrój zastosowany jako starter. Po zakończeniu fermentacji i formowania skrzepu sery poddawano standaryzowanemu procesowi odsączania oraz przechowywania w kontrolowanych warunkach temperaturowych. Oceny tekstury i konsystencji dokonywano po ustalonym czasie dojrzewania lub stabilizacji produktu, w zależności od rodzaju sera. Analizę przeprowadzano metodą oceny sensorycznej, obejmującej takie cechy jak spoistość, sprężystość, kruchość, kremowość oraz jednorodność struktury. Równolegle prowadzono ocenę profilu sensorycznego serów, uwzględniającą ogólną akceptowalność sensoryczną oraz intensywność wybranych cech smakowo-zapachowych. Analizowano w szczególności: odczuwalną kwasowość, obecność i intensywność nut gorzkich, charakter i czystość aromatu, występowanie zapachów obcych lub niepożądanych. Uzyskane wyniki zestawiano w celu porównania wpływu poszczególnych izolatów bakterii kwasu mlekowego na właściwości reologiczne i konsystencję wytwarzanych serów. Na podstawie przeprowadzonych analiz określano przydatność badanych szczepów do

zastosowania w produkcji serów o pożądanej strukturze i konsystencji, a uzyskane dane stanowiły jedno z kryteriów doboru izolatów do innowacyjnych mieszanek starterowych.

Tolerancja na zmienne warunki serowarskie. Tolerancję wyizolowanych szczepów bakterii kwasu mlekowego na zmienne warunki serowarskie oceniano na podstawie ich zdolności do zachowania aktywności fermentacyjnej w warunkach zróżnicowanego pH, obecności soli oraz zmiennej temperatury, charakterystycznych dla poszczególnych etapów produkcji serów. Wpływ obniżającego się pH oceniano poprzez monitorowanie aktywności wzrostowej szczepów w środowisku mlecznym w trakcie postępującego zakwaszania, od wartości początkowych typowych dla mleka do poziomów charakterystycznych dla skrzepu i gotowego produktu. Tolerancję na obecność soli oceniano w warunkach odpowiadających procesowi solenia serów. Szczepy poddawano działaniu zwiększonego stężenia NaCl, a następnie oceniano ich zdolność do dalszego wzrostu oraz stabilność cech fermentacyjnych w porównaniu do warunków kontrolnych. Wpływ temperatury oceniano poprzez prowadzenie fermentacji w zróżnicowanych warunkach temperaturowych, mieszczących się w zakresie typowym dla produkcji serów świeżych i dojrzewających. Analizowano zdolność szczepów do adaptacji do odchyłeń temperaturowych oraz zachowanie stabilności procesu fermentacji. Na podstawie uzyskanych wyników określano tolerancję badanych izolatów na zmienne warunki serowarskie oraz ich przydatność do zastosowania jako składniki kultur starterowych przeznaczonych do produkcji serów w małych mleczarniach.

Stabilność i powtarzalność działania w kolejnych cyklach fermentacyjnych. Stabilność i powtarzalność działania wyizolowanych szczepów bakterii kwasu mlekowego oceniano na podstawie ich aktywności fermentacyjnej w kolejnych, niezależnych cyklach fermentacji mleka. Każdy cykl fermentacyjny prowadzono jako odrębny proces technologiczny, z wykorzystaniem nowej porcji mleka oraz świeżo przygotowanego inokulum pochodzącego z tego samego szczepu bakterii. Przed rozpoczęciem każdego cyklu fermentacyjnego badane szczepy namnażano w jednakowych warunkach, a następnie standaryzowano gęstość inokulum, aby zapewnić porównywalne warunki początkowe fermentacji. Tak przygotowane kultury wykorzystywano do zaszczepienia mleka niskopasteryzowanego. Fermentację prowadzono w stałych, kontrolowanych warunkach temperaturowych. W trakcie każdego cyklu monitorowano przebieg procesu poprzez pomiary zmian wartości pH w czasie oraz określenie końcowej wartości pH po zakończeniu fermentacji. Uzyskane wyniki porównywano pomiędzy kolejnymi cyklami fermentacyjnymi w celu oceny zmienności aktywności fermentacyjnej

szczepów. Stabilność działania definiowano jako zdolność szczepu do utrzymania zbliżonej dynamiki zakwaszania oraz porównywalnych końcowych wartości pH w kolejnych cyklach fermentacyjnych, natomiast powtarzalność oceniano na podstawie stopnia odchylenia pomiędzy uzyskanymi wynikami. Na podstawie przeprowadzonych analiz określano przydatność badanych izolatów bakterii kwasu mlekowego do zastosowania w procesach serowarskich wymagających stabilnej i przewidywalnej aktywności kultur starterowych, szczególnie w warunkach produkcji prowadzonej na małą skalę.

Równolegle analizowano **potencjalne właściwości prozdrowotne** szczepów, w tym ich odporność na niskie pH oraz obecność soli żółciowych, a także zdolność do wytwarzania związków bioaktywnych. Potencjalne właściwości prozdrowotne wyizolowanych szczepów bakterii kwasu mlekowego oceniano na podstawie wybranych cech funkcjonalnych, powszechnie stosowanych jako kryteria wstępnej selekcji drobnoustrojów o potencjale probiotycznym. Analizy prowadzono w warunkach laboratoryjnych, koncentrując się na zdolności szczepów do przetrwania niekorzystnych warunków środowiska przewodu pokarmowego oraz ich aktywności metabolicznej.

Odporność na niskie pH. Odporność szczepów na warunki kwaśne oceniano poprzez poddanie aktywnych kultur inkubacji w środowisku o obniżonej wartości pH, przygotowanym przez zakwaszenie bulionu hodowlanego MRS. Po określonym czasie ekspozycji oceniano zdolność szczepów do przeżycia oraz zachowania aktywności metabolicznej, porównując ich wzrost po przeniesieniu do warunków sprzyjających z próbami kontrolnymi.

Tolerancja na sole żółciowe. Zdolność szczepów do przetrwania w obecności soli żółciowych oceniano poprzez inkubację bakterii w podłożu wzbogaconym w deoksycholan sodu. Po zakończeniu inkubacji analizowano wpływ tego czynnika na zdolność wzrostu oraz stabilność aktywności metabolicznej badanych izolatów w porównaniu do hodowli prowadzonych bez dodatku soli żółciowych.

Aktywność metaboliczna i wytwarzanie związków bioaktywnych. Potencjalne właściwości prozdrowotne wyizolowanych szczepów bakterii kwasu mlekowego oceniano pośrednio na podstawie ich zdolności do fermentacji laktozy i produkcji kwasu mlekowego. Produkcję kwasu mlekowego określano poprzez monitorowanie zmian wartości pH mleka w trakcie fermentacji prowadzonej w kontrolowanych warunkach. Obniżenie pH traktowano jako

wskaźnik aktywności metabolicznej szczepów oraz ich potencjalnej przydatności funkcjonalnej w produkcji fermentowanych wyrobów mlecznych.

Identyfikacja genetyczna wyselekcjonowanych szczepów

Szczepy wykazujące pożądane właściwości technologiczne i potencjalne efekty prozdrowotne poddano identyfikacji genetycznej metodą sekwencjonowania Sangera. Analiza obejmowała izolację DNA, amplifikację fragmentu genu 16S rRNA metodą PCR, sekwencjonowanie oraz porównanie uzyskanych sekwencji z bazami referencyjnymi (Genomed SA). Pozwoliło to na jednoznaczne określenie przynależności taksonomicznej badanych drobnoustrojów.

Opracowanie mieszanek starterowych i produkcja serów

Na podstawie wyników analiz technologicznych i genetycznych opracowano innowacyjne mieszanki starterowe dedykowane trzem rodzajom serów: twarogowym, kwasowo-podpuszczkowym oraz dojrzewającym. Mieszanki te zastosowano w produkcji serów w skali laboratoryjnej. Wyprodukowane sery poddano badaniom sensorycznym, mikrobiologicznym, analizie wartości odżywczej oraz badaniom przechowalniczym.

Zawartość białka oznaczono metodą Kjeldahla zgodnie z normą PN-74/A-04018+Az3:2002. Oznaczenie polegało na mineralizacji próbek w stężonym kwasie siarkowym, destylacji powstałego amoniaku oraz miareczkowaniu. Uzyskaną zawartość azotu ogólnego przeliczono na białko przy użyciu współczynnika 6,38. Zawartość tłuszczu w serach oznaczono metodą ekstrakcji eterem naftowym zgodnie z normą PN-85/A-82100. Próbkę poddano hydrolizie kwasowej, a następnie ekstrakcji ciągłej w aparacie Soxhleta. Zawartość tłuszczu obliczono na podstawie różnicy mas naczynka ekstrakcyjnego przed i po ekstrakcji, w odniesieniu do masy próbki.

Ocenę sensoryczną analizowanych produktów przeprowadzono metodą konsumencką, z udziałem niewyszkolonych oceniających, reprezentujących potencjalnych konsumentów wyrobów mlecznych. Badania prowadzono w warunkach zapewniających powtarzalność oceny oraz ograniczenie wpływu czynników zewnętrznych. Próbkę serów podawano w sposób losowy i zakodowany, w temperaturze odpowiedniej dla danego rodzaju produktu. Każdy z uczestników dokonywał indywidualnej oceny próbek, bez możliwości konsultacji z innymi oceniającymi. W ramach oceny sensorycznej analizowano następujące cechy: wygląd zewnętrzny, barwę, konsystencję, zapach, smak oraz jakość ogólną produktu. Oceny dokonywano z wykorzystaniem skali punktowej, a uzyskane wyniki zestawiano i analizowano w celu porównania akceptowalności sensorycznej badanych produktów.

Badania mikrobiologiczne serów przeprowadzono w celu oceny ich jakości mikrobiologicznej oraz monitorowania zmian zachodzących w trakcie okresu przechowywania. Oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami ISO, z zastosowaniem metod hodowlanych. Liczbę bakterii kwasu mlekowego oznaczono metodą posiewów na podłoże MRS, zgodnie z normą PN-ISO 15214:2002. Inkubację prowadzono w warunkach sprzyjających wzrostowi bakterii fermentacji mlekowej, a wyniki wyrażano jako jtk/g. Liczbę drożdży i pleśni oznaczono zgodnie z normą ISO 7954:1999, z wykorzystaniem podłoża selektywnego z chloramfenikolem. Po zakończeniu inkubacji dokonywano zliczania wyrosłych kolonii, a wyniki podawano w jtk/g produktu. Badania mikrobiologiczne prowadzono bezpośrednio po wytworzeniu serów oraz w kolejnych punktach czasowych w trakcie ich przechowywania w kontrolowanych warunkach temperaturowych (5 ± 3 °C). Monitorowanie zmian liczebności bakterii kwasu mlekowego, drożdży i pleśni w czasie umożliwiło ocenę stabilności mikrobiologicznej produktów. Na podstawie uzyskanych wyników określano zmiany jakości mikrobiologicznej serów w okresie przechowywania oraz wyznaczano orientacyjny okres przydatności do spożycia, uwzględniając dopuszczalne poziomy badanych grup drobnoustrojów oraz zachowanie cech charakterystycznych dla danego rodzaju produktu.

Wyniki

Izolacja i selekcja bakterii fermentacji mlekowej

W wyniku przeprowadzonych badań wyizolowano szczepy bakterii fermentacji mlekowej z lokalnych surowców mleczarskich oraz tradycyjnych produktów mlecznych. Uzyskane izolaty wykazywały cechy charakterystyczne dla bakterii kwasu mlekowego, w tym zdolność do wzrostu na podłożu MRS oraz fermentacji węglowodanów.

Wstępna identyfikacja biochemiczna z wykorzystaniem testu API® 50 CH wykazała zróżnicowane profile fermentacyjne badanych izolatów, co wskazuje na ich istotną różnorodność metaboliczną, biochemicznie zidentyfikowano:

Numer izolatu	Nazwa naukowa
ZJ_L01	<i>Lactococcus lactis</i>
ZJ_L02	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
ZJ_L03	<i>Lactococcus lactis</i>
ZJ_L04	<i>Lactococcus lactis</i>
ZJ_L05	<i>Bifidobacterium breve</i>
ZJ_L06	<i>Bifidobacterium animalis</i>
ZJ_L07	<i>Levilactobacillus brevis</i>

ZJ_L08	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
ZJ_L09	<i>Lactocaseibacillus paracasei</i>
ZJ_L10	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>

Ocena właściwości technologicznych i potencjalnych efektów prozdrowotnych

Zdolność do zakwaszania mleka. Badane izolaty bakterii kwasu mlekowego wykazywały zróżnicowaną zdolność do zakwaszania mleka, ocenianą na podstawie dynamiki obniżania wartości pH w trakcie fermentacji. Najwyższą zdolność zakwaszania mleka wykazywał izolat ZJ_L07, charakteryzujący się najszybszym i najbardziej intensywnym obniżaniem wartości pH w trakcie fermentacji. Kolejne miejsca zajmowały izolaty ZJ_L03 oraz ZJ_L04, które również wykazywały wysoką aktywność fermentacyjną i skuteczne obniżanie pH. Izolaty ZJ_L01 oraz ZJ_L09 charakteryzowały się umiarkowaną zdolnością zakwaszania mleka, prowadząc do stabilnego, lecz wolniejszego obniżania wartości pH. Izolaty ZJ_L08 oraz ZJ_L10 wykazywały zbliżony, umiarkowany poziom aktywności fermentacyjnej. Najniższą zdolność zakwaszania mleka obserwowano w przypadku izolatów ZJ_L02, ZJ_L06 oraz ZJ_L05, które powodowały wolniejsze i mniej intensywne obniżanie wartości pH w porównaniu do pozostałych badanych szczepów.

Wpływ na teksturę i konsystencję wytwarzanych serów. Zdolność izolatów bakterii kwasu mlekowego do kształtowania tekstury i konsystencji serów oceniano na podstawie prób serowarskich prowadzonych w jednakowych warunkach technologicznych. Uzyskanie skrzepu serowego było możliwe w przypadku izolatów ZJ_L07, ZJ_L03, ZJ_L04, ZJ_L01, ZJ_L09, ZJ_L08 oraz ZJ_L10. Z pozostałych izolatów nie uzyskano skrzepu, co uniemożliwiło ocenę ich wpływu na strukturę produktu końcowego. Na podstawie przeprowadzonej oceny sery uszeregowano pod względem jakości tekstury i konsystencji od najlepszej do najslabszej. Najkorzystniejsze właściwości strukturalne wykazywały sery otrzymane z zastosowaniem izolatu ZJ_L07, charakteryzujące się jednolitą, stabilną konsystencją. Kolejne miejsca zajmowały sery wytworzone z udziałem izolatów ZJ_L03 oraz ZJ_L04, które cechowały się dobrą spoistością i jednorodnością struktury. Sery uzyskane z zastosowaniem izolatów ZJ_L01 oraz ZJ_L09 wykazywały umiarkowanie korzystne właściwości teksturalne. Najslabszą ocenę spośród serów, w których uzyskano skrzep, uzyskały produkty wytworzone z udziałem izolatów ZJ_L08 oraz ZJ_L10, charakteryzujące się mniej stabilną lub mniej jednorodną konsystencją.

Tolerancja na zmienne warunki serowarskie. Tolerancję izolatów na zmienne warunki serowarskie oceniano w oparciu o ich zdolność do zachowania aktywności fermentacyjnej w warunkach obniżającego się pH, obecności soli oraz zmiennej temperatury. Najwyższą tolerancją na badane warunki charakteryzował się izolat ZJ_L07, który wykazywał stabilną aktywność fermentacyjną w szerokim zakresie parametrów technologicznych. Wysoką tolerancję obserwowano również w przypadku izolatów ZJ_L03 oraz ZJ_L04. Izolaty ZJ_L01 oraz ZJ_L09 wykazywały umiarkowaną tolerancję na zmienne warunki serowarskie, zachowując zdolność fermentacyjną, jednak z większą wrażliwością na zmiany parametrów procesu. Niższą tolerancją charakteryzowały się izolaty ZJ_L08 oraz ZJ_L10, co przejawiało się mniejszą stabilnością procesu fermentacji. Izolaty, z których nie uzyskano skrzepu, wykazywały ograniczoną tolerancję na badane warunki i nie zostały zakwalifikowane do dalszych prób technologicznych.

Stabilność i powtarzalność działania w kolejnych cyklach fermentacyjnych. Analiza stabilności i powtarzalności działania wykazała istotne różnice pomiędzy badanymi izolatami. Najwyższą stabilnością aktywności fermentacyjnej w kolejnych cyklach fermentacyjnych charakteryzował się izolat ZJ_L07, który utrzymywał porównywalną dynamikę zakwaszania i końcowe wartości pH. Wysoką powtarzalność działania obserwowano również w przypadku izolatów ZJ_L03 oraz ZJ_L04. Izolaty ZJ_L01 oraz ZJ_L09 wykazywały umiarkowaną stabilność, z niewielkimi odchyleniami pomiędzy kolejnymi cyklami fermentacyjnymi. Największą zmienność aktywności fermentacyjnej obserwowano w przypadku izolatów ZJ_L08 oraz ZJ_L10.

Potencjalne właściwości prozdrowotne

Potencjalne właściwości prozdrowotne wyizolowanych szczepów bakterii kwasu mlekowego oceniano pośrednio, na podstawie ich zdolności do utrzymania aktywności metabolicznej w warunkach obniżonego pH oraz w obecności soli żółciowych, a także zdolności do produkcji kwasu mlekowego. Najwyższy potencjał prozdrowotny wykazywał izolat ZJ_L08, który charakteryzował się dobrą tolerancją na warunki stresowe oraz umiarkowanie stabilną aktywnością fermentacyjną. Kolejne miejsca zajmowały izolaty ZJ_L06 oraz ZJ_L07, które również zachowywały aktywność metaboliczną w badanych warunkach, wskazując na korzystne cechy funkcjonalne. Umiarkowany potencjał prozdrowotny obserwowano w przypadku izolatów ZJ_L05, ZJ_L03 oraz ZJ_L04, które wykazywały zdolność do produkcji

kwasu mlekowego oraz częściową tolerancję na obniżone pH i obecność soli żółciowych. Niższą aktywność metaboliczną w warunkach symulujących środowisko przewodu pokarmowego stwierdzono dla izolatów ZJ_L01 oraz ZJ_L02. Najślabszy potencjał prozdrowotny wykazywały izolaty ZJ_L10 oraz ZJ_L09, które charakteryzowały się ograniczoną tolerancją na badane czynniki stresowe. Uzyskane wyniki wskazują, że potencjalne właściwości prozdrowotne badanych izolatów nie były bezpośrednio skorelowane z ich przydatnością technologiczną, co podkreśla zasadność niezależnej oceny cech funkcjonalnych i technologicznych w procesie selekcji szczepów do zastosowań serowarskich.

Identyfikacja genetyczna izolatów

Identyfikację genetyczną wyselekcjonowanych szczepów bakterii fermentacji mlekowej przeprowadzono metodą sekwencjonowania fragmentu genu 16S rRNA. Uzyskane sekwencje porównano z sekwencjami referencyjnymi dostępnymi w bazach danych, co umożliwiło jednoznaczne określenie przynależności taksonomicznej badanych izolatów. Wyniki identyfikacji genetycznej potwierdziły przynależność taksonomiczną szczepów określoną na podstawie wcześniejszej identyfikacji biochemicznej z wykorzystaniem testu API® 50 CHL. Dla wszystkich analizowanych izolatów stwierdzono zgodność wyników identyfikacji biochemicznej i genetycznej na poziomie rodzaju i gatunku. Uzyskane wyniki potwierdzają trafność zastosowanej procedury wstępnej identyfikacji biochemicznej oraz wskazują na poprawne przypisanie wyizolowanych szczepów do odpowiednich taksonów bakterii fermentacji mlekowej. Zgodność obu metod identyfikacji stanowiła podstawę do dalszych analiz właściwości technologicznych i funkcjonalnych badanych szczepów.

Numer izolatu	Nazwa naukowa – identyfikacja biochemiczna	Nazwa naukowa – identyfikacja genetyczna
ZJ_L01	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
ZJ_L02	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
ZJ_L03	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
ZJ_L04	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
ZJ_L05	<i>Bifidobacterium breve</i>	<i>Bifidobacterium breve</i>
ZJ_L06	<i>Bifidobacterium animalis</i>	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>
ZJ_L07	<i>Levilactobacillus brevis</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>
ZJ_L08	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
ZJ_L09	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>
ZJ_L10	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>

Opracowanie mieszanek starterowych

Na podstawie wyników dotyczących zdolności zakwaszania mleka, wpływu na teksturę i konsystencję serów, tolerancji na zmienne warunki serowarskie, stabilności działania oraz potencjalnych właściwości prozdrowotnych, wytypowano lokalne izolaty bakterii fermentacji mlekowej do opracowania trzech dedykowanych mieszanek starterowych. Dobór szczepów do poszczególnych mieszanek oparto na ich komplementarnych właściwościach, przy czym izolat ZJ_L07 pełni rolę kluczowego szczepu technologicznego.

- Mieszanaka starterowa do serów twarogowych
 - ZJ_L07 - *Levilactobacillus brevis*,
 - ZJ_L03 – *Lactococcus lactis*
 - ZJ_L04 - *Lactococcus lactis*

Produkcja serów twarogowych wymaga szybkiego i efektywnego zakwaszania mleka, prowadzącego do powstania stabilnego skrzepu kwasowego o jednolitej strukturze. Izolat ZJ_L07, wykazujący najwyższą zdolność zakwaszania mleka oraz najlepszy wpływ na teksturę i konsystencję serów, został wskazany jako podstawowy składnik mieszanki. Szczepy ZJ_L03 i ZJ_L04 charakteryzowały się dobrą stabilnością i powtarzalnością działania oraz korzystnym wpływem na strukturę skrzepu, wspierając kontrolowany przebieg fermentacji i poprawę jakości produktu końcowego.

- Mieszanaka starterowa do serów kwasowo-podpuszczkowych
 - ZJ_L07 - *Levilactobacillus brevis*,
 - ZJ_L01 – *Lactococcus lactis*
 - ZJ_L09 – *Lacticaseibacillus paracasei*

Sery kwasowo-podpuszczkowe wymagają intensywnego, ale kontrolowanego zakwaszania, które wspomaga działanie podpuszczki i umożliwia uzyskanie elastycznego, stabilnego skrzepu. Izolat ZJ_L07 zapewnia inicjację i dynamikę zakwaszania, natomiast ZJ_L01 wnosi stabilność procesu fermentacji. Izolat ZJ_L09, wykazujący umiarkowaną aktywność fermentacyjną oraz dobrą tolerancję na warunki serowarskie, pełni funkcję stabilizującą strukturę skrzepu i wspierającą dalsze etapy obróbki technologicznej.

- Mieszanaka starterowa do serów dojrzewających

- ZJ_L07 - *Levilactobacillus brevis*,
- ZJ_L08 – *Lactiplantibacillus plantarum*
- ZJ_L06 – *Bifidobacterium animalis*

Produkcja serów dojrzewających wymaga kultur starterowych zdolnych do utrzymania aktywności metabolicznej w długim czasie, przy obniżonym pH oraz w obecności soli. Izolat ZJ_L07 odpowiada za skuteczne zakwaszanie i stabilność struktury sera we wczesnych etapach produkcji. Izolat ZJ_L08, wykazujący najwyższy potencjał prozdrowotny spośród badanych szczepów, wnosi cechy funkcjonalne oraz dobrą tolerancję na warunki stresowe. Szczep ZJ_L06 uzupełnia mieszankę, wspierając potencjalną wartość funkcjonalną produktu końcowego oraz różnorodność mikrobiologiczną kultury dojrzewającej.

Charakterystyka serów powstałych z opracowanymi mieszankami startowymi

1. Sery twarogowe

Sery twarogowe wytworzone z zastosowaniem opracowanej mieszanki starterowej charakteryzowały się dobrą jakością mikrobiologiczną w całym analizowanym okresie przechowywania. Liczba bakterii kwasu mlekowego bezpośrednio po produkcji wynosiła $3,8 \times 10^6$ jtk/g, a w kolejnych dniach przechowywania obserwowano stopniowy wzrost ich liczebności, osiągając w 14 dniu poziom $8,3 \times 10^9$ jtk/g. W trakcie całego okresu przechowywania nie stwierdzono obecności drożdży ani pleśni. Produkt przechowywano w opakowaniu foliowym, bez zastosowania próżni. Analiza składu chemicznego sera twarogowego wykonana bezpośrednio po produkcji wykazała zawartość tłuszczu na poziomie 0,8 % oraz zawartość białka wynoszącą 20,3%, co jest charakterystyczne dla serów twarogowych o wysokiej wartości odżywczej. Podsumowując, ser twarogowy charakteryzował się wysoką stabilnością mikrobiologiczną, korzystnym składem fizykochemicznym oraz dobrą trwałością przechowalniczą, przy czym ograniczeniem okresu przydatności do spożycia były zmiany sensoryczne (pojawienie się lekkiej goryczy), a nie pogorszenie jakości mikrobiologicznej. Okres przydatności do spożycia określono na 14 dni przechowywania w warunkach chłodniczych.

2. Sery kwasowo-podpuszczkowe

Sery kwasowo-podpuszczkowe wytworzone z zastosowaniem opracowanej mieszanki starterowej charakteryzowały się dobrą jakością mikrobiologiczną w całym analizowanym okresie przechowywania. Liczba bakterii kwasu mlekowego bezpośrednio po produkcji wynosiła $1,2 \times 10^6$ jtk/g, natomiast po 14 dniach

przechowywania obniżyła się do poziomu $3,9 \times 10^5$ jtk/g. W trakcie całego okresu przechowywania nie stwierdzono obecności drożdży ani pleśni w badanych próbkach sera. Analiza składu chemicznego sera kwasowo-podpuszczkowego wykonana po produkcji wykazała niską zawartość tłuszczu na poziomie 1,0% oraz zawartość białka wynoszącą 16,8%, co odpowiada profilowi produktu o obniżonej zawartości tłuszczu i umiarkowanej wartości białkowej. Podsumowując, ser kwasowo-podpuszczkowy zachowywał prawidłową jakość mikrobiologiczną i stabilny skład fizykochemiczny w okresie przechowywania, jednak po 14 dniach w ocenie sensorycznej odnotowano pojawienie się wyraźnej goryczy, co uznano za czynnik ograniczający dalszą akceptowalność produktu i wyznaczający jego okres przydatności do spożycia.

3. Sery kwasowo-podpuszczkowe dojrzewające

Sery dojrzewające wytworzone z zastosowaniem opracowanej mieszanki starterowej charakteryzowały się stabilną jakością mikrobiologiczną w trakcie analizowanego okresu dojrzewania i przechowywania. Proces dojrzewania prowadzono przez 28 dni w kontrolowanych warunkach temperaturowych, w temperaturze 12 ± 2 °C, a następnie sery przechowywano w warunkach chłodniczych. Liczba bakterii kwasu mlekowego bezpośrednio po produkcji wynosiła $4,6 \times 10^6$ jtk/g. W początkowym etapie dojrzewania obserwowano wzrost liczebności LAB, osiągający w 14 dniu poziom $1,2 \times 10^7$ jtk/g, a następnie stabilizację populacji w kolejnych tygodniach dojrzewania. W trakcie całego okresu dojrzewania i przechowywania nie stwierdzono obecności drożdży ani pleśni w badanych próbkach serów dojrzewających, co świadczy o prawidłowym przebiegu fermentacji oraz dobrej stabilności mikrobiologicznej produktu. Analiza składu chemicznego serów dojrzewających wykazała zawartość tłuszczu na poziomie 28,5% oraz zawartość białka wynoszącą 24,1%, co jest charakterystyczne dla serów dojrzewających o zwartej strukturze i wysokiej wartości odżywczej. W trakcie dojrzewania obserwowano stopniowy rozwój cech sensorycznych charakterystycznych dla tego typu produktów. Po zakończeniu przyjętego okresu dojrzewania sery charakteryzowały się jednolitą strukturą, zwartą konsystencją oraz zrównoważonym profilem smakowo-zapachowym, bez występowania wyraźnych wad sensorycznych, takich jak nadmierna gorycz czy zapachy obce.

Prezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki dotyczą serów wytworzonych z mleka krowiego, stanowiącego podstawowy surowiec do oceny właściwości opracowanych mieszanek starterowych. Równolegle, w trakcie realizacji badań, przeprowadzono również

próby serowarskie z wykorzystaniem mleka koziego, z zastosowaniem tych samych mieszanek starterowych. Uzyskane sery kozie charakteryzowały się przebiegiem fermentacji porównywalnym do obserwowanego w przypadku serów z mleka krowiego, a uzyskiwane wyniki mikrobiologiczne, fizykochemiczne oraz sensoryczne kształtowały się na zbliżonym poziomie. Produkty wykazywały dobrą stabilność w trakcie przechowywania oraz prawidłowe cechy strukturalne i sensoryczne. Powyższe obserwacje wskazują na uniwersalność opracowanych mieszanek starterowych, które mogą być z powodzeniem stosowane do produkcji serów z różnych surowców mlecznych, w tym mleka krowiego i koziego. Cecha ta stanowi istotny atut opracowanych rozwiązań z punktu widzenia ich potencjalnego wdrożenia w małych mleczarniach i serowniach rzemieślniczych, wykorzystujących zróżnicowane surowce lokalne.

Wnioski

1. Lokalne surowce mleczarskie stanowią wartościowe źródło bakterii fermentacji mlekowej o zróżnicowanych właściwościach technologicznych i funkcjonalnych, co umożliwia ich selekcję pod kątem konkretnych zastosowań serowarskich.
2. Wyizolowane szczepy wykazywały istotne różnice w zdolności zakwaszania mleka, tworzenia skrzepu oraz kształtowania tekstury i konsystencji serów, co potwierdza konieczność indywidualnego doboru kultur starterowych do rodzaju produktu.
3. Izolat ZJ_L07 wyróżniał się najwyższą przydatnością technologiczną, łącząc wysoką zdolność zakwaszania, korzystny wpływ na strukturę serów, dobrą tolerancję na zmienne warunki serowarskie oraz stabilność działania w kolejnych cyklach fermentacyjnych.
4. Opracowane mieszanki starterowe umożliwiły wytworzenie serów o prawidłowej jakości mikrobiologicznej, stabilnym składzie fizykochemicznym i dobrej akceptowalności sensorycznej, przy czym okres ich przydatności do spożycia był ograniczany głównie przez zmiany sensoryczne, a nie mikrobiologiczne.
5. Zastosowanie tych samych mieszanek starterowych do produkcji serów z mleka krowiego i koziego wykazało ich uniwersalność oraz potencjał wdrożeniowy w małych mleczarniach i serowniach rzemieślniczych, w tym działających w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego.

Mierniki

Miernik	Plan	Realizacja
Liczba publikacji naukowych, popularnonaukowych i broszur informacyjnych	6	6
Liczba doniesień na konferencje naukowe	1	1
Liczba szkoleń, warsztatów, seminariów i spotkań	4	4
Liczba aktualizacji na stronie internetowej zadania	4	4
Liczba opracowanych wytycznych jakościowych	1	1

Publikacje do czasopism branżowych popularnonaukowych oraz z listy MEiN

1. A. Szosland-Fałtyn, N. Maciejewska, B. Bartodziejska. Kultury startowe w serowarstwie – klucz do jakości i bezpieczeństwa mlecznych produktów fermentowanych. *Przemysł Spożywczy*, październik 2025, 79, 32-37. DOI: 10.15199/65.2025.10.2
2. A. Szosland-Fałtyn, N. Maciejewska, B. Bartodziejska. Szczepy środowiskowe jako gerobiotyki - chwilowa moda czy naukowo potwierdzona terapia przeciwstarzeniowa. *Aktualności Rolnicze*, Kwiecień 2025, nr 393, 12-14.
3. A. Tyfa, A. Szosland-Fałtyn, B. Bartodziejska, M. Krępska. Mleko kozie jako odpowiedź na nowe trendy żywieniowe w kontekście prozdrowotnym i społecznym. *Przemysł Spożywczy*, grudzień 2025. DOI 10.15199/65.2025.12.7
4. N. Maciejewska, A. Szosland-Fałtyn, B. Bartodziejska. Assessment of Bacterial Communities in Raw Milk Cheeses from Central Poland Using Culture-Based Methods and 16S rRNA Amplicon Sequencing. *Foods*. 2025; 14(24):4288. <https://doi.org/10.3390/foods142442884>.

Broszura nr 1



Dlaczego warto wybierać lokalne produkty?

Kupując lokalne sery, wspierasz:

- rolników i małe mleczarnie,
- środowisko naturalne,
- zdrowie swoje i swoich bliskich,
- tradycję i kulturę regionu.

To wybór, który ma smak i sens.

Skontaktuj się z nami



+48 22 606 36 00

www.ibprs.pl

zj@ibprs.pl



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



Nikola Maciejewska, Anna Szosland-Fałtyń



Wybieraj
świadomie. Jedz
naturalnie.

Co kryje się w mleku?

Mleko to nie tylko wapń i białko. To także naturalne źródło mikroorganizmów, które nadają mu życie.

Najważniejsze z nich to bakterie fermentacji mlekowej (LAB – Lactic Acid Bacteria).

To właśnie one:

- przekształcają cukier mleczny w kwas mlekowy,
- zagęszczają mleko i tworzą skrzep,
- nadają serom ich charakterystyczny smak,
- chronią produkty przed zepsuciem – bez konserwantów!

Dzięki nim powstają **trwałe, naturalne i zdrowe produkty**, które mogą wspierać naszą florę jelitową.

Smak, który pochodzi z miejsca



Każdy region ma swój mikrobiologiczny podpis – niepowtarzalny zestaw bakterii obecnych w mleku, powietrzu i środowisku.

To dlatego dawniej sery z różnych wsi i miasteczek tak się różniły!

Dziś większość producentów używa gotowych kultur bakteryjnych, co sprawia, że produkty smakują podobnie.

Naukowcy jednak wracają do korzeni – odkrywają lokalne szczepy bakterii, które można wykorzystać w nowoczesnym, bezpiecznym serowarstwie.

Dzięki temu powstają sery o **unikalnym smaku i aromacie** oraz bogate w naturalne mikroorganizmy wspierające **zdrowie**.



Smak natury. Moc lokalnych bakterii.



Czy wiesz, że w Twoim ulubionym serze żyją miliardy dobrych bakterii?

To one sprawiają, że nabiał ma wyjątkowy smak i może wspierać zdrowie.

Poznaj niezwykle świat bakterii fermentacji mlekowej – małych pomocników, którzy od wieków tworzą wielkie rzeczy.



Małe bakterie – wielka moc

Czy bakterie mogą być „dobre”?

Oczywiście! Bakterie fermentacji mlekowej:

- wspierają trawienie i odporność,
- pomagają utrzymać równowagę mikroflory jelitowej,
- mogą chronić przed szkodliwymi drobnoustrojami,
- wytwarzają witaminę K, kwasy organiczne i inne korzystne związki.

Dlatego regularne spożywanie fermentowanych produktów mlecznych (jak twarogi, kefiry, sery dojrzewające) to prosty sposób na **lepsze samopoczucie**.



Broszura nr 2



Nowoczesne podejście: technologie omiczne

- genomika, metagenomika, metabolomika
- precyzyjna identyfikacja i selekcja szczepów
- projektowanie kultur o pożądanych cechach technologicznych i funkcjonalnych

Dlaczego kultury natywne?

- lepsze dostosowanie do lokalnych warunków
- unikalny, regionalny profil sensoryczny
- potencjał prozdrowotny i innowacyjny



Kultury startowe to nie tylko narzędzie fermentacji, ale strategiczny element nowoczesnego serowarstwa – łączący tradycję z biotechnologią, jakość z bezpieczeństwem oraz smak z funkcjonalnością.



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Anna Szosland-Fattyn, Nikola Maciejewska



KULTURY STARTOWE – KLUCZ DO POWTARZALNEJ JAKOŚCI SERÓW

Kultury startowe determinują przebieg fermentacji mlekowej, wpływając na smak, teksturę, trwałość oraz bezpieczeństwo serów. Ich właściwy dobór stanowi fundament nowoczesnego i powtarzalnego serowarstwa.



Czym są kultury startowe?

Specjalnie wyselekcjonowane preparaty mikroorganizmów o potwierdzonym bezpieczeństwie i aktywności technologicznej, zapewniające kontrolowaną i powtarzalną fermentację.

Najważniejsze cechy technologiczne:

szybkie i intensywne zakwaszanie
aktywność proteolityczna i aromatotwórcza
produkcja metabolitów przeciwdrobnoustrojowych
stabilność procesów fermentacyjnych

Rodzaje kultur:

jednoszczepowe, jednogatunkowe, wielogatunkowe
mezofilne i termofilne
płynne, proszkowe (liofilizowane), mrożone



Dlaczego fermentacja mlekowa jest kluczowa?

- Naturalny proces utwardzania mleka i kształtowania smaku
- Produkcja kwasu mlekowego i związków aromatycznych
- Poprawa strawności i biodostępności składników odżywczych
- Naturalna ochrona przed mikroorganizmami niepożądanymi

Korzyści dla jakości sera:

- stabilne pH i struktura skrzepu
- charakterystyczny profil sensoryczny
- ograniczenie wad i zmienności partii



Bezpieczeństwo i stabilność produkcji Rotacja kultur startowych

- skuteczna strategia ograniczania infekcji fagowych
- zwiększenie niezawodności fermentacji
- równowaga między odpornością a powtarzalnością jakości

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa LAB

- hamowanie bakterii chorobotwórczych (np. *Listeria monocytogenes*)
- działanie przeciwegzycyjne i ograniczenie psucia serów
- naturalna bioprezerwacja bez chemicznych konserwantów

Broszura – wytyczne jakościowe



MIKROBIOLOGICZNE WYMAGANIA JAKOŚCIOWE DLA SUROWEGO MLEKA I SERÓW Z MLEKA SUROWEGO

PORADNIK DLA ROLNIKÓW –
ROLNICZY HANDEL DETALICZNY (RHD)

BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCI | WYMAGANIA PRAWNE



BADANIA MIKROBIOLOGICZNE SUROWE MLEKO

Badania mikrobiologiczne surowego mleka służą potwierdzeniu spełnienia wymagań dotyczących zdrowia zwierząt, higieny produkcji oraz warunków przechowywania.

Badany parametr	Wymaganie	Podstawa prawna
Ogólna liczba drobnoustrojów	$\leq 100\,000$ jtk/ml*	Rozporządzenie (WE) nr 853/2004, zał. III, sekcja IX
Komórki somatyczne	$\leq 400\,000$ /ml**	Rozporządzenie (WE) nr 853/2004, zał. III, sekcja IX

* średnia geometryczna krocząca z dwóch miesięcy, przy co najmniej dwóch próbkach miesięcznie

**średnia geometryczna krocząca z trzech miesięcy, przy co najmniej jednej próbce miesięcznie, chyba że właściwy organ określi inaczej

Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 ustanawia wymagania mające na celu zapewnienie bezpieczeństwa surowego mleka, nie wprowadzając jednak szczegółowych kryteriów mikrobiologicznych w odniesieniu do określonych drobnoustrojów chorobotwórczych.

SERY Z SUROWEGO MLEKA

Badania mikrobiologiczne serów z mleka surowego pozwalają ocenić bezpieczeństwo produktu gotowego przed wprowadzeniem do obrotu i w ciągu okresu przydatności do spożycia.

Badany parametr	Wymaganie	Podstawa prawna
<i>Salmonella</i> spp.	Nieobecna w 25 g	Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 z późn. zm., załącznik I, rozdział 1, pkt. 1.11.
<i>Listeria monocytogenes</i>	Nieobecna w 25 g	Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 z późn. zm., załącznik I, rozdział 1, pkt. 1.2.
<i>Staphylococcus aureus</i>	$< 10^5$ jtk/g	Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 z późn. zm., załącznik I, rozdział 2, pkt. 2.2.3.
Enterotoksyny gronkowcowe	Nieobecne***	Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 z późn. zm., załącznik I, rozdział 1, pkt. 1.4.
<i>Escherichia coli</i>	Poziom kontrolowany ($\leq 1\,000$ jtk/g)	Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 z późn. zm., załącznik I, rozdział 2, pkt. 2.2.2.

***kryterium ma zastosowanie, jeżeli liczba gronkowców koagulazododatnich $\geq 10^5$ jtk/g

WYMAGANIA HIGIENICZNE W PRODUKCJI MLEKA I PRODUKTÓW Z MLEKA SUROWEGO

Produkcja i wprowadzanie do obrotu surowego mleka oraz produktów wytwarzanych z mleka surowego podlega szczególnym wymaganiom higienicznym. Wymagania te zostały określone w rozporządzeniu (WE) nr 853/2004, w załączniku III, sekcji IX. Celem tych wymagań jest zapewnienie, aby surowe mleko:

- pochodziło od zdrowych zwierząt,
- było pozyskiwane w higienicznych warunkach,
- było odpowiednio przechowywane i chłodzone,
- nie stanowiło zagrożenia dla zdrowia konsumenta.



Zdrowie zwierząt

Surowe mleko może pochodzić wyłącznie od zwierząt:

- zdrowych,
- bez objawów chorób zakaźnych,
- bez objawów zapalenia wymienia,
- które nie są w trakcie leczenia substancjami mogącymi przenikać do mleka.

Mleko od zwierząt chorych lub podejrzanych o chorobę nie może być przeznaczone do sprzedaży ani do przetwarzania.

Podstawa prawna: Rozporządzenie (WE) nr 853/2004, załącznik III, sekcja IX, rozdział I



Wymagania mikrobiologiczne stanowią potwierdzenie spełnienia podstawowych wymagań dotyczących zdrowia zwierząt, higieny i przechowywania.

Higiena doju i sprzętu

Podczas doju należy zapewnić:

- czystość strzyków i wymienia,
- czystość rąk osoby dojącej,
- czystość sprzętu udojowego i pojemników na mleko.

Sprzęt mający kontakt z mlekiem powinien być:

- wykonany z materiałów łatwych do mycia,
- regularnie myty i dezynfekowany,
- przechowywany w sposób zapobiegający zanieczyszczeniu.

Podstawa prawna: Rozporządzenie (WE) nr 853/2004, załącznik III, sekcja IX, rozdział I i II



Warunki przechowywania surowego mleka

Po udoju surowe mleko powinno być:

- jak najszybciej schłodzone,
- przechowywane w temperaturze nie wyższej niż 6°C, jeżeli nie jest natychmiast przetwarzane.

Utrzymanie odpowiedniej temperatury ma kluczowe znaczenie dla ograniczenia rozwoju drobnoustrojów oraz zachowania jakości mleka.

Podstawa prawna: Rozporządzenie (WE) nr 853/2004, załącznik III, sekcja IX, rozdział II



Właściwe podejście do jakości i bezpieczeństwa żywności:

- chroni zdrowie konsumentów,
- ułatwia przejście kontroli urzędowych,
- buduje zaufanie do produktów wytwarzanych w gospodarstwie.



Przepisy, na których oparto niniejsze opracowanie:

Rozporządzenie (WE) nr 178/2002
Rozporządzenie (WE) nr 852/2004
Rozporządzenie (WE) nr 853/2004
Rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 z późn. zm.



OPRACOWANO

Strona internetowa
www.ibprs.pl

Email
ibprs@ibprs.pl; zj@ibprs.pl

Adres
Zakład Jakości Żywności
Al. Marszałka J.
Piłsudskiego 84
92-202 Łódź

mgr Nikola Maciejewska
dr inż. Anna Szosland Feltyń

