

Чагаровський О.П.

Одеський національний технологічний університет

Лукашук А.В.

ТОВ «Науково-виробнича організація «Лактол Інтернейшнл»

КОНКУРУЮЧА МІКРОФЛОРА – ОСНОВНИЙ БІОЛОГІЧНИЙ БАР'ЄР У ВИРОБНИЦТВІ ФЕРМЕНТОВАНИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ З ПОДОВЖЕНИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ

У статті розглянуто принципи та підходи до побудови біологічних бар'єрів, які перешкоджають розвитку мікробіального псування харчових продуктів. Наведено перелік основних бар'єрів (низька та висока температури, активна кислотність, конкуруюча мікрофлора, активність води, окисно-відновний потенціал та інші), які займають вагоме значення для виробництва ферментованих молочних виробів тривалого зберігання. Головну увагу сфокусовано на бар'єрі «конкуруюча мікрофлора», вплив якого на якість та безпечність ферментованих молочних продуктів, вивчений на сьогоднішній день недостатньо, що стримує його використання у вітчизняній молочній галузі. Даний бар'єр, як об'єкт уваги досліджень, був обраний також зважаючи на його відповідність сучасним глобальним ринковим трендам – «натуральність» та «чиста етикетка». Для вирішення проблем, які пов'язані із подовженням термінів придатності молочної продукції такі популярні методи як жорсткі режими температурної обробки та застосування консервантів не завжди дозволяють досягти бажаних результатів та не відповідають вказаним трендам і запитам сучасного ринку продуктів харчування. Суть досліджень полягала у вивченні деяких особливостей штамів молочнокислих мікроорганізмів (*Lactococcus lactis* ssp., *Lactobacillus* ssp.), які пропонуються на ринку України великими західними компаніями що є головними світовими виробниками заквашувальних препаратів (*Chr.Hansen*, *Danisco* та інші). Такі властивості як швидке споживання поживних речовин та мікроелементів, зниження окисно-відновного потенціалу, утворення в процесі ферментації антимікробних речовин та ряд інших були застосовані як додатковий бар'єрний інструмент у технологіях ферментованих молочних продуктів. Наведено приклади застосування біо-захисних культур для зберігання молока-сировини, для виробництва йогурту і сирів типу Гауда та Моцарелла. Здійснено порівняння споживчих характеристик молочних продуктів, вироблених із інноваційними культурами та традиційних продуктів. Розроблено рекомендації щодо застосування конкурентної мікрофлори для побудови бар'єрів у технологіях сучасних ферментованих молочних продуктів.

Ключові слова: молоко, йогурт, сир, бар'єрні технології, конкуруюча мікрофлора, харчова безпека, чиста етикетка.

Постановка проблеми. Головною вимогою до будь яких продуктів харчування, в тому числі і молочних, є їх безпечність для здоров'я людей. Також останнім часом в харчовій галузі, зокрема у виробництві кисломолочних продуктів і сирів, набирають все більшої популярності глобальні ринкові тренди, такі як «натуральність», «чиста етикетка», «зменшення харчових відходів» та інші. Ростає запит споживачів на доступну, смачну і натуральну їжу, яка, однак, повинна бути безпечною, якісною і з достатньо довгими термінами придатності. Такий запит продиктований зростаючим рівнем урбанізації населення, покращенням поінформованості споживачів про склад, цінність харчових продуктів і турботу про власне

здоров'я, посиленням конкуренції між виробниками продукції, збільшенням дистанцій і часових проміжків логістичних ланцюжків починаючи від виробників сировини, переробних підприємств і закінчуючи кошиком кінцевого споживача та рядом інших факторів. За таких обставин перед виробниками зокрема та промисловістю загалом постають нові виклики як досягти такого результату, коли буде можливим сумістити високу якість продукції, її натуральність та безпечність, тривалий термін придатності, що також сприятиме вирішенню екологічних проблем за рахунок зменшення відходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В кінці минулого століття завдяки детальному

аналізу та узагальненню масиву наукових літературних даних з питань безпечності харчових продуктів з тривалим терміном зберігання німецьким вченим професором Лотаром Ляйтнером був запропонований новий технічний термін «бар'єрні технології» [1, с. 17]. Такі технології, згідно визначення професора Ляйтнера, передбачають використання спеціального комплексу «бар'єрів», що гарантують мікробіальну стійкість, безпечність та стабільну споживчу цінність харчових продуктів під час їх тривалого зберігання. До основних бар'єрів, які мають місце у виробництві молочних продуктів слід віднести наступні: температура (t), активність води (a_w), активна кислотність (pH), окисно-відновний потенціал (E_h), конкуруюча мікрофлора ($c.f.$), консерванти ($pres.$), упаковка та пакувальні матеріали, фізичні процеси в технологічному ланцюжку (тиск, опромінення тощо).

Бар'єр «конкуруюча мікрофлора» набуває особливого значення для молочної галузі [2, с. 197], в якій переважна більшість технологій передбачає використання молочнокислих мікроорганізмів. Окрім добре відомих сьогодні методів зниження величини E_h (деаерації, більш жорстких режимів температурної обробки тощо) [1, с. 48], існують рішення із використанням молочнокислих бактерій. Біо-захисні культури FreshQ (*Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus*) компанії Chr. Hansen володіють здатністю до швидкого споживання мікроелементу марганцю, який міститься в молоці [3, с. 86], тим самим понижують окисно-відновний потенціал молочної суміші і позбавляють небажану мікрофлору (дріжджі та пліснява), необхідного нутрієнту для життєдіяльності. Схематично бар'єри у виробництві ферментованих молочних продуктів зображено на рисунку 1.

На перешкоді небажаній мікрофлорі знаходяться такі основні бар'єри як: низька температура t (охолодження до 4–6 °С для зберігання молока), висока температура F (пастеризація при 85–95 °С, 3–10 хв), конкуруюча мікрофлора $c.f.$ (культури DVS з концентрацією культурної мікро-

флори 10^{10} – 10^{11} КУО/г), активна кислотність pH (ферментація до значення 4,6 і нижче). Однак сторонні дріжджі та пліснява можуть здолати ці перешкоди, наслідком чого стане псування продукції в процесі її зберігання [4, с. 48, 67; 5, с. 599]. Застосування FreshQ дозволяє підсилити бар'єр конкурентна мікрофлора $c.f.$ і за рахунок зниження окисно-відновного потенціалу (E_h) завдяки споживанню культурами такого мікроелементу як марганець та зменшити присутність нутрієнтів (**Nutr.**) шляхом споживання захисною мікрофлорою тих поживних компонентів, які також необхідні і для життєдіяльності небажаної мікрофлори.

На противагу кисломолочним продуктам, процес виробництва твердих сирів континентальної групи має суттєві відмінності як у ряді технологічних кроків, так і у значеннях величин спільних параметрів. Це обумовлює, в тому числі, відмінності у бар'єрах, які стоять на перешкоді шкідливій мікрофлорі [1, с. 6–8; 4, с. 52]. Ця різниця, зокрема, полягає у більш ошадливих режимах пастеризації молока, вищих значеннях активної кислотності тощо. Відмінність як у переліку бар'єрів, так і у їх висоті призводить до того, що для твердих сирів можуть бути характерними такі вади готової продукції, які є нетиповими для кисломолочних виробів, і навпаки. Однією із головних вад у виробництві сирів континентальної групи є так зване «пізне здуття», яке проявляється у надмірному газоутворенні, спровокованому розвитком сторонньої спорової мікрофлори переважно роду *Clostridium* [4, с. 50]. Методами боротьби проти цього в сироробстві досить тривалий час залишаються додавання нітратів калію та натрію, препарату лізоциму, а також застосування апаратних методів мікробіологічного очищення молока, таких як бактофугування та мікрофільтрація. Такі заходи не дають змоги виробити повністю натуральний продукт або потребують великих інвестицій коштів в додаткове обладнання.

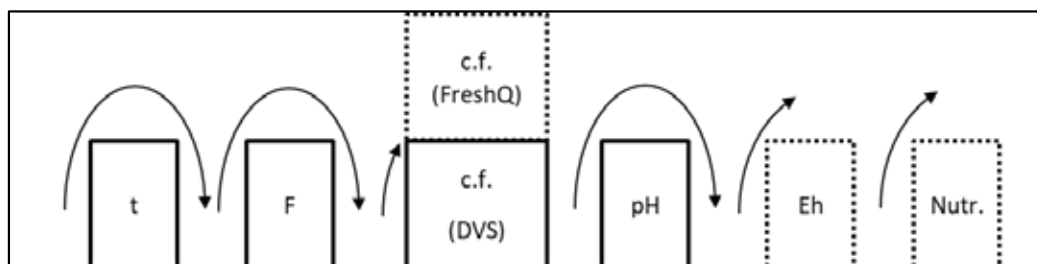


Рис. 1. Бар'єри у виробництві ферментованих молочних продуктів без застосування біо-захисних культур (суцільна лінія) та з їх присутністю (пунктирна лінія)

Натуральним рішенням, що дозволяє застосувати додатковий бар'єр у виробництві твердого сиру, є використання культурних молочнокислих мікроорганізмів, які продукують антибактеріальний пептид нізин [4, с. 160], котрий володіє здатністю пригнічувати розвиток широкого спектру грамположитивних мікроорганізмів, в тому числі спорових (таблиця 1) [6, с. 24]. Культури BioSafe виробництва Chr.Hansen містять в складі штам *Lactococcus lactis subsp. lactis*, який продукує нізин у процесі ферментації.

Зберігання молока-сировини перед його переробкою зіштовхується із рядом факторів, які в подальшому призводять до погіршення якості молочних продуктів, вироблених із такого молока. Цими факторами є високий показник окисно-відновного потенціалу E_h , який може сягати 450 мВ, та розвиток психрофільної мікрофлори [2, с. 165; 4, с. 59]. Високі значення редокс-потенціалу в молоці значним чином обумовлені розчиненим в ньому кисню ($6 \div 7$ мкг/л) [3, с. 116]. Психрофільна мікрофлора переважно представлена аеробними штамми родів *Acinetobacter* та *Pseudomonas* [4, с. 59]. Ензими ліпази, протеази та інші, які продукують психрофільні штами, є достатньо термостійкими, не руйнуються при пастеризації і беруть участь у процесах ферментативної деструкції складових хімічних сполук кисломолочних продуктів та сирів під час їх виробництва, визрівання та зберігання [3, с. 93; 4, с. 60]. Таким чином, для гарантій виробництва якісної молочної продукції із високими споживчими характеристиками, які залишаються такими в процесі тривалого зберігання, досить гостро постає задача у зниженні окисно-віднов-

ного потенціалу сирого молока шляхом зниження вмісту розчиненого в ньому кисню. Застосування процесу деаерації молока потребує інвестицій у відповідне додаткове обладнання, а первинна термічна обробка молока перед його зберіганням, тобто термізація при 60–65 °С, містить ряд недоліків через фізико-хімічні зміни міцел казеїну, солей кальцію тощо.

Таку задачу можливо вирішити шляхом використання інновацій у сфері біо-технологічних рішень. Наприклад, культура GoodMilk від компанії Chr. Hansen містить штам *Lactococcus lactis subsp. lactis*, який відрізняється підвищеною здатністю до споживання кисню розчиненого в молоці [7, с. 7].

Постановка завдання. На прикладі виробництва йогурту, сирів Гауда та Моцарелла практично перевірити ефективність застосування інноваційних біо-захисних культур молочнокислих мікроорганізмів, які присутні на ринку України. Використовуючи порівняння органолептичних та інших споживчих властивостей молочних продуктів отримати дані щодо зміни якісних показників продукції протягом зберігання. На основі отриманих даних розробити рекомендації щодо застосування спеціальних культур у виробництві ферментованих молочних продуктів.

Виклад основного матеріалу. Для аналізу ефективності впливу нових додаткових бар'єрів у виробництві йогуртів було порівняно зразки вироблені шляхом сквашування молока йогуртовими культурами YF-L901 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) з додаванням та без біо-захисної культури FreshQ-4 (рисунок 2).

Таблиця 1

Чутливість деяких грамположитивних мікроорганізмів до нізину

Неспороутворюючі мікроорганізми	Спороутворюючі мікроорганізми
<i>Lactococcus lactis spp cremoris</i>	<i>Bacillus coagulans</i>
<i>Streptococcus agalactia</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<i>Streptococcus pyrogenes</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Stearothermophilus</i>
<i>Micrococcus luteus</i>	<i>Licheniformens</i>
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Clostridium botulynum</i>
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Clostridium sporogenes</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Clostridium butyricum</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Clostridium bifementum</i>
<i>Lactobacillus bucheri</i>	<i>Clostridium pasteurinicum</i>
<i>Lactobacillus mesenteroides</i>	<i>Clostridium thermosaccarolyticum</i>
<i>Leuconostoc oenos</i>	<i>Clostridium tyrobutyricum</i>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	
<i>Brevibacterium linens</i>	
<i>Listeria monocytogenes</i>	
<i>Listeria ivanovii</i>	
<i>Propionic bacteria</i>	

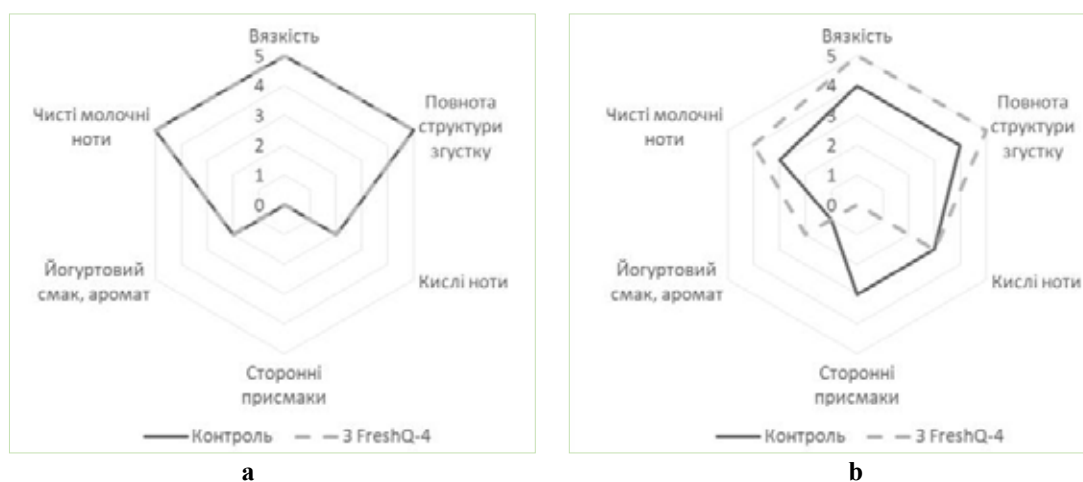


Рис. 2. Профілі споживчих характеристик зразків йогуртів після закінчення технологічного процесу виробництва (а) та після зберігання при 6 °С протягом 14 діб (б)

Зразки йогуртів були піддані органолептичній оцінці відразу після закінчення технологічного процесу виробництва, а також після зберігання при 6 °С протягом 14 діб. За результатами дегустації свіжих продуктів не було виявлено різниці в споживчих якостях. Після тривалого зберігання у зразка із застосуванням FreshQ параметри консистенції та йогуртового смаку залишились на високому рівні, подібному до такого ж і у свіжого йогурту. Контрольний зразок йогурту продемонстрував погіршення показників в'язкості, повноти структури згустку, чистих молочних нот і йогуртового смаку, суттєве збільшення показника відчуття сторонніх невластивих даному продукту присмаків. Такі зміни контрольного йогурту можна пояснити тим, що під час його зберігання відбувався розвиток сторонньої мікрофлори, такої як дріжджі та пліснява.

Таким чином, можна стверджувати, що застосування культури FreshQ у виробництві ферментованих молочних продуктів призводить до створення додаткових бар'єрів для розвитку небажаної мікрофлори, що дає змогу зберегти на високому рівні споживчі характеристики продукції навіть після тривалого зберігання.

Ефективність застосування культур, що продукують нізін, було продемонстровано під час виробництва твердого сиру із молока, яке містило визначену концентрацію спор шкідливої мікрофлори. Було проведено дві паралельні тестові виробки сиру Гауда з масовою часткою жиру в сухій речовині 48 %, молоко для яких було свідомо обнаселено спорами бактерій *Clostridium tirobutyricum* в концентрації 25 спор/100 мл [6, с. 17]. В одну із варок сиру, окрім основної стартової культури

ES-C501 було також додано культуру BioSafe BS-10. Параметри технологічного процесу виробництва та визрівання даних сирів були ідентичними і після закінчення процесу визрівання, який становив 4 місяці, зразки із обох варок були піддані оцінці та порівнянню за споживчими характеристиками (рисунок 3).

Малюнок сиру, виробленого із застосуванням захисної культури BioSafe містив декілька поодиноких вічок правильної округлої форми розміром 5–7 мм, що є типовим стандартом для даного сиру [8, с. 109]. Смак і аромат сиру чисті, без гіркоти і з вираженими вершковими нотами. Контрольний сир, який був вироблений без застосування додаткових захисних рішень, мав малюнок із великої кількості нерівномірно розподілених вічок, деякі з яких мали розмір понад 20 мм, що є вадою малюнку для сиру Гауда. Смак та аромат цього сиру мали типові ноти присутності масляної та оцтової кислот з гіркими та іншими сторонніми відтінками післясмаку.

Отже, застосування культур BioSafe, як додаткового інструменту у виробництві сиру із молока навіть із наявністю спор шкідливої мікрофлори, завдяки утворенню в процесі природної ферментації бактеріоцину нізину, дає змогу захистити продукцію від пізнього здуття, псування смаку та запаху у процесі визрівання.

Перевірка ефективності застосування GoodMilk була здійснена шляхом контрольного виробництва двох партій сиру Моцарелла із молока, одна із частин якого зберігалась 24 години при 8 °С, а інша – при тих же параметрах, а також із додаванням культури GoodMilk [7, с. 9]. Вміст розчиненого кисню у партії контрольного молока

через 24 години зберігання склав 6,8 мг/л, в той час як у молока із додаванням GoodMilk цей показник суттєво знизився і дорівнював лише 0,02 мг/л, що говорить про практично повне споживання O_2 культурою. Показник окисно-відновного потенціалу молока, яке зберігалось із культурою GoodMilk знизився в 1,8 рази до значення 250 мВ порівняно із показником контрольного молока, який дорівнював 450 мВ. Значення активної кислотності рН в обох зразках молока не змінилися, що свідчить про відсутність кислототворчої властивості даного штаму культури *Lactococcus lactis subsp. lactis* при зберіганні сирого молока за температури 8 °С навіть протягом 24 годин.

Органолептична оцінка та порівняння якісних показників зразків сиру Моцарелла, які були вироблені із таких партій молока та зберігалися 60 діб при 4–6 °С, показала значну відмінність як в консистенції сирів, так і в їх смакових профілях, як показано на наступній діаграмі (рисунок 4).

Контрольний зразок сиру отримав нижчу бальну оцінку таких смакових характеристик як «чисті молочні ноти», «вершкові ноти», значно гірші значення для «сторонні присмаки» та «гіркі ноти». Застосування GoodMilk дозволило зберегти на вищому рівні показники, які характеризують однорідність та щільність сирного тіста. Такі результати можуть свідчити про те, що додаткові бар'єри, створені культурною мікрофлорою, загальмували розвиток психрофілів під час холодного зберігання молока, тим самим захистив сир від погіршення його якості при зберіганні.

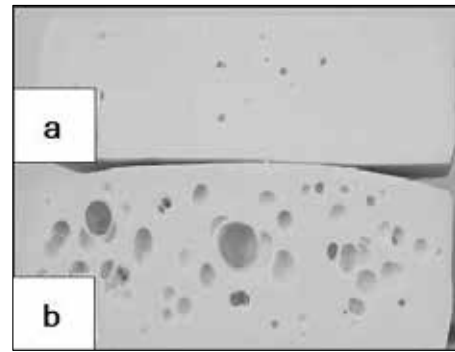


Рис. 3. Малюнок сирів Гауда 48 % жиру в С.Р., 4 міс. визрівання при 10–12 °С. Умовні позначення: а – сир із використанням культури BS-10; б – контрольний сир



Рис. 4. Органолептична оцінка зразків сиру Моцарелла

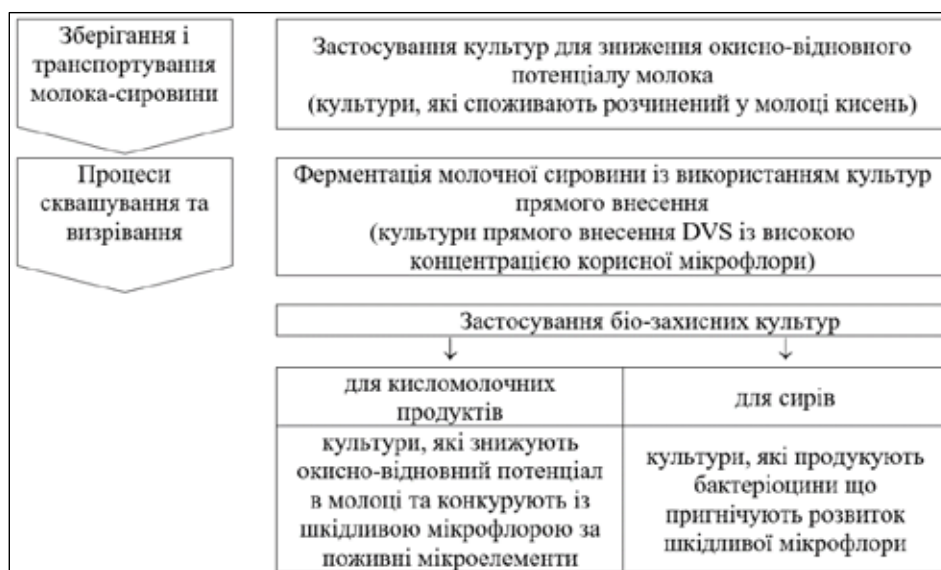


Рис. 5. Використання конкуруючої мікрофлори на різних етапах технологічного процесу виробництва ферментованих молочних продуктів

Висновки. Підсумовуючи вище перераховані переваги від використання спеціальних культур молочнокислих мікроорганізмів в якості конкурентної корисної мікрофлори для виробників ферментованих молочних продуктів та сирів, які ставлять своєю метою випуск натуральної продукції, можна рекомендувати наступну блок-схему організації технологічних процесів, як показано на рисунку 5. Використання конкуруючої мікрофлори в якості основного захисного біологічного бар'єру у виробництві ферментованих молочних продуктів дає змогу комплексно підійти до розробки та впровадження інноваційних технологічних рішень, які відкривають шлях до випуску безпечної, високоякісної та конкурентоспроможної продукції, яка відповідає глобальному споживчому тренду «Натуральність».

ристання конкуруючої мікрофлори в якості основного захисного біологічного бар'єру у виробництві ферментованих молочних продуктів дає змогу комплексно підійти до розробки та впровадження інноваційних технологічних рішень, які відкривають шлях до випуску безпечної, високоякісної та конкурентоспроможної продукції, яка відповідає глобальному споживчому тренду «Натуральність».

Список літератури:

1. Leistner L., Gould G.W. Hurdle technologies. Kluwer Academic. Plenum Publishers, New York, 2002
2. Goncalves A.A., Kechinski C.P., Olivera F.C. Hurdle technology in the food industry. Food Engineering, Nova Science Publishers, 2011.
3. Чагаровський О.П., Ткаченко Н.А., Лисогор Т.А. Хімія молочної сировини. Одеса : Сімекс-прінт, 2013.
4. Бергілевич О.М., Касянчук В.В., Салата В.З. та ін. Суми : Університетська книга, 2000.
5. Tamime A. Y., Robinson R. K. Yoghurt. Science and Technology. Woodhead Publishing Ltd., 2000
6. New BioSafe culture range for natural ripened cheese. Матеріали компанії Chr.Hansen A/S. www.chr-hansen.com
7. Dvs GoodMilk. Elevate your cheese making naturally. Матеріали компанії Chr.Hansen A/S. www.chr-hansen.com
8. Codex Alimentarius. Codex Standard for Gouda. CODEX STAN 266-1966

Chaharovskiy O.P., Lukashchuk A.V. COMPETITIVE FLORA AS A MAIN BIOLOGICAL HURDLE IN PRODUCTION FERMENTED MILK PRODUCTS WITH PROLONGED SHELF LIFE

*The article reviews the principles and approaches to the construction of biological hurdles that prevent growth of food microbiological spoilage. A list of the main barriers (low and high temperatures, acidity, competitive flora, water activity, redox potential etc.) which are important for the production of fermented dairy products with prolonged shelf life is given. The main attention of this article is focused on the "competitive flora" hurdle due to not enough learned big influences of this hurdle on the quality and safety of fermented dairy products what slows down implementation in the domestic dairy industry. In addition, this hurdle, as an object of this article research was chosen due to its compliance with current global market trends, such as "naturalness" and "clean label". To solve the problems associated with extending dairy products shelf life popular methods such as strict heat treatment levels and the use of preservatives do not often allow achieving desired results and not response to mentioned trends and demands of modern food market. The goal of the research was to study some features of lactic acid bacteria strains (*Lactococcus lactis* ssp., *Lactobacillus* ssp.), which are offered on the Ukrainian market by large western companies (Chr.Hansen, Danisco etc.), which are the largest global producers of starter cultures for dairy. Such properties of lactic acid bacteria strains as fast nutrients and microelements consumption, decreasing of redox potential, antimicrobial substances formation during fermentation process etc. used as an additional hurdle tool in the fermented dairy products technologies. Given examples of bio-protective cultures use for the raw milk storage, for the production of yogurts and for the production cheeses such as Gouda and Mozzarella. Compared consumer properties of dairy products made with innovative lactic acid bacteria cultures with traditional similar products made without such additional solutions. Developed basic recommendations how to use competitive flora to build biological hurdles in modern fermented dairy products technologies.*

Key words: milk, yoghurt, cheese, hurdle technologies, competitive flora, food safety, clean label.