

# Wykorzystanie mikroorganizmów w produkcji żywności fermentowanej

*Irena Usajewicz*

*Kazimierz Kornacki*

Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności  
Instytut Biotechnologii Żywności  
Akademia Rolniczo-Techniczna  
Olsztyn

## 1. Wstęp

**D**robnoustroje są wykorzystywane w wielu gałęziach biotechnologii. Jedną z nich jest biotechnologia żywności, która zajmuje się zarówno tradycyjnymi, jak i nowoczesnymi metodami produkcji środków spożywczych. Jej zakres obejmuje problemy nie tylko ściśle związane z wytwarzaniem żywności, ale także stojące na pograniczu innych dziedzin, np. biotechnologii środowiskowej czy analityki mikrobiologicznej. W obszarze działań biotechnologii żywności związanych z wykorzystaniem mikroorganizmów wymienia się produkcję roślin transgenicznych, żywności fermentowanej, napojów alkoholowych oraz wielu dodatków do żywności (kwasy organiczne, związki smakowe, substancje antibakteryjne, enzymy), biodegradację ścieków zakładów przemysłu spożywczego, diagnostykę bakterii chorobotwórczych w badaniach żywności (1).

Celem pracy jest przegląd zagadnień związanych z udziałem czystych kultur bakterii i grzybów w produkcji żywności fermentowanej. Aktywność enzymatyczna wyselekcjonowanych kultur, sterowana przez odpowiednio dobrane parametry procesów technologicznych, powoduje zmiany struktury, konsystencji, cech organoleptycznych i wartości odżywczych produktów. Takiej biokonwersji żywności towarzyszy zwykle biokonserwacja.

Największą grupę żywności fermentowanej tworzą wyroby mleczarskie. Są to napoje fermentowane z mleka i serwatki, śmietana, masło, twarogi, sery dojrzewające. Wśród innych produktów można wymienić na przykład niektóre przetwory mięsne, zwłaszcza kiełbasy fermentowane typu salami, pieczywo i kiszonki.

Przemysłowa produkcja żywności wymaga stosowania kultur aktywnych, o dokładnie zdefiniowanych cechach fizjologicznych i biochemicznych. Takie kultury zapewniają właściwy przebieg procesów technologicznych oraz uzy-

skanie standardowych wyrobów, dobrych jakościowo i trwałych. Właściwy dobór kultur przemysłowych daje też niekiedy możliwość lepszego wykorzystania surowca czy skrócenia czasu cyklu produkcyjnego i uzyskania dodatkowo korzystnych efektów ekonomicznych.

## 2. Dobór i selekcja szczepów mikroorganizmów

Skład kultur przemysłowych zależy przede wszystkim od ich przeznaczenia i roli, jaką mają spełnić w wytwarzanej żywności. Czasami pod uwagę bierze się także inne czynniki, np. zagrożenia środowiskowe obniżające aktywność szczepów.

Kultury stosowane w produkcji żywności można podzielić na podstawie ich składu na następujące grupy (2):

- jednoszczepowe — zawierające jeden szczep określonego gatunku bakterii lub grzybów,
- wieloszczepowe — zawierające kilka lub kilkanaście szczepów jednego gatunku,
- mieszane — składające się z wielu szczepów różnych rodzajów i gatunków bakterii, rzadziej bakterii i drożdży.

Ze względu na różnorodność mikroorganizmów, najtrudniejsze jest zestawianie kultur mieszanych. Występujące w nich gatunki różnią się na ogół tempem rozwoju, metabolizmem składników odżywczych, wrażliwością na czynniki środowiskowe, czasami działają też antagonistycznie na inne szczepy. Rezultatem tego może być dominacja jednego szczepu i utrata przydatności technologicznej kultury. Prawidłowy dobór szczepów, odtwarzający naturalny, symbiotyczny układ ekologiczny, pozwala natomiast na uzyskanie kultury stabilnej, która wykorzystuje składniki środowiska w sposób kompleksowy, wytwarza z nich właściwe metabolity w odpowiednich ilościach i gwarantuje dobrą jakość (3).

Kryteria selekcji szczepów są bardzo zróżnicowane i zależą m.in. od ich zadań technologicznych, cech fizykochemicznych przetwarzanych surowców, warunków procesu produkcyjnego, a także składu kultur. Technologiczną przydatność kultur *S. cerevisiae* jako drożdży piekarskich określa ich siła pędna, czyli ilość wytwarzanego CO<sub>2</sub> i czas podnoszenia ciasta. W selekcji grzybów strzępkowych cechą równie istotną, jak tworzenie specyficznych enzymów, jest brak zdolności produkcji mikotoksyn. Kryteria doboru bakterii fermentacji mlekowej do mieszanych kultur mleczarskich obejmują przede wszystkim zdolność fermentacji laktozy i cytrynianów, tempo produkcji kwasu, aktywność proteolityczną, tworzenie CO<sub>2</sub>, oporność na bakteriofagi oraz brak antagonizmu w stosunku do szczepów współtworzących kulturę. Dodatkowo, równie ważne cechy selekcyjne mogą dotyczyć, np. produkcji polisacharydów, małej wrażliwości na niskie pH, produkcji bakteriocyn. Wymagana intensywność występowania poszczególnych cech zależy od przeznaczenia kultur i roli, jaką mają spełnić w fermentowanym produkcie.

### 3. Rodzaje, skład i charakterystyka kultur

Kultury przemysłowe są dostępne pod różnymi postaciami. O ich wyborze decyduje rodzaj i przeznaczenie kultur oraz skala produkcji i możliwości finansowe zakładu przetwórczego. Zależnie od liczebności komórek, wyróżniamy kultury zwykłe i skoncentrowane. Kultury zwykłe, zawierające  $10^8$  –  $10^9$  jtk w  $1 \text{ cm}^3$  lub 1g preparatu, są produkowane w postaci płynnej, suszonej lub liofilizowanej. Kultury mleczarskie tego rodzaju wymagają uaktywnienia i służą do przygotowywania zakwasu macierzystego. W kulturach skoncentrowanych, które są w postaci liofilizowanej lub mrożonej, liczebność drobnoustrojów sięga rzędu  $10^9$  –  $10^{11}$  jtk/g. Takie kultury mogą być wprowadzane bezpośrednio do surowca, a w mleczarstwie mogą także służyć do przygotowywania zakwasów roboczych (typ *redi-set*, lub *semi-direct*).

Specyfika produktu i technologia jego produkcji określają skład stosowanych kultur. W wielu rodzajach żywności fermentowanej wykorzystuje się najczęściej te gatunki mikroorganizmów, które są naturalną mikroflorą surowców. Ich spontaniczny rozwój i aktywność enzymatyczną człowiek wykorzystywał nieświadomie już w starożytności, wytwarzając w gospodarstwie domowym zsiadłe mleko, sery czy wino. Odpowiednia selekcja i doskonalenie tych szczepów, oparte na podstawach naukowych, pozwoliły na standaryzację wyrobów, skrócenie cyklu produkcyjnego i zwiększenie skali produkcji. Mikroorganizmy wchodzące w skład kultur używanych w produkcji żywności fermentowanej przedstawiono w tabelach 1 – 3.

#### 3.1. Bakterie fermentacji mlekowej

Bakterie te są podstawową grupą kultur stosowanych w produkcji żywności. Zależnie od kierunku prowadzonej fermentacji wyróżniamy wśród szczepów przemysłowych trzy grupy (4):

1) bakterie homofermentatywne, reprezentowane przez ziarniaki z rodzajów *Lactococcus*, (*L. lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris*), *Streptococcus* (*S. thermophilus*) i *Pediococcus* (*P. pentosaceus*) oraz termofilne pałeczki rodzaju *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. gasseri*, *L. helveticus*, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *L. delbrueckii* ssp. *lactis*);

2) względnie heterofermentatywne gatunki *Lactobacillus*, fermentujące heksozy w kierunku homofermentatywnym, a pentozy — w heterofermentatywnym, jak np. *L. alimentarius*, *L. casei*, *L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. sakei*;

3) bakterie heterofermentatywne, reprezentowane przez paciorkowce rodzaju *Leuconostoc* (*L. mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, *L. mesenteroides* ssp. *cremoris*), pałeczki rodzaju *Bifidobacterium* (*B. bifidum*, *B. longum*) oraz niektóre gatunki rodzaju *Lactobacillus* (*L. brevis*, *L. fermentum*, *L. kefir*, *L. reuterii*, *L. sanfrancisco*).

Podstawową rolą tych bakterii w produkcji wszystkich grup żywności jest fermentacja sacharydów do kwasu mlekowego. Kwas mlekowy jest ważnym czynnikiem smakowym oraz głównym czynnikiem konserwującym. Gatunki

heterofermentatywne wytwarzają także alkohol etylowy, kwas octowy i CO<sub>2</sub>. Związki te modyfikują wartości pH i E<sub>h</sub> środowiska oraz wywierają wpływ na strukturę i cechy organoleptyczne produktów. Niektóre gatunki *Leuconostoc*, *Lactococcus* i *Lactobacillus* fermentują także cytryniany z wytworzeniem diacetylu, ważnego związku aromatyzującego, oraz znacznych ilości CO<sub>2</sub>. We wszystkich przemianach powstają w małych ilościach także inne metabolity, m.in. kwas mrówkowy, aldehyd octowy, glicerol, acetoina, 2,3-butanodiol, które mogą być ważnymi składnikami smaku i aromatu produktu (5). Do ważnych cech technologicznych bakterii fermentacji mlekowej należą aktywność proteolityczna i lipolityczna oraz antagonizm w stosunku do innych grup bakterii. Antagonizm jest wynikiem tworzenia takich związków antybakteryjnych, jak kwas mlekowy, kwas octowy, aldehydy, acetoina, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oraz liczne bakteriocyny (6,7). Wymienione substancje ograniczają lub hamują rozwój i metabolizm bakterii gnilnych, bakterii fermentacji masłowej, pałeczek grupy coli oraz wielu gramodatnich i gramujemnych patogenów, zapewniając tym samym trwałość i bezpieczeństwo zdrowotne żywności fermentowanej.

### 3.2. Pałeczki z rodzaju *Propionibacterium*

Pałeczki propionowe, a zwłaszcza *P. freudenreichii* ssp. *shermanii* i *P. jensenii*, stanowią oddzielną grupę kultur stosowanych w produkcji serów typu szwajcarskiego (ementalski, groyère). Ich aktywność metaboliczna kształtuje w istotny sposób strukturę i cechy organoleptyczne serów. Bakterie te charakteryzują się zdolnością fermentowania sacharydów oraz mleczanu i jabłczanu wapnia do kwasu propionowego, kwasu octowego i CO<sub>2</sub>. W przemianie mogą powstawać w niewielkich ilościach inne związki, jak aldehyd octowy i propionowy, diacetyl, acetoina, etanol, propanol (8). Pałeczki propionowe wykazują ponadto aktywność proteolityczną i lipolityczną. Szczególne znaczenie przypisuje się zdolności syntezy iminopeptydazy oraz imidopeptydazy prolinowej, które mogą uwalniać z peptydów znaczne ilości proliny (8,9).

Bakterie z rodzaju *Propionibacterium* znane są ze zdolności syntezy witaminy B<sub>12</sub>. Dzięki tej właściwości podnoszą walory odżywcze produktów, co próbuje się wykorzystać także w produkcji innych rodzajów fermentowanej żywności (10,11).

### 3.3. *Brevibacterium linens*

Pałeczki *B. linens*, nazwane bakteriami mazi czerwonej, są kulturami stosowanymi w produkcji serów dojrzewających powierzchniowo, zwłaszcza takich jak limburski i romadur (sery maziowe). Charakteryzują się tlenowym metabolizmem, wysoką solotolerancją oraz produkcją pomarańczowego lub czerwonego barwnika. Wykazują silną aktywność proteolityczną oraz zdolność prowadzenia przemian aminokwasów na drodze deaminacji. Właściwość ta czyni je główną grupą bakterii, kształtującą cechy fizyczne i sensoryczne serów maziowych (12).

### 3.4. Saprofityczne gronkowce

Saprofityczne gronkowce z gatunków *S. carnosus* i *S. xylosus* wyparły ziarniaki rodzaju *Micrococcus* z kultur stosowanych w przetwórstwie mięsny. Stosuje się je zwykle razem z bakteriami fermentacji mlekowej w produkcji kielbas fermentowanych, a w niektórych krajach Europy także do wyrobu szynek surowych. Te solotolerancyjne ziarniaki tworzą katalazę, redukują azotany, wykazują aktywność proteolityczną i lipolityczną. Dzięki tym właściwościom biorą udział w tworzeniu charakterystycznej barwy wędlin i w jej stabilizacji, korzystnie także wpływają na cechy organoleptyczne i trwałość produktów (13,14).

### 3.5. Drożdże

Drożdże wykorzystywane w produkcji żywności są reprezentowane przez rodzaje *Saccharomyces*, *Kluyveromyces* i *Candida*. Fermentują one niektóre sacharydy, np. glukozę, fruktozę, galaktozę, sacharozę, maltozę, rafinozę, rzadziej laktozę, do alkoholu etylowego i CO<sub>2</sub>. Ważną, choć mniej docenianą ich cechą jest zdolność hydrolizy białek do peptydów i aminokwasów. Wiele gatunków drożdży syntetyzuje witaminy grupy B.

W przemyśle spożywczym szczególne znaczenie mają kultury *S. cerevisiae*, stosowane m.in. w produkcji wszystkich rodzajów pieczywa i ciast drożdżowych. Aktywność metaboliczna drożdży piekarskich ma wpływ na strukturę i cechy organoleptyczne pieczywa (15). *K. lactis*, *K. marxianus*, *S. globosus*, *S. florentinus*, *C. kefir*, *C. pseudotropicalis* są ważnymi składnikami ziarn kefirowych oraz kultur przeznaczonych do produkcji kefiru (10,16). Współdziałają z bakteriami fermentacji mlekowej w przemianach laktozy i białek, nadając kefirowi specyficzne cechy organoleptyczne. Kultury drożdży z rodzaju *Candida* i *Debaryomyces*, charakteryzujące się właściwościami proteolitycznymi i lipolitycznymi, są oferowane do produkcji kielbas dojrzewających.

### 3.6. Grzyby strzępkowe

Grzyby strzępkowe z rodzajów *Penicillium* i *Geotrichum* są wykorzystywane w przemyśle mleczarskim i mięsny. W produkcji serów camembert i brie stosuje się kultury *P. candidum* o bezbarwnych konidiach, rozwijające się na powierzchni serów, a w produkcji serów roquefort, rokpól i niebieskich (blue) — kultury *P. roqueforti* o niebieskozielonych konidiach, które przerażają wewnątrz masy serowej, tworząc charakterystyczne, niebieskie żyłkowanie. Kontrolowany wzrost oraz aktywność proteolityczna i lipolityczna tych grzybów modyfikują wygląd, konsystencję i cechy organoleptyczne serów. Obydwa gatunki syntetyzują proteiny i peptydazy, hydrolizujące stosunkowo duże ilości kazeiny do peptydów i aminokwasów. Wysoka aktywność lipolityczna omawianych grzybów wyraża się hydrolizą lipidów do wolnych kwasów tłuszczowych, przekształcaniem kwasów tłuszczowych w procesach

$\beta$ -oksydacji i dekarboksylacji do metyloketonów oraz redukcją tych ostatnich do alkoholi drugorzędowych (17).

Szczepy *P. nalgiovensis* bywają stosowane w produkcji kielbas typu salami. Kultury rosnące na powierzchni osłonek mają przede wszystkim znaczenie ochronne, natomiast ze względu na ograniczoną aktywność proteolityczną i lipolityczną odgrywają mniejszą rolę w procesie dojrzewania kielbas niż kultury bakterii.

## 4. Rola kultur przemysłowych w produkcji żywności

### 4.1. Wybrane produkty mleczarskie

Dobra jakość i trwałość fermentowanych artykułów mleczarskich zależy od stabilności układów mikroorganizmów występujących w kulturach, od symbiotycznego lub synergicznego ich współdziałania, wysokiej aktywności metabolicznej i oporności na bakteriofagi. Wszystkie te cechy nabierają dodatkowego znaczenia w zakładach, które ze względów ekonomicznych stosują tradycyjną metodę wyprowadzania zakwasów produkcyjnych z kultur zwykłych.

Ważną grupą wyrobów są napoje fermentowane z mleka. Do produkcji kefiru wykorzystywano do niedawna ziarna kefirowe, stanowiące naturalny kompleks symbiotyczny bakterii fermentacji mlekowej z rodzajów *Lactococcus*, *Leuconostoc* i *Lactobacillus*, pałeczek octowych i drożdży (tab. 1 i 2). Hodowla ziarn kefirowych i konieczność wytwarzania przy ich udziale zakwasu są kłopotliwe, stwarzają też wiele problemów technologicznych i higienicznych. Producenci kultur dla przemysłu mleczarskiego oferują zatem od pewnego czasu kultury skoncentrowane do bezpośredniego zaszczepiania mleka. Do głównych przemian zachodzących w czasie produkcji i kilkudniowego dojrzewania kefiru należą fermentacje mlekowa i alkoholowa. Ich metabolity, a zatem kwas mlekowy, kwas octowy, diacetyl, aldehydy, ketony, etanol i CO<sub>2</sub> nadają produktowi właściwą konsystencję, typowe cechy smakowe i lekko musujący charakter. Wszystkie mikroorganizmy kefirowe powodują też degradację białek i wzrost zawartości wolnych aminokwasów (10,16).

W produkcji jogurtu wykorzystuje się termofilne bakterie *S. thermophilus* i *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, które wzajemnie stymulują swój wzrost oraz współdziałają w tworzeniu typowych cech sensorycznych napoju. Wśród wielu związków lotnych, uwalnianych przez bakterie jogurtowe, najważniejszą rolę odgrywa aldehyd octowy, wytwarzany w przemianach laktozy i treoniny. W stężeniu 13-16 mg/l związek ten zapewnia charakterystyczny smak i aromat jogurtu (16,18,19). Efektem aktywności metabolicznej mikroorganizmów kefiru, jogurtu i wielu innych napojów jest poprawa ich wartości odżywczych w porównaniu z mlekiem nie poddanym fermentacji. Składają się na to m.in. obniżenie zawartości laktozy, wzrost przyswajalności białek i tłuszczu oraz zwiększona zawartość witamin grupy B, zwłaszcza w napojach produkowanych z udziałem drożdży. Wielu tradycyjnym napojom przypisuje się działanie lecznicze, szczególnie w niedomaganiach przewodu pokarmowego (7).

TABELA 1  
KULTURY BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ STOSOWANE W PRZEMYSŁE MLECZARSKIM

Skład gatunkowy	Przeznaczenie
<i>Lc. lactis</i> ssp. <i>lactis</i> <i>Lc. lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	skandynawskie napoje fermentowane, sery bez oczek (cheddar, feta)
<i>Lc. lactis</i> ssp. <i>lactis</i> <i>Lc. lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> <i>Lc. lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i> <i>Leuc. mesenteroides</i> ssp. <i>cremoris</i> (szczepy o różnej aktywności tworzenia CO <sub>2</sub> i diacetylu)	masło, śmietana, napoje fermentowane, twarogi, sery miękkie bez oczek lub z małą ilością oczek (camembert, brie), sery półtwarde i twarde z oczkami (gouda, edamski, tyłżycki, rokpól)
<i>Lc. lactis</i> ssp. <i>lactis</i> <i>Leuc. mesenteroides</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. brevis</i> <i>L. kefir</i> , <i>L. acidophilus</i>	kefir
<i>S. thermophilus</i> , <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	jogurt, biojogurty, sery mozzarella
<i>S. thermophilus</i> , <i>L. helveticus</i> <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>lactis</i>	sery twarde typu szwajcarskiego (ementalski, gruyère) i typu włoskiego (grana, parmezan)
<i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. longum</i>	mleko acidofilne, inne napoje fermentowane

TABELA 2  
KULTURY DODATKOWE STOSOWANE W PRZEMYSŁE MLECZARSKIM

Skład gatunkowy	Przeznaczenie
<i>Propionibacterium freudenreichii</i> ssp. <i>shermanii</i> , <i>P. jensenii</i>	sery typu szwajcarskiego
<i>Brevibacterium linens</i>	sery maziowe (romadur, limburgski)
<i>Penicillium roqueforti</i>	sery z przerostem pleśni (roquefort, rokpól, blue)
<i>Penicillium candidum</i>	sery z porostem pleśni (camembert, brie)
<i>Acetobacter rancens</i> , <i>Kluyveromyces</i> spp. <i>Candida</i> spp., <i>Saccharomyces</i> spp.	kefir

Osobną grupę napojów fermentowanych z mleka stanowią napoje nowej generacji, m.in. biogurt, biogarde, mleko acidofilne, biojogurty, które traktowane są jako wyroby probiotyczne. Kultury używane w ich produkcji zawierają wyselekcjonowane szczepy bakterii probiotycznych, najczęściej *L. acidophilus* i *Bifidobacterium* spp., które mogą być stosowane razem z innymi bakteriami fermentacji mlekowej. Bakterie probiotyczne muszą wykazywać wiele właściwości, nie wymaganych od tradycyjnych kultur mleczarskich. Są to przede wszystkim zdolność zasiedlania przewodu pokarmowego człowieka, antagonizm w stosunku do patogenów jelitowych oraz udokumentowane oddziaływanie zdrowotne, np. działanie lecznicze w biegunkach, łagodzenie nie-

tolerancji laktozy, przywracanie równowagi mikrobiologicznej w jelitach czy hamowanie aktywności enzymów kałowych. Ważna jest także mała wrażliwość na niskie pH i dobra przeżywalność w kwaśnym środowisku, ponieważ obecność żywych, aktywnych komórek tych bakterii w ilościach co najmniej  $10^6 - 10^7$  jtk/cm<sup>3</sup> decyduje o walorach leczniczych napojów (6,20). Wyselekcjonowanie szczepów, które pochodzą z organizmu człowieka i posiadają wszystkie wymienione cechy jest bardzo trudne, zwłaszcza w odniesieniu do pałeczek z rodzaju *Bifidobacterium*, które są wrażliwe na wysoką kwasowość środowiska i obecność tlenu (21). Producenci kultur mleczarskich oferują obecnie tylko 10 szczepów bakterii o udokumentowanych cechach probiotycznych. Są wśród nich 4 szczepy *L. acidophilus*, 2 szczepy *Bifidobacterium* spp., a także *L. casei*, *L. casei* ssp. *rhamnosus* (*Lactobacillus* GG), *L. reuteri*, *L. gasseri* i *Lc. lactis* (6,20).

Sery dojrzewające są produktami, których wygląd, cechy fizyczne i organoleptyczne zależą w dużej mierze od wielokierunkowej aktywności metabolicznej kultur i preparatów enzymatycznych stosowanych w ich produkcji. Podczas dojrzewania zmienia się konsystencja, struktura, smak i aromat serów. Zmiany struktury i konsystencji serów zależą zarówno od zabiegów technologicznych, jak i charakteru procesów fermentacyjnych, powstawania CO<sub>2</sub> oraz stopnia degradacji białek. Cechy organoleptyczne kształtują liczne metabolity końcowe fermentacji mlekowej, proteolizy, lipolizy i niekiedy fermentacji propionowej. Prawidłowe proporcje związków powstających w tych przemianach decydują o charakterystycznym smaku i zapachu różnych gatunków serów.

Fermentacja mlekowa zachodzi głównie pod wpływem bakterii homofermentatywnych. Najczęściej są to mezofilne paciorkowce z rodzaju *Lactococcus*, z wyjątkiem serów typu szwajcarskiego i włoskiego, w których działają termofilne gatunki z rodzajów *Streptococcus* i *Lactobacillus* (tab. 1). Powstający kwas mlekowy ma istotne znaczenie w przebiegu procesu technologicznego, gdyż sprzyja tworzeniu się skrzepu mleka pod wpływem podpuszczki i jego synerdzie, hamuje rozwój niepożądanych bakterii, wpływa na charakter i zakres przemian enzymatycznych w trakcie dojrzewania oraz na smak sera. Kwas mlekowy wywiera też pośredni wpływ na elastyczność masy sera poprzez odłączenie części jonów Ca z parakazeinianu wapniowego, wytrącanego przez podpuszczkę. Powstający przy tym mleczan wapnia stanowi główny substrat bakterii propionowych, działających w serach typu szwajcarskiego. Związek ten jest też najłatwiej przyswajalną formą Ca dla człowieka. Kultury mezofilne, stosowane w produkcji niektórych typów serów (gouda, edamski, rokpól itp.), zawierają oprócz paciorkowców kwaszących także szczepy *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*, fermentujące cytryniany oraz szczepy *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*, prowadzące heterofermentację mlekową i fermentację cytrynianów. W obu tych przemianach powstają znaczne ilości CO<sub>2</sub>, który tworzy charakterystyczne oczka lub powiększa szczeliny międzyziarnowe w masie sera (2,22). Taka otwarta struktura ma dodatkowe znaczenie w serach niebieskich, gdyż ułatwia kulturze *P. roqueforti* równomierny wzrost w całej masie sera.



Fermentacja propionowa zachodzi pod wpływem *P. freudenreichii* ssp. *shermanii* i *P. jensenii* w serach typu szwajcarskiego. Kwas propionowy, stanowiący główny metabolit przemiany, odgrywa istotną rolę w kształtowaniu słodkawego, orzechowego smaku sera, a CO<sub>2</sub> tworzy charakterystyczne oczka w masie sera, nadając mu pożądaną strukturę (8,18).

Proces proteolizy w serach rozpoczyna się pod wpływem enzymu podpuszczkowego (lub enzymów pochodzenia mikrobiologicznego), który hydrolizuje ok. 18% kazeiny do wysokocząsteczkowych peptydów. Związki te ulegają dalszym przemianom pod wpływem enzymów mikroorganizmów. Aktywność proteolityczna stosowanych kultur serowarskich wyznacza zakres proteolizy (ilość zhydrolizowanego białka) i jej głębokość (uwalniane metabolity), wywierając tym samym wpływ na konsystencję, strukturę, smak i aromat serów (9). Stosunkowo słaba degradacja białek zachodzi w serach, w których działają tylko bakterie fermentacji mlekowej. Pod ich wpływem kazeina ulega hydrolizie do peptydów i aminokwasów, ale uwalniane frakcje rozpuszczalne stanowią nie więcej niż 25-30% azotu ogólnego. Nieliczne gatunki zdolne są do przemian pojedynczych aminokwasów na drodze deaminacji lub dekarboksylacji. Aktywność proteolityczna bakterii fermentacji mlekowej jest bardzo ważnym kryterium selekcji szczepów do kultur serowarskich, bowiem szczepy o niskiej aktywności peptydazowej mogą być przyczyną gorzkiego smaku serów (2). W serach dojrzewających z udziałem grzybów *P. candidum* i *P. roqueforti* lub kultur *B. linens* zakres proteolizy jest znacznie większy; przekształceniu do frakcji rozpuszczalnych ulega w nich 60-80% kazeiny, w wyniku czego sery uzyskują charakterystyczną strukturę i konsystencję (9). Pałeczki *B. linens* zdolne są także do deaminacji i dekarboksylacji aminokwasów, a zatem w serach z ich udziałem dochodzi do stosunkowo głębokiej proteolizy, z uwolnieniem amoniaku, kwasów tłuszczowych, alkoholi, merkaptanów, amin (12). Produkty degradacji białek mają swój udział w kształtowaniu smaku sera, tworząc najczęściej jego tło (5). Do wyjątków należą sery maziowe, którym produkty przemian aminokwasów nadają specyficzny, ostry smak i zapach, a także sery typu szwajcarskiego, których słodkawy smak przypisuje się m.in. uwalnianiu znacznych ilości proliny przez peptydazy bakterii propionowych. Przemiany proteolityczne zwiększają także strawność białek i podnoszą wartość odżywczą serów.

Proces lipolizy zachodzi w większości serów pod wpływem kultur serowarskich i stanowi główne źródło kwasów tłuszczowych odgrywających istotną rolę w kształtowaniu cech organoleptycznych. Wyjątek stanowią sery włoskie, w których stosuje się preparaty enzymatyczne pochodzenia zwierzęcego lub mikrobiologicznego o wysokiej aktywności lipolitycznej (23). Bakterie wchodzące w skład kultur serowarskich, w tym także bakterie fermentacji mlekowej, zdolne są do produkcji lipaz i uwalniania niewielkich ilości kwasów tłuszczowych (5,9,12). Lipoliza ma jednak największy zakres w serach pleśniowych. Lipazy grzybów, zwłaszcza *P. roqueforti*, uwalniają stosunkowo duże ilości kwasów tłuszczowych, m.in. kapronowego, kaprylowego i kaprynowego, które są odpowiedzialne za ostry, „pieprzowy” smak serów niebieskich (17,18). Grzyby prowadzą też przemiany kwasów tłuszczowych, z których tworzą mety-

loketony i alkohole. Udział tych związków w tworzeniu cech sensorycznych jest znaczący, np. pieczarkowy smak i aromat serów camembert wiązany jest z uwalnianiem 1-okten-3-olu przez *P. candidum* (17,18,23).

#### 4.2. Kielbasy fermentowane

Tradycyjne metody produkcji wędlin fermentowanych z mięsa surowego, wykorzystujące aktywność naturalnej mikroflory surowca, nie zapewniały dobrej jakości i trwałości tych wyrobów, zwłaszcza w dużych zakładach przemysłowych. Zmiany w technologii i wprowadzenie wyselekcjonowanych kultur mikroorganizmów pozwoliły na przyspieszenie oraz kontrolę przemian mikrobiologicznych podczas produkcji i dojrzewania, ujednoczenie jakości oraz zwiększenie trwałości wyrobów. Składnikami kultur są przede wszystkim bakterie fermentacji mlekowej z rodzajów *Lactobacillus* i *Pediococcus* oraz saprofityczne gronkowce redukujące azotany (tab. 3). Uzupełnieniem mogą być kultury grzybów z rodzajów *Debaryomyces*, *Candida* i *Penicillium*. W wyniku prowadzonych przemian drobnoustroje wywierają wpływ na tworzenie barwy i jej stabilizację, zwiększenie konsystencji, kształtowanie cech organoleptycznych oraz zwiększenie trwałości wyrobów (24).

TABELA 3  
KULTURY MIKROORGANIZMÓW STOSOWANE W PRZETWÓRSTWIE MIĘSA I SUROWCÓW ROŚLINNYCH

Skład gatunkowy	Przeznaczenie
<i>L. plantarum</i> , <i>S. carnosus</i> lub — <i>L. curvatus</i> , <i>S. carnosus</i> , <i>S. xylosum</i> — <i>P. pentosaceus</i> , <i>S. carnosus</i> — <i>L. plantarum</i> , <i>S. carnosus</i> , <i>D. hansenii</i>	kielbasy z mięsa surowego nie dojrzewające (metka, polska) i dojrzewające typu salami, szynki surowe
<i>Penicillium nalgiovensis</i> lub <i>P. candidum</i>	kielbasy typu salami
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	pieczywo białe, ciasta drożdżowe
<i>S. cerevisiae</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. sanfrancisco</i>	pieczywo z mąki żytniej i pszennożytniej
<i>L. plantarum</i> lub <i>L. plantarum</i> , <i>P. pentosaceus</i>	kiszonki warzywne

Dobór kultur pod względem składu oraz aktywności prowadzonych przemian wyznaczają parametry procesu produkcji i dojrzewania (dodatki związków chemicznych, temperatura, wilgotność, czas) oraz charakterystyczna dla wyrobu intensywność smaku i zapachu. Monokultury bakterii fermentacji mlekowej, np. *P. pentosaceus* czy psychrotrofowe szczepy *L. alimentarius*, spełniają głównie rolę ochronną, hamując rozwój patogenów oraz bakterii powodujących zepsucia mięsa i jego przetworów. Kultury takie można wykorzystywać jako dodatki przedłużające trwałość mielonego mięsa porcjowa-

nego, hamburgerów, pewnych gatunków kiełbas. Kultury mieszane, zawierające bakterie z rodzajów *Staphylococcus* oraz *Lactobacillus* lub *Pediococcus* stosowane są zarówno w produkcji kiełbas nie dojrzewających (metka, polska) jak i dojrzewających (salami).

Proces dojrzewania kiełbas charakteryzuje się fazowością zachodzących przemian (25). Szybko rozwijające się szczepy *S. carnosus* i *S. xylosus* redukują wprowadzany z mieszkanką peklującą azotan do azotynu, a ten ulega przemianie do tlenku azotu. W wyniku reakcji tlenku azotu z mioglobina, powstaje nitrozomioglobina, która nadaje surowym wędlinom intensywnie czerwoną barwę. Te same szczepy zapewniają też stabilizację barwy dzięki zdolności tworzenia katalazy rozkładającej nadtlenki.

Rolą bakterii fermentacji mlekowej, najczęściej *L. plantarum* lub *P. pentosaceus*, jest szybka fermentacja sacharydów do kwasu mlekowego, który obniża pH farszu do wartości 4,2-4,5. Rezultatem zakwaszenia jest zmniejszenie zdolności wiązania wody, co skraca czas suszenia kiełbas, nadanie zwartej konsystencji, pozwalającej na krojenie oraz przede wszystkim zwiększenie trwałości wyrobów. Kwas mlekowy oraz inne metabolity stosowanych kultur, jak  $H_2O_2$  i bakteriocyny, hamują rozwój patogenów (*S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.) oraz psychrotrofowych bakterii gnilnych i *Brochothrix thermosphacta*, powodujących zepsucia (24). Nadtlenek wodoru, wytwarzany w stosunkowo dużych ilościach przez pałeczki rodzaju *Lactobacillus*, jest związkiem silnie utleniającym, przez co powoduje niekorzystne zmiany barwy i przyspiesza proces jęlczenia. Wadom tym zapobiegają gronkowce poprzez rozkładanie  $H_2O_2$  (13).

Charakterystyczne cechy smakowe i zapachowe kiełbas fermentowanych kształtowane są przez metabolity fermentacji mlekowej, proteolizy i lipolizy. Zdolność degradacji białek i hydrolizy tłuszczu wykazują zarówno kultury bakterii, jak i grzybów. Szczególnie dużą aktywność w tych przemianach wykazują drożdże *D. hansenii*, które ponadto zmniejszają kwasowość kiełbas w końcowym okresie dojrzewania. Grzyby *P. nalgiovensis*, tworzące biały nalot na osłonkach kiełbas, nie tylko nadają wyrobom atrakcyjny wygląd, ale działają również ochronnie, hamując procesy jęlczenia i utrudniając rozwój niepożądanych mikroorganizmów (13).

### 4.3. Pieczywo

Chleb, bułki i niektóre rodzaje ciast są produktami, których struktura, barwa, smak i aromat zależą od aktywności mikroorganizmów wykorzystywanych w procesach technologicznych. Podstawą produkcji są kultury drożdży piekarskich *S. cerevisiae*, które są dostępne w postaci preparatów prasowanych, suszonych lub płynnych. W tradycyjnych technologiach wyrobu pieczywa z mąki żytniej i pszennożytniej wykorzystuje się najczęściej naturalny zakwas chlebowy, stanowiący symbiotyczny układ mikroorganizmów pochodzących z mąki i środowiska piekarni. Tworzą go drożdże *S. cerevisiae*, *C. krusei* lub *C. milleri* oraz pałeczki fermentacji mlekowej *L. plantarum*, *L. sanfrancisco*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. buchneri* i inne (26-28). Zależnie

od pochodzenia, zakwasy różnią się składem gatunków dominujących. Przemiany zachodzące pod wpływem tych mikroorganizmów mają wpływ nie tylko na kształtowanie cech fizycznych i charakterystycznych walorów sensorycznych, ale także na przedłużenie świeżości pieczywa ciemnego. Niska aktywność mikroflory zakwasów naturalnych może być jednak powodem zaburzeń w procesie produkcyjnym i złej jakości pieczywa, a stosowanie polepszaczy, dodatków smakowych i konserwujących pogarsza często cechy smakowe i wartość odżywczą (27). W Europie, Stanach Zjednoczonych i Japonii podjęto zatem produkcję czystych kultur przeznaczonych do wyrobu pieczywa, które najczęściej mają postać liofilizowanych koncentratów. Ich stosowanie pozwala na przyspieszenie i właściwe ukierunkowanie procesów fermentacyjnych w cieście, co ma istotny wpływ na jakość pieczywa i efekty ekonomiczne. Są to zwykle monokultury bakterii *L. plantarum* lub *L. sanfrancisco*, które muszą być uzupełniane dodatkiem drożdży piekarskich (28). W Polsce dostępne są mieszane kultury bakterii Biolac firmy Biolacta-Texel lub bakterii i drożdży (tab. 3); te ostatnie odtwarzają symbiotyczne wspólnoty mikroorganizmów w środowisku naturalnym (27,29).

Drożdże *S. cerevisiae* spełniają trzy ważne funkcje, a mianowicie prowadzą fermentację, dzięki której spulchniają ciasto, biorą udział w jego dojrzewaniu oraz tworzą smak i aromat pieczywa (15,26,30). W procesie fermentacji sacharydów mąki powstają CO<sub>2</sub>, alkohol oraz niewielkie ilości związków lotnych, m.in. kwasy organiczne, wyższe alkohole, estry, ketony. Dwutlenek węgla spulchnia ciasto, co ma decydujący wpływ na objętość ciasta i porowatość miękiszu. Pozostałe metabolity fermentacji biorą udział w tworzeniu cech organoleptycznych. Podczas dojrzewania ciasta zachodzą zmiany fizykochemiczne jego składników, które korzystnie wpływają na cechy reologiczne i strukturę. Metabolity fermentacji, alkohol i dwutlenek węgla, mogą odgrywać w tym znaczącą rolę poprzez stworzenie odpowiednich warunków do hydratacji i pęcznienia glutenu oraz zmiany napięcia międzyfazowego w cieście (15). Znaczenie drożdży w kształtowaniu pożądanых walorów pieczywa polega także na zdolności hydrolizy białek mąki do peptydów. Część peptydów może reagować z sacharydami, a powstałe związki uczestniczą w tworzeniu smaku, aromatu i barwy skórki podczas pieczenia.

Bakterie fermentacji mlekowej, wytwarzając kwas mlekowy i kwas octowy, obniżają pH ciasta do wartości 4,2 – 4,8 zależnie od rodzajów i proporcji stosowanej mąki (26). Zakwaszenie ciasta ma istotny wpływ na pęcznienie białek mąki i kleikowanie skrobi, a zatem stwarza korzystne warunki do powstania prawidłowej struktury. Środowisko kwaśne reguluje także przebieg procesów enzymatycznych w cieście, stymuluje rozwój drożdży oraz hamuje wzrost niepożądanych bakterii, m.in. amylolytycznych szczepów *B. subtilis* (26,30). Pałeczki fermentacji mlekowej, zwłaszcza w kulturach mieszanych, przyczyniają się do tworzenia właściwego smaku i aromatu pieczywa. Niebagatelne znaczenie, szczególnie w pieczywie razowym, ma ich zdolność do przemian kwasu fitynowego, dzięki czemu zwiększa się przyswajalność Fe, Zn i Ca (13). W wielu krajach stosowanie czystych kultur bakterii fermentacji mlekowej nabiera znaczenia także w produkcji pieczywa z mąki pszennej.

#### 4.4. Fermentowane produkty warzywne

Technologia produkcji kiszonek warzywnych jest jedną z najstarszych i najbardziej ekonomicznych metod utrwalania żywności. Polega ona na odpowiednim przygotowaniu surowców (ogórki, kapusta, buraki, cebula, kalafior itp.), umieszczeniu ich w zbiornikach i stworzeniu występującym w materiale roślinnym bakteriom fermentacji mlekowej optymalnych warunków, zapewniających szybki wzrost, dominację w środowisku i prawidłowy przebieg fermentacji. Fermentacja mlekowa zachodzi pod wpływem gatunków homofermentatywnych i heterofermentatywnych, głównie *Leuc. mesenteroides*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. fermentum* i *P. pentosaceus*, rozwijających się fazowo w ukwaszonym materiale (26,31). Powstające kwasy mlekowy i octowy szybko obniżają pH środowiska, co zapobiega mięknieniu niektórych warzyw i hamuje rozwój niepożądanych mikroorganizmów, konserwując kiszonkę. Dwutlenek węgla wypiera ze środowiska tlen, obniża potencjał oksydo-redukcyjny oraz zapobiega utlenianiu witaminy C i ciemnieniu kapusty. Produkty fermentacji nadają kiszonkom smak oraz są prekursorami estrów, głównych związków aromatu powstających podczas dojrzwania (31). Bakterie fermentacji mlekowej poprawiają walory sensoryczne kiszonek także poprzez rozkład substancji o przykrym zapachu, które występują w niektórych surowcach (13). Po zakończonym procesie fermentacji pH kiszonek obniża się do wartości 3,5–3,8, co prowadzi do stopniowego wymierania drobnoustrojów podczas przechowywania i zapewnia produktom długą trwałość.

Błędy technologiczne, zbyt powolny rozwój lub nieprawidłowa sekwencja bakterii fermentacji mlekowej są często przyczyną występowania wad pochodzenia mikrobiologicznego. Zapobiega im stosowanie czystych kultur. Praktyka wprowadzania bakterii fermentacji mlekowej w produkcji kiszonek paszowych stosowana jest od dość dawna. Coraz częściej wykorzystuje się kultury przemysłowe także w technologii kiszonek spożywczych. Są to monokultury *L. plantarum* lub kultury mieszane *L. plantarum* i *P. pentosaceus* (31). Wprowadzanie do surowca wysokich populacji tych bakterii (rzędu  $10^6$ /g), zapewniających natychmiastową przewagę w środowisku, pozwala na kontrolowanie przebiegu fermentacji, szybsze obniżanie pH, skrócenie czasu produkcji i uzyskanie trwałego wyrobu o wyrównanej jakości.

Wśród zalet stosowania bakterii fermentacji mlekowej w przetwarzaniu surowców roślinnych wymienia się poprawę wartości odżywczych (13). Z tego powodu m.in. wzrasta zainteresowanie produktami fermentowanymi wśród konsumentów i producentów żywności. Przykładem nowego asortymentu takich wyrobów są fermentowane sałatki i soki warzywne. Do ich produkcji można wykorzystywać kultury przeznaczone do przemysłowego zakiszania warzyw. W Katedrze Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności ART w Olsztynie od wielu lat prowadzone są prace związane z selekcją szczepów i składaniem kultur do przetwarzania warzyw. Wśród wielu zestawów, szczególną przydatność w produkcji sałatek wielowarzywnych wykazała kultura zawierająca *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *P. jensenii*, i *P. acidipropionici* (11). W produkcji fermentowanych soków warzywnych korzystne walory organoleptyczne uzy-

skano m.in. przy stosowaniu kultur złożonych z *L. plantarum*, *Lc. lactis* ssp. *lactis* i *S. cerevisiae* lub *L. plantarum*, *L. brevis* i *Lc. lactis* ssp. *lactis* (32,33).

## 5. Kierunki doskonalenia cech technologicznych kultur przemysłowych

Technologie oparte na wykorzystaniu drobnoustrojów w produkcji żywności mogą ulegać modyfikacjom nie tylko dzięki postępowi technicznemu, ale także w wyniku stosowania coraz doskonalszych kultur przemysłowych, charakteryzujących się lepszymi i stabilnymi cechami technologicznymi. Duże możliwości w tej dziedzinie stwarzają techniki biologii molekularnej. Najbardziej zaawansowane są prace związane z modyfikacją szczepów drożdży wykorzystywanych w przemyśle fermentacyjnym, ale skonstruowano już i opatentowano także zrekombinowane szczepy *S. cerevisiae* przeznaczone dla piekarstwa (34).

Prace związane z doskonaleniem bakterii koncentrują się na szczepach paciorkowców z rodzaju *Lactococcus*, których aparat genetyczny poznano najlepiej. Ich celem jest przede wszystkim stabilizacja ważnych cech technologicznych (zdolność fermentacji laktozy i cytrynianów, aktywność proteolityczna, oporność na bakteriofagi) poprzez integrację genów plazmidowych, kodujących te cechy, z DNA genoforu, a także intensyfikacja niektórych cech, np. aktywności proteolitycznej poprzez wprowadzenie genów innych bakterii (35). Podejmuje się także próby konstrukcji zrekombinowanych szczepów bakterii probiotycznych, tworzących oksydazę cholesterolu oraz kultur *L. plantarum* syntetyzujących  $\alpha$ -amylazę i celulazę, przeznaczonych do produkcji kiszonek (36).

Wykorzystanie zmodyfikowanych szczepów bakterii fermentacji mlekowej w przemyśle spożywczym było dotąd ograniczone ze względu na technikę klonowania genów za pomocą wektorów zawierających gen oporności na antybiotyki. Szybki postęp w tej dziedzinie doprowadził już do skonstruowania bezpiecznych wektorów *food-grade* (37). Przyspieszy to z pewnością prace nad konstrukcją nowych, udoskonalonych szczepów kultur przemysłowych, pozwalających na zwiększenie wydajności procesów technologicznych i poprawę jakości produktów żywnościowych.

## Literatura

1. Oberman H., (1998), Mat. Konfer. Nauk. „Biotechnologia w technologii żywności”, Wrocław, 7-16.
2. Lawrence R. C., Thomas T. D., Terzaghi B. E., (1976), J. Dairy Res., 43, 141-193.
3. Libudzisz Z., (1990), Zesz. Nauk. Polif. Łódzkiej, 595, 1-103.
4. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, (1986), Ed. Williams and Wilkins, Baltimore, 2.
5. Reiter B., Fryer T.F., Sharpe M.E., (1966), J. Appl. Bacteriol., 29, 231-243.
6. Kneifel W., (1996), Milchwirtsch. Berichte, 128/129, 93-99.

7. Usajewicz I., (1998), *Fizjologiczne i immunologiczne uwarunkowania stosowania fermentacji mlekowej w żywieniu człowieka*, w: *Bakterie fermentacji mlekowej. Klasyfikacja, metabolizm, genetyka, wykorzystanie*, Monografia, Wyd. PŁ, 123-137.
8. Reinbold G. W., (1978), XX Int. Dairy Congr. Paris, Sc. Techn. Session.
9. Desmazeud M., (1978), XX Int. Dairy Congr. Paris, Sc. Techn. Session.
10. Merilainen V. T., (1984), IDF Bulletin, Doc., 179, 89-93.
11. Warmińska-Radyko I., Łaniewska-Moroz Ł., Kujawa K., (1997), *Przem. Spoż.*, 51, 38-39.
12. Lenoir J., (1984), IDF Bulletin, Doc., 171, 3-19.
13. Eriksson C., (1991), *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 51, 553-556.
14. Lücke F. K., (1985), *Fermented Sausages*, in: *Microbiology of Fermented Foods*, Ed. B.J.B. Wood, Elsevier Appl. Sc. Publ. London, New York, 2, 41-83.
15. Ponte J. G. Jr., Tsen C. C., (1978), *Bakery Products*, in: *Food and Beverage Mycology*, Ed. L. R. Beuchad, AVI a 6 Publ. Comp., Westport USA, 191-223.
16. Libudzisz Z., (1998), *Fermentowane napoje mleczne*, w: *Bakterie fermentacji mlekowej. Klasyfikacja, metabolizm, genetyka, wykorzystanie*, Monografia, Wyd. PŁ, 138-149.
17. Marth E. H., (1978), *Dairy Products*, in: *Food and Beverage Mycology*, Ed. L. R. Beuchad, AVI a 6 Publ. Comp., Westport USA, 145-172.
18. Badings H. T., Nester R., (1978), XX Int. Dairy Congr. Paris, Sc. Techn. Session.
19. Dellaglio F., (1984), IDF Bulletin, Doc., 179, 69-76.
20. Lee Y-K., Salminen S., (1995), *Trends Food Sc. Technol.*, 6, 241-245.
21. Ishibashi N., Shimamura S., (1993), *Food Technol.*, 47, 126-136.
22. Sharpe M. E., (1978), XX Int. Dairy Congr. Paris, Sc. Techn. Session.
23. Cichosz G., (1997), *Przegl. Mlecz.*, 10, 325-329.
24. Schillinger U., Lücke F. K., (1989), *Fleischwirtsch.*, 69, 1581-1582.
25. Kornacki K., (1996), *Przem. Spoż.*, 50, 35-36.
26. Müller G., (1974), *Mikrobiologie pflanzlicher Lebensmittel*, VEB Fachbuchverlag Leipzig.
27. Włodarczyk M., (1996), *Mat. Szkoły Letniej „Bakterie fermentacji mlekowej — klasyfikacja, metabolizm, genetyka, wykorzystanie”*, Dobieszków k. Łodzi.
28. Sugihara T. F., (1985), *Microbiology of Bredmaking*, in: *Microbiology of Fermented Foods*, Ed. B.J.B. Wood, Elsevier Appl. Sc. Publ. London, New York, 1, 249-261.
29. Włodarczyk M., (1985), *Acta Aliment. Pol.*, 11, 345-359.
30. Ambroziak Z., (1998), *Piekarstwo i ciastkarstwo*, WNT, Warszawa.
31. Vaughn R. H., (1985), *The Microbiology of Vegetable Fermentations*, in: *Microbiology of Fermented Foods*, Ed. B.J.B. Wood, Elsevier Appl. Sc. Publ. London, New York, 1, 49-109.
32. Łaniewska-Moroz Ł., Roczniakowa B., (1993), *Przem. Spoż.*, 52, 222-223.
33. Łaniewska-Moroz Ł., Nalepa B., (1996), *Mat. Konferencji Nauk.-Promoc. „Lepsza żywność”*, Targi Żywności WAMA AGRO-FOOD, Olsztyn, 155-159.
34. Ilnicka-Olejniczak O., (1995), *Przem. Ferm. Owoc. Warzyw.*, 34(1), 13-16.
35. Ilnicka-Olejniczak O., (1995), *Przem. Ferm. Owoc. Warzyw.*, 34(2), 15-17.
36. Mercenier A., Pouwels P. H., Chassy B. M., (1994), *Genetic Engineering of lactobacilli leuconostocs and Streptococcus thermophilus*, in: *Genetics and Biotechnology of Lactic Acid Bacteria*, Eds. M. J. Gasson, W. M. de Vos, Blaekie Acad. Profess., Glasgow, 252-293.
37. Bardowski J., (1998), *Biologia molekularna w poznawaniu i ulepszaniu bakterii fermentacji mlekowej*, w: *Bakterie fermentacji mlekowej. Klasyfikacja, metabolizm, genetyka, wykorzystanie*, Monografia, Wyd. PŁ, 26-53.

## Application of microorganisms in the production of fermented food

### Summary

The paper presents a review of the problems related to the use of bacteria and fungi to produce fermented food. Attention has been paid to the following issues: criteria of strain se-

lection, composition and character of the starter cultures, and significance of their metabolic activity in determining physical and organoleptic properties of the products, enhancing nutritional value, and ensuring long product shelf-life and safety.

**Key words:**

fermented food, starter cultures, biochemical changes.

*Adres do korespondencji:*

Irena Usajewicz, Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności, Akademia Rolniczo-Techniczna, Plac Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn-Kortowo.