

Charakterystyka komercyjnych kultur starterowych stosowanych w przemyśle mleczarskim

MAŁGORZATA ZIARNO

Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności Wydziału Technologii Żywności SGGW,
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa

Ziarno M.

Characteristics of commercial dairy starter cultures

Summary

A review is presented on the present status of commercial dairy starter cultures, their practical applications in the dairy industry and potential role as protective cultures. Starter cultures are those microorganisms that are used in the production of cultured dairy products such as yogurt, kefir and cheese. The natural microflora of milk is inefficient, uncontrollable, and unpredictable, or is destroyed by the heat treatments applied to the milk. A starter culture can provide particular characteristics in a more controlled and predictable fermentation. The characteristic and properties of mesophilic and thermophilic lactic acid bacteria (LAB), yeast and mould starter cultures were discussed. The primary function of lactic starters is the production of lactic acid from lactose. There are 3 groups of LAB starter cultures: single strain, single species and multispecies, in which the number and properties of LAB are known. Fermentation of milk by LAB is one of the oldest forms of practiced biopreservation. Due to proteolytic and lipolytic activities and production of exopolysaccharides (EPS) LAB also has an influence on flavor, aroma, color, smell, acidity and viscosity of final products. There are also kefir starter cultures used in the dairy industry instead of traditional kefir grains that contain lactococci, homofermentative and heterofermentative lactobacilli, yeasts and acetic acid bacteria. The positive aspect of yeasts and moulds used in dairy technology is also reviewed. It is known that many yeasts and mould strains are used for cheese making as co-starters with LAB, due to their proteolytic and lipolytic properties.

Keywords: dairy industry, starter cultures, fermented dairy products

Kultury starterowe są czystymi hodowlami bakterii, pleśni lub drożdży, stosowanymi do wyrobu fermentowanych artykułów mleczarskich (śmietany, masła, serów podpuszczkowych i twarogowych, licznych napojów fermentowanych). Są to kultury drobnoustrojów, bez których produkcja nie byłaby możliwa (tzw. mikroflora techniczna) oraz hodowle, których dodatek ma na celu osiągnięcie innego efektu, np. podwyższenia wartości zdrowotnej produktu (tzw. mikroflora dodatkowa). Mikroflora techniczna, mezofilna lub termofilna, ma za zadanie: przeprowadzić fermentację laktozy (bakterie fermentacji mlekowej, drożdże), wytworzyć substancje smakowo-zapachowe, przyczynić się do przemian proteolitycznych i lipolitycznych białek i lipidów mleka (bakterie mlekowe, pleśnie, drożdże). Natomiast mikroflora dodatkowa jest stosowana w celu wydłużenia przydatności do spożycia produktu lub ochrony przed rozwojem w nim mikroflory patogennej (tzw. kultury ochronne), lub też w celu wywarcia korzystnego wpływu na organizm konsumenta (szczepy probiotyczne bakterii mlekowych).

Ogólna charakterystyka kultur starterowych

W zależności od rodzaju otrzymywanego produktu, w przemyśle mleczarskim znajdują zastosowanie wyselekcjonowane kultury różnych gatunków bakterii fermentacji mlekowej, głównie rodzajów *Lactobacillus*, *Lactococcus* i *Leuconostoc* oraz czasami *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Brevibacterium*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium* i *Staphylococcus*. Z rodzaju *Streptococcus* jedynie *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* znajduje zastosowanie (jako mikroflora kwasząca), zaś z rodzaju *Staphylococcus* – wyłącznie *Staph. xylosus* (jako mikroflora uczestnicząca w procesie dojrzewania serów podpuszczkowych). Są to bakterie Gram-dodatnie, nieruchliwe, nieprzetrwalnikujące, katalazoujemne i nieredukujące azotanów. Są to bakterie homofermentatywne, których głównym produktem działalności jest kwas mlekowy przyczyniający się do ścięcia białek mleka i powstania skrzepu, lub heterofermentatywne, które oprócz kwasu mlekowego wytwarzają inne kwasy oraz substancje smakowo-zapachowe (np. acetoinę i diacetyl) (3, 4, 9, 10, 14-18, 21, 24, 26, 32, 34, 35, 38).

Oprócz bakterii, w produkcji wybranych fermentowanych artykułów mleczarskich, wykorzystuje się kultury starterowe drożdży (w produkcji kefiru) lub pleśni (w produkcji serów pleśniowych) (1-3, 23, 24, 33, 34). Zarówno wyselekcjonowane hodowle drożdży, jak i pleśni, przyczyniają się do przyspieszenia procesu dojrzewania produktu, dzięki bardzo aktywnemu systemowi lipolitycznemu i proteolitycznemu, a ponadto hamują rozwój niepożądanych gatunków pleśni i/lub drożdży.

Mikroflora kultur starterowych powinna charakteryzować się stabilnymi cechami technologicznymi, wykazywać maksymalną liczbę żywych komórek, właściwą aktywność w warunkach stosowanych podczas produkcji (temperatura, kwasowość, stopień natlenienia, dostępność składników odżywczych) oraz wysoką oporność na bakteriofagi (9, 10, 14, 15, 17, 21, 24, 34, 36).

Rodzaje kultur starterowych

Na potrzeby przemysłu mleczarskiego są opracowane różne typy hodowli starterowych: jednoszczepowe (single-strain starter culture), jednogatunkowe (single-species starter culture) i wielogatunkowe (multiple-species starter culture) (24, 34).

Startery jednoszczepowe zawierają jedynie jeden szczep mikroorganizmu. Tego typu kultury starterowe są najczęściej stosowane jako mikroflora dodatkowa. Przykładem są hodowle starterowe szczepów probiotycznych (np. *Lb. casei* subsp. *paracasei*, *Lb. acidophilus*, *Bif. bifidum*, *Bif. longum*).

Kultury starterowe jednogatunkowe zawierają w składzie dwa lub więcej szczepów danego gatunku, dobranych m.in. pod względem optymalnej temperatury wzrostu i wzajemnej stymulacji rozwoju. Przykładem są mezofilne kultury bakteryjne typu O (mieszanka szczepów *Lc. lactis* subsp. *cremoris*), pomocnicze kultury stosowane w serowarstwie (w postaci takich starterów występują hodowle *Brevibacterium linens*, *B. casei*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. helveticus* lub *Staph. xylosus*), kultury pleśni oraz drożdży, również znajdujące zastosowanie w produkcji niektórych typów serów (np. kultury *Penicillium roqueforti*, *P. candidum* lub *Geotrichum candidum*).

Z kolei kultury starterowe wielogatunkowe zawierają jeden lub więcej szczepów należących do różnych gatunków. Przykładem są startery jogurtowe zawierające *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Korzyścią stosowania kultur wielogatunkowych jest zapewnienie wyższej oporności na fagi i możliwy szerszy zakres temperatur fermentacji, dzięki czemu jest możliwa pewna elastyczność produkcji (34, 36).

Mezofilne kultury starterowe bakterii mlekowych

W przyjętej międzynarodowej klasyfikacji mezofilnych kultur starterowych wyróżnia cztery typy: O, L, D i DL. Zakres temperatury ich stosowania wynosi od

około 18°C do około 37°C. Mogą to być hodowle jednoszczepowe, jednogatunkowe lub wielogatunkowe (3, 21, 24, 32, 34).

Typ O (dawniej określany jako typ N) są to wyłącznie kwaszące paciorkowce mlekowe *Lc. lactis* subsp. *lactis* i *Lc. lactis* subsp. *cremoris*. Nie posiadają one zdolności fermentowania cytrynianów, a więc podczas procesu fermentacji z ich wykorzystaniem nie powstają substancje aromatyczne i CO₂. Kultury starterowe tego typu są stosowane w produkcji serów twarogowych, serów wiejskich (tzw. cottage cheese), serów podpuszczkowych typu cheddar, serów typu feta i innych serów bez oczek (3, 34).

W skład kultur starterowych typu L (dawniej zwanych typu B) wchodzi *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *cremoris* oraz szczepy z rodzaju *Leuconostoc* (takie jak: *Leuc. mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Leuc. lactis*, *Leuc. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *Leuc. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*). Powodują one powolną fermentację cytrynianów z wytworzeniem niewielkich ilości substancji aromatycznych. Tego typu startery są stosowane w produkcji twarogów, serów topionych i innych serów z małą liczbą oczek lub bez oczek (3, 10, 34, 35).

Startery typu D zawierają *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *cremoris* oraz szczepy *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*. Powodują szybką fermentację mleka z wytworzeniem intensywnego aromatu i dużej ilości gazu, dlatego są stosowane głównie do produkcji śmietany przeznaczonej na wyrób masła (3, 34).

Startery typu DL (dawniej BD) składają się z *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *cremoris*, szczepów *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* i szczepów rodzaju *Leuconostoc* (np. *Leuc. mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Leuc. lactis*, *Leuc. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *Leuc. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*). Hodowle takie szybko fermentują mleko, z wytworzeniem aromatu i gazu (CO₂). Z tego względu są stosowane do otrzymywania większości fermentowanych produktów mleczarskich: masła, serów twarogowych, serów półtwardych (typu holenderskiego) (3, 21, 34, 35).

W przypadku produkcji niektórych typów serów, dodatkowo są stosowane startery jednoszczepowe lub jednogatunkowe, wspomagające proces dojrzewania produktu. Przykładem są kultury starterowe *Brevibacterium linens* lub *B. casei*, stosowane w dojrzewaniu serów pielęgnowanych na maź, a także bakterie rodzaju *Propionibacterium* (np. *P. freudenreichii*), dzięki którym w serach typu szwajcarskiego powstają oczka (3, 4, 7, 15, 18, 23, 29, 34).

Termofilne kultury starterowe bakterii mlekowych

Temperaturowy zakres działania takich starterów wynosi od około 30°C do około 45°C (3, 13, 32). Mogą to być hodowle jednogatunkowe (np. monokultury *Lb. acidophilus*, *Lb. helveticus*, *Bif. longum*, *Bif. bifidum*,

Bif. infantis) lub wielogatunkowe (np. startery stosowane do produkcji jogurtów) (13, 15, 34).

Do termofilnych zalicza się także kultury zawierające *Ent. faecium*, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lb. fermentum*; *Lb. gasseri*; *Lb. reuteri*, *Lb. rhamnosus*, które mogą stanowić mikroflorę wspomagającą dojrzewanie niektórych serów podpuszczkowych albo pełnić funkcję ochronną mlecznych napojów fermentowanych. Termofilne są również startery zawierające probiotyczne szczepy bakterii fermentacji mlekowej (3, 9, 13, 24, 27, 30, 32, 34, 36, 38).

Kultury kefirowe i kultury starterowe drożdży

Kefir należy do napojów mlecznych fermentowanych wytwarzanych w wyniku mieszanej fermentacji mlekowo-alkoholowej, która zachodzi dzięki ziarnom kefirowym lub kultur starterowych zawierających mikroflorę zbliżoną w składzie do mikroflory ziaren kefirowych (1, 2).

Klasyczne ziarna kefirowe (tzw. grzybki kefirowe) są coraz rzadziej stosowane w przemysłowej produkcji kefiru. Ziarna kefirowe są to konglomeraty (tzw. zlepienie) wielkości 2-5 cm. Tworzą je komórki drobnoustrojów, produkty ich autolizy, białko mleka i produkty jego proteolizy, węglowodany oraz polisacharydy wytwarzane przez obecne bakterie. Wyglądem przypominają małe cząstki kalafiora lub rozgotowane ziarna ryżu, są sprężyste w dotyku, mają kształt nieregularny i są koloru żółtawego. W ich skład wchodzi heterofermentatywne lub homofermentatywne pałeczki rodzaju *Lactobacillus* (*Lb. caucasicus*, *Lb. desidosus*, *Lb. brevis*, *Lb. celebiosus*, *Lb. casei*, *Lb. casei* subsp. *alactosus*), paciorkowce mlekowe *Lactococcus* (*Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Lc. lactis* subsp. *cremoris*) i *Leuconostoc* oraz drożdże fermentujące laktozę (*Candida kefir*, *C. pseudotropicalis*, *Bretanomyces anomalus*) i niefermentujące laktozy (*Saccharomyces uvarum*, *S. carlsbergensis*, *S. unisporus*, *S. delbrueckii*, *S. globosus*, *Kluyveromyces lactis*). Niekiedy zdarzają się bakterie fermentacji octowej (*Acetobacter* sp.) (1, 2, 10, 34).

Komersyjne kefirowe kultury starterowe zawierają pałeczki mlekowe (*Lb. brevis*; *Lb. casei* subsp. *rhamnosus*; *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*; *Lb. helveticus*), drożdże (*Kluyveromyces marxianus* subsp. *marxianus*, *Torulasporea delbrueckii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida kefir*) oraz bakterie fermentacji octowej (*Acetobacter aceti*, *Acetobacter rasens*). Najczęściej są to hodowle wielogatunkowe (1, 2, 34).

Również niektóre startery serowarskie mogą zawierać drożdże gatunków *Geotrichum candidum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Debaryomyces hansenii* (*Candida fermata*) lub *Candida lipolytica* (*Yarrowia lipolytica*). Hodowle takie służą przyspieszeniu dojrzewania serów pleśniowych lub pielęgnowanych na maź albo pełnią funkcję ochronną serów przed rozwojem mikroflory niepożądaną (3, 6, 23, 33, 34).

Na pokreślenie zasługuje fakt przemysłowego wykorzystania gatunku *Geotrichum candidum* (wcześniej znanego *Oospora lactis* lub *Endomyces lactis*), powszechnie występującego w mleczarniach, w czego efekcie często jest stwierdzany jako mikroflora zanieczyszczająca i skracająca trwałość mleka i jego przetworów. Obserwowana aktywność lipolityczna tego gatunku jest świadomie wykorzystywana do przyspieszenia dojrzewania serów z porostem lub przerostem pleśni (3, 14, 33, 34). Kultury starterowe drożdży lub zawierające drożdże mogą być wykorzystywane w procesie dojrzewania serów dojrzewających na maź, serów twarogowych oraz typu gorgonzola (3, 11, 14, 23, 34).

Kultury pleśni

W produkcji serów z porostem lub przerostem pleśni są wykorzystywane przede wszystkim hodowle zawierające zarodniki pleśni szlachetnych rodzaju *Penicillium*, np. *P. roqueforti*, *P. candidum*, *P. camemberti*, *P. glaucum* (3, 14, 23, 34). Są one stosowane głównie w procesie dojrzewania serów, bowiem dzięki wysokiej aktywności proteolitycznej i lipolitycznej, nadają produktom charakterystyczny aromat, smak i konsystencję (23).

Forma i poziom koncentracji komórek w kulturach starterowych

Startery służące do otrzymywania zakwasów również występują w postaci hodowli skoncentrowanych liofilizowanych, skoncentrowanych głęboko mrożonych lub płynnych. Skoncentrowane hodowle starterowe winny zawierać co najmniej 5×10^9 komórek mikroorganizmów w 1 g, zaś nieskoncentrowane kultury starterowe co najmniej 1×10^8 j.t.k./g. Z praktyki wiadomo, że skoncentrowane hodowle zawierają co najmniej 10^{10} - 10^{12} j.t.k./g. Silnie skoncentrowane liofilizowane lub głęboko mrożone kultury starterowe przechowuje się w zamrażarce w temperaturze poniżej -18°C (liofilizowane) lub poniżej -45°C (głęboko mrożone). Natomiast hodowle płynne przechowuje się w temperaturze nie niższej niż 0°C i nie wyższej niż 10°C (3, 34).

Hodowle starterowe stosowane w mleczarstwie mogą służyć do bezpośredniego zaszczepiania mleka (tzw. DVS – direct vat set) lub otrzymywania zakwasu (roboczego lub macierzystego), którym dopiero zaszczepiane jest mleko przerobowe. Najłatwiejsze i coraz częściej jest praktykowane stosowanie starterów do bezpośredniego zaszczepiania mleka przerobowego, do tego służą formy skoncentrowane kultur (głęboko mrożone lub liofilizowane). Pozwala to na uproszczenie toku produkcji, gdyż eliminuje się etap prowadzenia zakwasu(ów). Jednocześnie zmniejsza się ryzyko zakażeń mikrobiologicznych i bakteriofagami, których źródłem często bywały niewłaściwie przygotowane zakwasy (6, 34). Ponadto, w przypadku stosowania szczepionek wielogatunkowych do bezpośred-

niego zaszczepiania mleka, eliminuje się ryzyko zmiany składu mikroflory, co groziłoby niewystandaryzowaną jakością końcowego produktu.

Znaczenie kultur starterowych dla przemysłu mleczarskiego

Dodawanie starterów zostało wymuszone stosowaniem pasteryzacji mleka przerobowego (powodującym zniszczenie naturalnej mikroflory kwaszącej), poprawą higieny produkcji oraz dążeniem do ujednoczenia wymagań jakościowych wytwarzanych produktów. Głównym celem stosowania czystych kultur kwaszących bakterii mlekowych było i nadal jest zapoczątkowanie i przeprowadzenie prawidłowej fermentacji mlekowej. Obecnie, dzięki wysoce zaawansowanym badaniom i doborowi mikroorganizmów, jest możliwe sterowanie procesem fermentacji (3, 6, 9, 15, 30, 32). Przykładowo, modyfikacja zdolności stosowanej mikroflory do fermentacji laktozy pozwala na otrzymywanie produktów fermentowanych o łagodnym smaku. Przykładem jest jogurt łagodny (mild yoghurt) wytwarzany z wykorzystaniem szczepów *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* nie fermentujących laktozy (14, 17, 24, 34).

Natomiast mikroflora kwasząco-aromatyzująca lub aromatyzująca musi wytworzyć w produkcie odpowiednie ilości substancji aromatycznych (w serach, mleknych napojach fermentowanych lub śmietanie), gazów (przyczyniających się m.in. do powstawania oczek w serach podpuszczkowych dojrzewających) oraz enzymów proteolitycznych i lipolitycznych (biorących udział w procesie dojrzewania serów dojrzewających). Przykładem są kultury zawierające *Brevibacterium linens* lub *B. casei*, które mają za zadanie wytworzyć substancje aromatyczne oraz charakterystyczną czerwonopomarańczową maź serów maziowych. Dodatkową funkcją starterów (hodowli bakterii, pleśni lub drożdży) wspomagających proces dojrzewania niektórych typów serów jest przeciwdziałanie rozwojowi na powierzchni obcej mikroflory, głównie pleśni. W produkcji serów stosowane są także bakterie propionowe z rodzaju *Propionibacterium*, które w serach twardych (ementaler, grojer itp.) przyczyniają się do powstania charakterystycznego smaku, zapachu i oczkowania (3, 4, 8-10, 13, 17, 18, 26, 30, 31, 34).

Warto zaznaczyć, że bakterie fermentacji mlekowej nie należą do typowych mikroorganizmów proteolitycznych, gdyż nie wytwarzają zewnątrzkomórkowych enzymów proteolitycznych. Wykorzystanie kazeiny przez bakterie fermentacji mlekowej odbywa się przy udziale proteinaz zlokalizowanych w zewnętrznych warstwach ściany komórkowej bakterii (13). Dalszy rozkład (do peptydów) zachodzi przy udziale innych proteinaz umiejscowionych w błonie cytoplazmatycznej oraz w cytoplazmie (7, 8). Największą aktywność w tym zakresie wykazują *S. thermophilus*, *Lc. lactis*, *Lb. casei*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. helveticus*,

a także *Lb. acidophilus*. Niewielkimi uzdolnieniami proteolitycznymi charakteryzują się bifidobakterie, pałeczki *Lb. plantarum* oraz paciorkowce *Lc. lactis* (5, 7, 13, 30). Poziom aktywności enzymów proteolitycznych zależy od aktywności biochemicznej i fizjologicznej bakterii mlekowych. Wyższą aktywność obserwuje się w fazie logarytmicznej wzrostu niż w fazie stacjonarnej (13). Podobnie, zmiany lipolityczne są zdeterminowane rodzajem mikroflory kultur starterowych. Do syntezy tej grupy enzymów zdolne są pałeczki *Lb. bulgaricus*, *Lb. helveticus*, *Lb. acidophilus*, *Lb. lactis*, a także paciorkowce *S. thermophilus*. Wiadomo jednak, że pałeczki mlekowe wykazują słabą aktywność lipolityczną, natomiast paciorkowce (szczególnie *S. thermophilus*) charakteryzują się nieco silniejszą aktywnością rozkładu tłuszczu obecnego w mleku (8, 12). Co ważniejsze, autoliza komórek bakteryjnych i uwolnienie wewnątrzkomórkowych enzymów proteolitycznych i lipolitycznych przyczynia się do prawidłowego dojrzewania serów dojrzewających oraz powstawania właściwych cech sensorycznych innych fermentowanych produktów mleczarskich (4, 7, 8, 13, 24). Znacznie większą aktywność proteolityczną i lipolityczną wykazują pleśnie i drożdże (14, 33, 34).

Umiejętnie dobierając właściwe kultury starterowe można wpływać na konsystencję mleknych napojów fermentowanych. W tym celu wykorzystuje się zdolność niektórych bakterii fermentacji mlekowej do wytwarzania polisacharydów otoczkowych (egzopolisacharydów, EPS) (1, 27, 34).

Ochronne kultury starterowe

Równocześnie z hodowlami tradycyjnymi istnieje możliwość stosowania starterów, które ułatwiają produkcję i wpływają korzystnie na trwałość otrzymanych fermentowanych produktów mleczarskich, zapobiegając rozwojowi mikroflory technicznie szkodliwej i/lub chorobotwórczej. Startery takie są określane mianem kultur ochronnych. W niektórych przypadkach mogą one jednocześnie pełnić funkcję kultur starterowych i ochronnych. Wówczas mogą przyczyniać się również do powstawania korzystnych cech sensorycznych biologicznie chronionego produktu. W praktyce, startery ochronne dodaje się do mleka przerobowego jednocześnie wraz z kulturami starterowymi lub do gotowego produktu, w którym panują dobre warunki do wytwarzania substancji przeciwdrobnoustrojowych (6, 9, 14, 15, 17-19, 26, 28, 38).

Jako składniki ochronnych kultur starterowych wykorzystuje się głównie bakterie fermentacji mlekowej, spośród których wiele szczepów jest zdolnych do wytwarzania bakteriocyn oraz innych substancji przeciwdrobnoustrojowych (kwasów organicznych, niskocząsteczkowych metabolitów, takich jak: nadtlenuk wodoru, ditlenek węgla, diacetyl, acetoina, kwasy tłuszczowe, alkohol, lizozym, laktoperoksydaza czy reuteryna) (3, 6, 14, 16-19, 24-26, 28).

Szeroki mechanizm działania przeciwdrobnoustrojowego umożliwia wykorzystanie kultur ochronnych do kontroli rozwoju Gram-dodatnich patogenów, np. rodzaju *Listeria*, rozwoju mikroorganizmów zanieczyszczających, takich jak drożdże i pleśnie lub wzrostu heterofermentatywnych bakterii mlekowych rodzaju *Leuconostoc* czy enterokoków. Ponadto, niektóre startery ochronne wykazują również zdolność hamowania rozwoju pleśni i drożdży na powierzchni lub w głębi masy produktów mleczarskich, takich jak jogurty i sery, nawet podczas chłodniczego przechowywania. Stosowanie kultur ochronnych stwarza możliwość ograniczenia stosowania chemicznych konserwantów (11, 18-20, 25, 28, 31, 33, 34). W przypadku ryzyka rozwoju pleśni, taka bioochrona produktów może również zapobiec powstaniu mykotoksyn. Przykładowo, szczepy z rodzaju *Lactobacillus* mogą spowalniać rozwój wielu szczepów pleśni lub drożdży (11, 19, 25, 37). Szerokie spektrum przeciwgrzybowe stwierdzono również u *Lb. casei* subsp. *rhamnosus* (szczep LC-705), który w połączeniu z *Propionibacterium freundenreichii* subsp. *shermanii* JS hamuje rozwój drożdży w twarogach i jogurtach (18, 20). Podobnie, kultury ochronne zawierające szczepy *Lb. paracasei* subsp. *paracasei* i *Propionibacterium jensenii*, wykazują zdolność hamowania rozwoju pleśni i drożdży na powierzchni produktów mleczarskich nawet podczas chłodniczego przechowywania (18, 20, 29). Przeciwbakteryjne i przeciwgrzybowe substancje wytwarza także *Lactococcus lactis* (19, 28). Udowodniono, że wytwarzanie aflatoksyn przez *A. flavus* jest także hamowane rozwojem innych bakterii rodzaju *Lactobacillus* (19, 37).

Podsumowując, w zależności od rodzaju otrzymanego produktu, w mleczarstwie są stosowane wyselekcjonowane startery różnych mikroorganizmów, o różnej zdolności kwaszącej i dodatkowych cechach technologicznych lub funkcjonalnych (m.in. wpływie na smak, aromat, kolor lub lepkość produktu końcowego, zdolnościach proteolitycznych lub lipolitycznych, właściwościach przeciwdrobnoustrojowych). Mleczarskie kultury starterowe, produkowane obecnie w różnych formach koncentracji komórek i postaci, służą nie tylko wytworzeniu kwasu mlekowego, ale pełnią też ściśle określone dodatkowe zadania i pozwalają na w pełni kontrolowany proces fermentacji, gwarantujący powtarzalność produkcji i wysoką jakość otrzymanego produktu.

Piśmiennictwo

1. Abraham A. G., De Antoni G. L.: Characterization of kefir grains grown in cows' milk and in soya milk. *J. Dairy Res.* 1999, 66, 327-333.
2. Assadi M. M., Pourahmad R., Moazami N.: Use of isolated kefir starter cultures in kefir production. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2000, 16, 6, 541-543.
3. Bamforth C. W.: Food, Fermentation, and Micro-organisms. Blackwell Sciences Publishing, Oxford 2005, s. 26-33, 160-168.
4. Bockelmann W.: Development of defined surface starter cultures for the ripening of smear cheeses. *Int. Dairy J.* 2002, 12, 123-131.
5. Bockelmann W.: The proteolytic system of starter and non-starter bacteria: components and their importance for cheese ripening. *Int. Dairy J.* 1995, 5, 977-994.

6. Caplice E., Fitzgerald G.: Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. *Int. J. Food Microbiol.* 1999, 50, 131-149.
7. Chapot-Chartier M. P.: Les autolysines des bacteries lactiques. *Lait* 1996, 76, 91-109.
8. Crow V. L., Coolbear T., Gopal P. K., Martley F. G., McKay L. L., Riepe H.: The role of autolysis of lactic acid bacteria in the ripening of cheese. *Int. Dairy J.* 1995, 5, 855-875.
9. Daly Ch., Fitzgerald G. F., O'Connor L., Davis R.: Technological and health benefits of dairy starter cultures. *Int. Dairy J.* 1998, 8, 195-205.
10. Devoyod J. J., Poullain F.: The leuconostocs. Characteristics. Their role in dairy technology. *Lait* 1988, 68, 249-280.
11. Durlu-Özkaya F., Karabicak N., Kayali R., Esen B.: Inhibition of yeasts isolated from traditional Turkish cheeses by *Lactobacillus* spp. *Int. J. Dairy Technol.* 2005, 58, 111-114.
12. Dzwolak W., Ziąjka S., Chmura S., Baranowska M.: Produkcja mlecznych napojów fermentowanych. Oficyna Wydawnicza „Hoża”, Warszawa 2000.
13. Gatti M., Fornasari M. E., Lazzi C., Mucchetti G., Neviani E.: Peptidase activity in various species of dairy thermophilic lactobacilli. *J. Appl. Microbiol.* 2004, 96, 223-229.
14. Geisen R., Holzapfel W. H.: Genetically modified starter and protective starter. *Int. J. Food Microbiol.* 1996, 30, 315-324.
15. Giraffa G.: Functionality of enterococci in dairy products. *Int. J. Food Microbiol.* 2003, 88, 215-222.
16. Giraffa G., Rossetti L.: Monitoring of the bacterial composition of dairy starter cultures by RAPD-PCR. *FEMS Microbiol. Lett.* 2004, 237, 133-138.
17. Hansen E. B.: Commercial bacterial starter cultures for fermented foods of the future. *Int. J. Food Microbiol.* 2002, 78, 119-131.
18. Holo H., Faye T., Brede D. A., Nilsen T., Odegard I., Langsrud T., Brendehaug J., Nes I. F.: Bacteriocins of propionic acid bacteria. *Lait* 2002, 82, 59-68.
19. Holzapfel W. H., Geisen R., Schillinger U.: Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *Int. J. Food Microbiol.* 1995, 24, 343-362.
20. Hugenholtz J., Hunik J., Santos H., Smid E.: Nutraceutical production by propionibacteria. *Lait* 2002, 82, 103-112.
21. Johansen E., Kibenich A.: Characterization of *Leuconostoc* isolates from commercial mixed strain mesophilic starter cultures. *J. Dairy Sci.* 1992, 75, 1186-1191.
22. Katla A. K., Kruse H., Johnsen G., Herikstad H.: Antimicrobial susceptibility of starter culture bacteria used in Norwegian dairy products. *Int. J. Food Microbiol.* 2001, 67, 147-152.
23. Leclercq-Perlat M. N., Buono F., Lambert D., Latrille E., Spinnler H. E., Corrieu G.: Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. *J. Dairy Res.* 2004, 71, 346-354.
24. Leroy F., De Vuyst L.: Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Tr. Food Sci. Technol.* 2004, 15, 67-78.
25. Mishra Ch., Lambert J.: Production of anti-microbial substances by probiotics. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.* 1996, 5, 20-24.
26. Oumer B. A., Gaya P., Fernandez-Garcia E., Marciaca R., Garde S., Medina M., Nunez M.: Proteolysis and formation of volatile compounds in cheese manufactured with a bacteriocin producing adjunct culture. *J. Dairy Res.* 2001, 68, 117-129.
27. Ricciardi A., Parente E., Crudele M. A., Zanetti F., Scolari G., Mannazzu I.: Exopolysaccharide production by *Streptococcus thermophilus* SY: production and preliminary characterization of the polymer. *J. Appl. Microbiol.* 2002, 92, 297-306.
28. Rodgers S., Kailasapathy K., Cox J., Peiris P.: Bacteriocin production by protective cultures. *Food Serv. Technol.* 2002, 2, 59-68.
29. Schwenninger S. M., Meile L.: A mixed culture of *Propionibacterium jensenii* and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* inhibits food spoilage yeasts. *Syst. Appl. Microbiol.* 2004, 27, 229-237.
30. Simov Zh., Ivanov G.: Growth and proteolytic activity of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in reduced sodium kashkaval cheese. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2005, 21, 1285-1289.
31. Soomro A. H., Masud T., Anwaar K.: Role of lactic acid bacteria (LAB) in food preservation and human health – a review. *Pakistan J. Nutr.* 2002, 1, 20-24.
32. Stiles M. E., Holzapfel W. H.: Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *Int. J. Food Microbiol.* 1997, 36, 1-29.
33. Szoltysik M., Chrzanowska J., Wojtatowicz M.: Drożdże jako wspomagające kultury starterowe w serowarstwie. *Mat. VIII Sesji: Postęp w technologii, technice i organizacji mleczarstwa. Olsztyn-Kortowo 2002*, s. 479-485.
34. Varnam A. H., Sutherland J. P.: Milk and Milk Products. Technology, Chemistry and Microbiology. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland 2001.
35. Vedamuthu E. R.: The dairy *Leuconostoc*: use in dairy products. *J. Dairy Sci.* 1994, 77, 2725-2737.
36. Viscardi M., Capparelli R., Di Matteo R., Carminati D., Giraffa G., Iannelli D.: Selection of bacteriophage-resistant mutants of *Streptococcus thermophilus*. *J. Microbiol. Meth.* 2003, 55, 109-119.
37. Zamfir M., Calleaert R., Cornea P. C., Savu L., Vatafu I., De Vuyst L.: Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* IBB 801. *J. Appl. Microbiol.* 1999, 87, 923-931.
38. Ziarno M.: Bakterie rodzaju *Enterococcus* w mleku i przetworach mlecznych. *Medycyna Wet.* 2006, 62, 145-148.