

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

DOI: 10.31319/2519-2884.44.2024.23

УДК 637.3(477)

Корнієнко І.М.¹, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-3872-0957,
e-mail: irina.kornienko.1979@gmail.com

Гуляєв В.М.², д.т.н., професор, ORCID: 0000-0002-4991-6250, e-mail: vgulyaev@dnepro.net

Непошивайленко Н.О.², к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0003-0759-2451, e-mail: nna2013@ukr.net

Кузнєцова О.О.¹, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-1786-314X,
e-mail: olena.kuznietsova@npp.nau.edu.ua

Гаркава К.Г.¹, д.б.н., ORCID: 0000-0003-0874-8315, e-mail: kateryna.harkava@npp.nau.edu.ua

Анацький А.С.², к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0001-5689-7660, e-mail: asanatsky@ukr.net

Ястремська Л.С.¹, к.с.-г.н., доцент, ORCID: 0000-0002-5832-0360,
e-mail: larysa.yastremaska@npp.nau.edu.ua

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Korniienko Iryna, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of Biotechnology Department

Gulyaev Vitalii, Doctor of engineering sciences, Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies, rector

Neposhyvailenko Natalia, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of Department of Ecology and Environmental Protection

Kuznietsova Olena, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of Biotechnology Department

Harkava Kateryna, Doctor of Biological Sciences, Senior Research Fellow, Head of the Biotechnology Department

Anatskyi Andrii, Candidate of engineering sciences, Associate Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies

Yastremska Larysa, PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Associate Professor of Biotechnology Department

¹National Aviation University, Kyiv

²Dniprovsky State Technical University, Kamianske

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ЛАКТУЛОЗИ НА ТИТР ЖИТТЄЗДАТНИХ
МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ У СКЛАДІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО
ПРОДУКТУ ХАРЧУВАННЯ**

Розроблено покращену технологічну карту виробництва розсільного сиру типу «Бринза», яка складається з наступних етапів: збір молока та оцінка його якості; пастеризація молока (при температурі 85 °C); охолодження молока (до температури 33 °C); внесення пробіотичної закваски на основі чистих культур молочнокислих бактерій (біопрепарат торгівельної марки «Vivo»), до складу якої входять термофільні лакто-, біфідобактерії та молочні стрептококи; збагачення сировини пребіотиком — внесення лактулози у кількості 5 % відносно загального об'єму молока; внесення сичужного ферменту; обробка сирного згустку та формування сиру; соління.

Ключові слова: ферментація; молочнокислі бактерії; сирний згусток; органолептичні показники; мікробіологічні показники; лактулоза; лактоза.

An improved technological map of the production of "Brynza" type salted cheese has been developed, which consists of the main stages: milk collection and assessment of its quality; pasteurization of milk (at a temperature of 85 °C); cooling of milk (to a temperature of 33 °C); introduction of probiotic starter based on pure cultures of lactic acid bacteria (biopreparation of the trademark "Vivo"), which includes thermophilic lacto-, bifidobacteria and lactic streptococci; enrichment of raw materials with prebiotics introduction of lactulose in the amount of 5 % relative to the total volume of milk; introduction of rennet (pepsin); cheese curd processing and cheese formation; pickles.

Keywords: fermentation; lactic acid bacteria; curd; organoleptic indicators; microbiological indicators; lactulose; lactose.

Постановка проблеми

У Європі та США широкого поширення набуває концепція функціонального харчування, котра базується на аспектах сучасної біотехнології. Наукові дослідження в області функціонального харчування спрямовані на підтримку здоров'я та створення умов для зниження ризику захворювань, особливо серцево-судинних, деяких видів раку, алергій, а також проблем з кишечником. Нажаль, за даними Державної статистичної служби України щодо оцінки стану здоров'я підлітків, за останні роки спостерігається зростання загальної кількості захворювань шлунково-кишкового тракту. За останній рік експерти ВООЗ фіксують у дітей захворювання в структурі гастроентерологічної патології шлунку, яка складає 50—60 % від загальної кількості дітей [1, 2].

Актуальністю сьогодення можна вважати проблематичне питання щодо забезпечення населення якісними функціональними продуктами харчування з високою поживною та біологічною цінністю, особливо ті, які збагачені про- та пребіотиками. Пробиотична концепція на сьогоднішній день є провідною при призначенні бактерійних препаратів для профілактики, діагностики та лікування інфекційних хвороб та порушень природної екології організму. Функціональні продукти харчування, що містять пробіотики, займають особливе положення між звичайними харчовими продуктами та лікарськими засобами.

Великої популярності серед споживачів різної вікової категорії набувають розсільні сири типу «Бринза». Розсільні сири одержують шляхом концентрування та біотрансформації компонентів молока під дією ферментів, органічних кислот, молочнокислих бактерій (МКБ) та технологічних підходів. Володіючи високою поживною та біологічною цінністю, збалансованим складом, широким спектром органолептичних показників, сир відноситься до найбільш поширених продуктів харчування з дієтичними властивостями. Крім того, він досить легко перетравлюється та майже повністю засвоюється (95—97 %). Поживна цінність сиру обумовлена високою концентрацією тваринного білка і молочного жиру, наявністю незамінних амінокислот (триптофану, лізину, метіоніну), органічних кислот, вітамінів групи А та В, солей кальцію і фосфору, які необхідні для нормального розвитку організму кожної людини, особливо підростаючого покоління [3].

Враховуючи необхідність розширення асортименту якісних функціональних пробіотичних продуктів харчування на ринку України, актуальною та значимою прикладною біотехнологічною задачею є оптимізація рецептури виготовлення розсільних функціональних сирів з підвищеним титром життєздатних молочнокислих бактерій, адже їх високі органолептичні показники, харчова та біологічна цінність свідчить про перспективність та доцільність виробництва в умовах крафтових підприємств, враховуючи високу засвоюваність білка (99 %) та жирів (96 %) організмом людини, що дозволяє віднести даний продукт до категорії дієтичних та функціональних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Усі функціональні харчові продукти відповідно до класифікації Американської академії харчування та дієтології можна розділити на три основні категорії.

1. Традиційні продукти харчування, які містять натуральні біоактивні харчові сполуки. До них належать більшість овочів, фруктів, злаків, молочних продуктів, риби та м'яса, які переважають в раціоні харчування людини.

2. Модифіковані харчові продукти, покращені внаслідок збагачення біоактивними харчовими сполуками.

3. Синтетичні харчові інгредієнти, зокрема, вуглеводи, що не засвоюються організмом, які забезпечують продукту пребіотичні властивості, наприклад, олігосахариди, неперетравлюваний крохмаль, висівки або шроти [4].

Спектр завдань, для вирішення яких призначені функціональні харчові інгредієнти в раціонах харчування, досить широкий. До найважливіших можна віднести:

1) заповнення дефіциту білка в раціонах харчування та окремих незамінних амінокислот, ліпідів, жирних кислот, вуглеводів та вітамінів, макро- і мікроелементів та інших біоактивних сполук;

2) регулювання калорійності раціону, що впливає на апетит та масу тіла;

3) підвищення імунітету організму до різних інфекцій, зниження ризику розвитку захворювань та порушень обміну речовин;

4) підтримання фізіологічного гомеостазу та нормальних функцій організму;

5) зв'язування та виведення чужорідних речовин, токсинів та алергенів;

6) підтримання природного складу та функціональної активності мікрофлори кишечника.

У 2001 році на конференції ФАО/ВООЗ визначено, що «Пробіотики — це живі мікроорганізми, які при введенні в адекватних кількостях приносять користь здоров'ю організму господаря». На думку медиків, при введенні в організм пробіотиків, відбувається зміна ендogenous мікрофлори, що призводить до її розвитку в природному напрямку, і тим самим, виявляються сприятливі ефекти на фізіологічні функції та біохімічні реакції організму господаря [5, 6]. Пробіотики віднесено до складу функціональних харчових інгредієнтів, які містять спеціально виділені штами непатогенних та нетоксикогенних живих мікроорганізмів, що сприятливо впливають на організм людини. Як пробіотики, застосовуються штами бактерій, дріжджів та грибів, які різняться за фізіологічними, морфологічними та іншими ознаками.

Механізми дії пробіотиків на організм господаря можна класифікувати наступним чином:

1) модулювання вродженого та набутого імунітету, що важливо для профілактики і лікування інфекційних захворювань, а також лікування хронічних запалень травного тракту і його окремих частин; доведено, що пробіотики відіграють роль у проліферації та диференціюванні епітеліальних клітин, а також у розвитку і гомеостазі імунної системи;

2) вплив пробіотичних мікроорганізмів на інші мікроорганізми — коменсальні та/або патогенні, що важливо для профілактики і лікування інфекцій, а також відновлення мікробної рівноваги в кишечнику;

3) вплив на інші мікробні продукти, в тому числі токсини, метаболіти людини, наприклад, солі жовчних кислот, що призводить до інактивації токсинів і детоксикації компонентів їжі у кишечнику.

Роль пробіотиків в оздоровленні людини, як і їхня ефективність, показана в багатьох дослідженнях, особливо при лікуванні кишкових розладів. У деяких роботах показана їх здатність інгібувати колонізацію шлунку та активність бактерій *Helicobacter pylori*, які викликають гастрит, виразкову хворобу шлунку і рак. Доведено, що пробіотики знижують ризик розвитку деяких видів раку та гіпертонії, регулюють стан сечостатевого тракту. Іноді, пробіотики беруть участь у процесах, які організм людини неспроможний регулювати, зокрема, поповнення дефіциту лактази при травленні [7].

Велике значення для організму людини становлять пребіотичні компоненти. До пребіотиків відносять речовини, які не перетравлюються організмом людини через відсутність у ньому ферментів, що здатні їх розщеплювати, проте вибірково стимулюють ріст та активність захисної мікрофлори кишечника (особливо молочнокислих бактерій) і покращують таким чином його здоров'я.

Людський організм не розщеплює лактулозу, оскільки не має відповідних ферментів. Отримують лактулозу шляхом ізомеризації лактози, яка виділяється з молочної сироватки, через що речовина має легкий солодкуватий присмак. Основним джерелом потрапляння лактулози до організму людини є функціональні продукти харчування, котрі збагачені даним пребіотиком, або пробіотичні фармацевтичні синбіотики. У невеликих дозах лактулоза підходить для збагачення молочної продукції, дитячих каш, мюслів, дієтичних функціональних хлібобулочних виробів спеціалізованого призначення — для хворих на діабет.

Під час оцінки якості розсільних сирів враховують наступні фактори:

а) тип молока (коров'яче, овече, козяче, тощо) та його санітарну обробку пастеризацією, додаванням антибіотиків або консервантів;

б) якість молока (вміст білків, жирів, сторонньої мікрофлори), сичужного ферменту та закваски (титр молочнокислих бактерій);

в) виконання певної послідовності та умов технологічного процесу виготовлення.

Велике значення в технології виробництва розсільного сиру відіграють солі натурального молока, особливо кальцію. Вирішальне значення має санітарна якість сировини, тобто його нормальна мікрофлора за умови відсутності патогенних культур мікроорганізмів [9, 10].

Однією із головних складових, яка входить до переліку компонентів з виробництва сичужних сирів та приймає участь у формуванні органолептичних показників якості, а також, ступеню його дозрівання є заквасочні культури (консорціум молочнокислих бактерій), котрі сприяють процесам ферментації лактози (натуральний молочний цукор), що робить даний продукт придатним для споживання категоріями населення, які мають непереносимість лактози [11].

В природних умовах (у повітрі, сирому молоці, воді) міститься велика кількість різних бактерій, у тому числі, дикорослі МКБ. Однак, в технології виробництва розсільних сирів використовуються тільки певні чисті культури молочнокислих бактерій задля отримання продукту відповідної якості, яка регламентується ДСТУ [12, 13].

Молочнокислі бактерії (МКБ) — специфічна група мікроорганізмів (гомо- та гетероферментативних), що здійснюють молочнокисле бродіння, тобто розкладають вуглеводи молока (лактозу) до молочної кислоти. Разом із основним продуктом бродіння — молочною кислотою, утворюються побічні продукти: оцтова кислота, вуглекислий газ, ароматичні речовини, етиловий спирт, вітаміни та ін. Відповідно до класифікації бактерій за класифікатором Берджи, МКБ належать до прокариот (*Prokaryotae*), відділу *Bacteria*, класу МКБ (*Eubacteriales*), родин *Streptococcaceae* (молочнокислі стрептококи та лейконостоки) та *Lactobacillaceae* (молочнокислі палички). МКБ синтезують у кишечнику людини органічні кислоти, ферменти, бактеріоцини і вітаміни, необхідні для перетравлення їжі. Вони входять до складу мікрофлори кишечника. У кишечнику лактобактерії сприятливо впливають на обмін вуглеводів, стабілізують клітинні мембрани, регулюють електролітний баланс і беруть участь у синтезі вітамінів групи В.

Заквасочні культури МКБ в процесі ферментації молока сприяють нарощуванню кислотності, а також, регулюючи кількість кальцію в молоці, підвищують активність коагуляційного процесу, від якого залежить якість сирного тіста [10].

В роботі [11] показано результати виділення, ідентифікації та дослідження властивостей штамів молочнокислих бактерій, перспективних для виробництва твердих сичужних сирів, які можна віднести до терморезистентних, оскільки досліджені культури вводилися до нагрітого молока із перевищеною температурою. З природних джерел (молоко, вершки, домашні сири, квашена капуста) отримано близько 50 ізолятів лактобактерій. На підставі культурально-морфологічних ознак та дослідження фізіолого-біохімічних властивостей згідно з визначником бактерій Берджи виділені штами віднесені до видів *Lactobacillus casei ssp. casei*, *Lactobacillus casei ssp. rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis ssp. lactis*.

Матеріалами досліджень слугувала бактеріальна закваска для твердих сирів, виготовлена на основі сухого бактеріального концентрату на основі лактобактерій [10]. Автором [11] представлено покращені підходи щодо ферментації сиру в середовищі кислої сироватки, заквашеної чистими культурами *Str. thermophilus* і *L. bulgaricum* у співвідношенні 1:1. Дана технологія дозволяє підвищити харчову і біологічну цінність сиру, поліпшити його консистенцію, збільшити термін зберігання.

Авторами робіт [14—18] висвітлено особливості технології виробництва м'якого сичужного сиру на основі якісного молока (без додавання консервантів), закваску і сичужний фермент.

Формування мети дослідження

Метою роботи є дослідження впливу збагачення молока пребіотиком лактулозою в рецептурі функціонального розсільного сиру «Бринза» на титр життєздатних клітин МКБ.

Об'єктом дослідження слугувала технологія отримання розсільного сиру «Бринза», предметом — органолептичні та мікробіологічні показники якості виготовленого продукту.

Задачі дослідження:

- проаналізувати вимоги до технології виготовлення розсільного сиру «Бринза» та показників його якості;
- удосконалити технологічну карту виготовлення розсільного сиру «Бринза» за рахунок додавання пребіотику лактулози;
- провести оцінку виготовлених зразків розсільного сиру за органолептичними та мікробіологічними показниками;
- надати рекомендації щодо рецептури та вибору сировини для виготовлення розсільного сиру «Бринза» з підвищеним титром молочнокислих бактерій.

Виклад основного матеріалу

Методологія експерименту полягала у визначенні титру МКБ, а також, впливу лактулози та умов пастеризації молока на якісні характеристики сиру «Бринза», які досліджували за загальноприйнятими методами — органолептичними (форма, вага готового продукту, зовнішній стан, колір, консистенція, малюнок, смак і запах) та мікробіологічними (титр життєздатних клітин МКБ). Титр МКБ у зразках сичужного сиру «Бринза» за розробленою технологією встановлювали шляхом підрахунку колоній на щільному поживному середовищі — молочному агарі. Культивування виділених культур МКБ проводили в термостатних умовах при температурі 37 °С упродовж 24 годин. Морфологічну оцінку МКБ проводили шляхом мікроскопіювання зразків, попередньо пофарбованих метиленовим синім.

Спираючись на отримані результати досліджень, розроблено покращену технологічну карту виготовлення сиру «Бринза», яка складається з наступних етапів [16, 17]:

- збір молока та оцінка його якості (густина — не нижче 1,0 г/см³, кислотність — не вище 18 °Т, мікробіологічна чистота — 1 група);
- випробування технології виробництва сиру, використовуючи режим пастеризації молока (при температурі 85 °С) в порівнянні з його відсутністю, тобто, використання молочної сировини без теплової обробки;
- охолодження молока до температури 33 °С за умови його пастеризації;
- внесення пробіотичної закваски на основі чистих культур молочнокислих бактерій (біопрепарат торгівельної марки «Vivo»), до складу якої входять термофільні лакто-, біфідобактерії та молочні стрептококи;
- збагачення сировини пребіотиком — внесення лактулози у кількості 5 % відносно загального об'єму молока;
- внесення сичужного ферменту (пепсину);
- обробка сирного згустку та формування сиру;
- соління.

Для розсільного сиру «Бринза» характерна технологічна рецептура, в якій враховуються кількісні показники інгредієнтів та тривалість етапів технологічного процесу.

Джерелом МКБ є закваска відомої торгівельної марки «Vivo», яку також (згідно рекомендацій виробника) можна використовувати у якості фармацевтичного препарату для лікування захворювань шлунково-кишкового тракту та під час антибіотикотерапії. Дана закваска містить чисті культури МКБ: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis*. Для осадження казеїну молока обрано ферментний препарат «Мейто» (Японія), що згортає молоко для утворення сиру, — універсальна грибна закваска, яка містить харчовий пепсин — фермент природного походження, отриманий шляхом культивування грибу *Rhizomucor miehei*. Для виготовлення сиру (відносно усіх зразків 1—6) використано однакове дозування ферменту, яке рекомендовано виробником — 1 г на 100 л молока.

Для приготування сиру використано базові технологічні підходи, але удосконалена рецептура — з додаванням пребіотика лактулози [18]. Загальний вигляд окремих зразків сиру представлено на рис. 1, 2. Результати оцінювання якості шести зразків сиру «Бринза» представлено в табл. 1.

Аналізуючи отримані результати, можна стверджувати, що для виготовлення сиру «Бринза» необхідно використовувати виключно пастеризоване молоко, що підтверджено власними дослідженнями (рис.1, а). Для успішного осадження казеїну молока необхідно додавати такі компоненти — закваска, лактулоза, пепсин, що дозволяє отримувати щільне сирне тісто без дефектів та відповідної консистенції (рис. 2). Оскільки лактулоза володіє високою водопоглинальною здатністю, її додавання до рецептури розсільного сиру «Бринза», як видно з рис. 1 (а), сприяє формуванню правильного сирного тіста з гладкою поверхнею та рисунком, що не можна сказати про зразок, наведений на рис. 2 (а), а також покращенню процесу ферментації лактози. Завдяки додаванню лактулози у кількості 5 % від використаного об'єму молока, сир «Бринза» має солодкуватий присмак, що може сподобатися зростаючому поколінню. Перевагою щодо використання лактулози порівняно з іншими цукрами є те, що вона не призводить до збільшення рівня глюкози в крові, також її калорійність дорівнює нулю, що є особливо важливим

для хворих на цукровий діабет. Оцінюючи казеїновий згусток за зовнішнім виглядом, для зразку без додавання закваски із симбіозу МКБ (рис. 2, б), видно, що симбіоз МКБ суттєво впливає на органолептичні показники якості сиру, тому заквасочну культуру необхідно додавати до рецептури сичужних сирів обов'язково. Використання якісної закваски МКБ, лактулози у кількості 5 % відносно об'єму молока, сприяло інтенсифікації молокозгортальної активності, що підтверджується скороченням часу утворенню сирного тіста на 2 години порівняно з дослідними зразками (без додавання лактулози). Також, відмічене покращення структурно-механічних показників готового продукту (рис. 1, а).

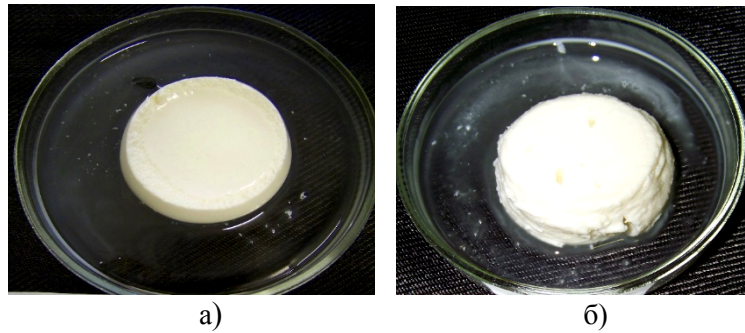


Рис. 1. Зразки казеїнових згустків: а — фермерське молоко (пастеризація), пробіотичний біопрепарат, пребіотик лактулоза, пепсин; б — фермерське молоко (без пастеризації), пробіотичний біопрепарат, пребіотик лактулоза, пепсин

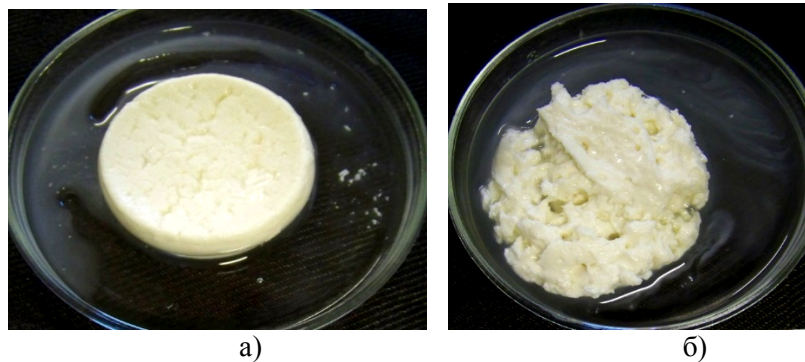


Рис. 2. Зразки казеїнових згустків: а — фермерське молоко (пастеризація), пробіотичний біопрепарат, пепсин, без додавання лактулози; б — фермерське молоко (пастеризація), пребіотик лактулоза, пепсин, без додавання пробіотичного препарату

Як видно табл. 1, під час використання пастеризованого молока відмічається збільшення маси сирних згустків дослідних зразків (4—6) порівняно із зразками сирного тіста (1—3), які отримано на основі непастеризованого молока. Навіть при додаванні збільшеної вдвічі дози ферменту «Мейто» не відбулось збільшення виходу сиру по масі, що свідчить про технологічні втрати казеїну молока, який не згорнувся. Це пояснюється тим, що на перебіг процесу осадження казеїну молока впливає стороння мікрофлора, яка присутня в усіх зразках молока без пастеризації. Сичужний фермент (пепсин), який використовується на основному етапі виробництва сирів, відщеплює залишки казеїну з поверхні міцел. Це призводить до втрати їх розчинності та початку агрегації з подальшим утворенням згустку, який потім оцінювали. Встановлено, що процес пастеризації позитивно впливає на згортання казеїну молока, який перетворюється у сирний згусток, тому отримані зразки № 4—6 мають більшу масу порівняно зі зразками 1—3 на 9, 8 та 11 % відповідно. Під згортанням молока розуміють процеси коагуляції казеїну та утворення молочного гелю. Будова казеїну така, що за ферментативне згортання «відповідальний» тільки один пептидний зв'язок в білковій молекулі. Розрив білкової молекули з цього ключового зв'язку призводить до згортання молока.

Таблиця 1. Оцінка якості дослідних зразків розсільного сиру типу «Бринза»

Номер зразка сиру	Позначення зразка	Молоко (пастеризація)*	Кількість молока, л	pH молока	Пробиотичний біопрепарат (закваска Віво)	Лактулоза, 5%	Перший нагрів °С	Другий нагрів °С	pH сирного згустку після відділення сироватки	Вихід продукту, г
Зразок №1	1.1	Ф/–	3	6,5	+	–	31	39	6,38	605
Зразок №2	1.2	Ф/–	3		–				6,46	561
Зразок № 3	1.3	Ф/–	3	6,5	+	+	31	39	6,32	640
Зразок №4	2.1	Ф/+	3	6,5	+	–	31	39	6,33	659
Зразок №5	2.2	Ф/+	3		–				6,45	607
Зразок №6	2.3	Ф/+	3	6,5	+	+	31	39	6,3	710

Примітка. Тип молока: Ф — фермерське; пастеризація: «+» — пастеризоване, «–» — непастеризоване

За результатами, наведеними в табл. 1, встановлено, що використання закваски МКБ призводить до збільшення виходу готового продукту відносно зразків 1, 3, 4 та 6 порівняно зі зразками 2 і 5 в середньому на 43 г, що зумовлено більшим накопиченням молочної кислоти чистими культурами МКБ, які внесено з обраною закваскою чистих культур МКБ, що також підтверджено результатами експерименту відносно зміни концентрації водневих іонів в сирному тісті (табл.1). Зовнішній вигляд виробу з додаванням закваски відповідає стандарту ДСТУ 7065:2009, що неможливо сказати про зразок 2 (б), який не має відповідної консистенції, привабливого зовнішнього вигляду, форми та рисунку.

Дослідні зразки оцінено за органолептичними показниками згідно норм ДСТУ 7065:2009 (табл. 2).

Таблиця 2. Вимоги до органолептичних показників сиру «Бринза» ДСТУ 7065:2009 [12, 16]

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Кірка відсутня, поверхня чиста, рівна з (або) без відбитків серп'янки чи перфорації. Дозволена незначна деформація головки
Смак і запах	Чистий кисломолочний, в міру солоний, без сторонніх присмаків та запахів. Для бринзи з коров'ячого та овечого молока — незначний присмак, властивий для овечого молока. Кисломолочний, солоний, властивий для овечого молока. Для бринзи з наповнювачами — з присмаком наповнювачів
Консистенція	Пластична, в міру щільна. Тісто бринзи злегка ламке, не крихке
Рисунок	Відсутній або вічки неправильної, щілиноподібної форми
Колір	Від білого до слабо-жовтого, однорідний за всією масою чи обумовлений кольором внесених наповнювачів
Форма головки бринзи	Округла, брусок, низький циліндр та інші

Зразок сирного тіста 6 (рис. 1, а) вигідно відрізняється від інших дослідних зразків 1—5 за зовнішнім виглядом, оскільки за органолептичними показниками повністю відповідає ДСТУ 7065:2009 (табл. 2): поверхня згустку глянцева, без відділення сироватки; консистенція однорідна, смак чистий, ніжний, відчутно кисломолочний, присмак злегка солодкуватий, колір білий, рівномірний по всій масі. Бринза, виготовлена за довершеною технологією з додаванням лактулози, володіє перевагами: покращеними органолептичними властивостями (табл. 2), приємним солодкуватим присмаком та підвищеною антагоністичною активністю (за рахунок збільшення титру МКБ) щодо збудників кишкових інфекцій, результати досліджень представлено в [19]. Отриманий продукт нормалізує обмін речовин (оскільки містить пребіотик лактулозу і пробіотики) та покращує процес перетравлювання. Даний функціональний продукт рекомендований ВООЗ до вживання хворим на захворювання серцево-судинної, нервової та ендокринної системи, сприяє очищенню кишківника від хвороботворної та гнилісної мікрофлори, володіє антисклеротичною дією, сповільнює процеси старіння організму.

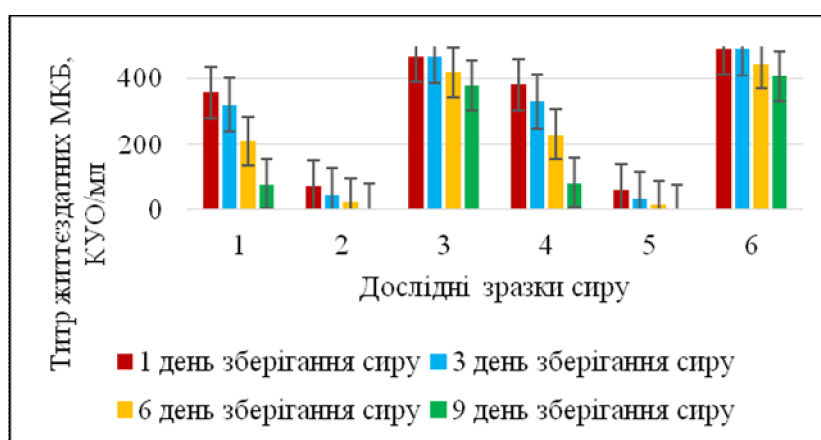


Рис. 3. Результат визначення титру життєздатних МКБ у дослідних зразках сиру типу «Бринза» при зберіганні від 1—9 діб

Аналізуючи представлені результати досліджень (рис. 3) видно, що найбільша кількість життєздатних МКБ характерна для зразків сиру з додаванням пребіотику лактулози (зразки 3, 6). Також, завдяки додатково введеному субстрату (лактuloзі) відбувається підтримка життєздатності МКБ упродовж 9 діб зберігання на максимально можливому рівні (не нижче ніж 378 та 408 КУО/мл для зразків 3 та 6). Для зразків сиру «Бринза» (2, 5) чисті культури МКБ у вигляді біопрепарату не додавалися взагалі. Але, під час вивчення морфологічних характеристик виділених культур встановлено, що колонії, які виростили на поживному молочному агарі, відносяться до дикорослих культур МКБ, які характерні для нормальної мікрофлори молока і присутні в навколишньому природному середовищі, що не суперечить загальноприйнятим положенням. При цьому найбільша інтенсивність зростання МКБ досягається у зразку № 2 (непастеризоване молоко без внесення закваски) порівняно зі зразком № 5 (пастеризоване молоко без внесення закваски). Цей факт пояснюється тим, що в непастеризованому молоці вже присутні дикорослі МКБ, а зразок 5 вони заселяють з часом. На 9 добу зберігання для зразків 1—6 відмічається зниження титру МКБ, але для зразків з додаванням лактулози (3, 6) це не настільки суттєво. Значний спад титру життєздатних МКБ зафіксовано для зразків без додавання лактулози (1, 2, 4, 5), що зумовлено зниженням концентрації субстрату для їх розвитку та життєдіяльності в зразках сиру у вигляді молочного цукру лактози, який міститься в будь-якому молоці. Зразки 2, 5, до яких не додавалися чисті культури МКБ та лактулоза, на 9 добу зберігання суттєво втратили титр життєздатних дикорослих культур МКБ.

Беручи до уваги вище наведені результати досліджень органолептичних та мікробіологічних показників, встановлено: дослідний зразок 6 розсільного сиру типу «Бринза», виготовлений за оптимальною рецептурою — пастеризоване молоко, закваска, лактулоза та фермент, володіє

високими якісними характеристиками та максимальним виходом готового продукту по масі (табл. 1). При цьому слід брати до уваги, що на 9 добу зберігання зразків сиру 1, 3, 4 та 6 споживач отримує якісний продукт, який характеризується відсутністю патогенних культур мікроорганізмів, що зумовлено високим титром МКБ, оскільки молочнокислі бактерії володіють антагоністичною активністю по відношенню до багатьох патогенних та умовно патогенних культур.

Висновки

Проаналізовано основні вимоги до виготовлення розсільних сирів та визначено перелік основних технологічних операцій щодо технологічних етапів процесу. Розроблено покращену технологічну карту виготовлення сиру типу «Бринза» з обґрунтуванням перспективи використання пребіотику лактулози у кількості 5 % від загального об'єму молока у комплексі з якісним пробіотичним препаратом — джерелом чистих культур МКБ разом з ферментом пепсином задля отримання відповідних органолептичних та мікробіологічних показників якості готового продукту.

Результатами експериментів підтверджено, що серед дослідних зразків (1–6), зразок 6, виготовлений за покращеною технологією, відповідає необхідним показникам якості, які висуваються до розсільного сиру «Бринза», а саме, зразок сиру з додаванням лактулози в повній мірі відповідає вимогам Національного стандарту України ДСТУ 7065:2009 за органолептичними та мікробіологічними показниками відповідно.

Розроблено покращену технологічну карту виготовлення розсільного сиру та запропоновано удосконалену рецептуру розсільного сиру типу «Бринза» з додаванням лактулози в кількості 5% від загального обсягу молока, що позитивно вплинуло на якісні та кількісні показники якості розсільного сиру «Бринза».

Виявлено, що смакові якості не суттєво залежать від підготовчої стадії — пастеризації молока.

Процес пастеризації молока сприяє утворенню кращого сирного згустку, більшого виходу готового продукту (по масі) на 8–11 % (в залежності від додавання певних компонентів), отже пастеризація молока підвищує рентабельність виробництва та забезпечує мікробіологічну стійкість сиру «Бринза».

З'ясовано, що найбільший титр молочнокислих бактерій характерний для зразків сиру, виготовлених з внесенням якісної закваски та лактулози (зразок 6). При цьому титр МКБ, представлений культурами *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis* залежить від терміну зберігання сиру (найбільший титр МКБ відмічається на першу добу зберігання для всіх шести зразків). На 9 добу спостережень виявлено суттєве зниження титру МКБ, що пояснюється лімітацією субстрату — молочного цукру (лактози) для зразків 1, 2, 4, 5 та лактози і лактулози — для зразків 3 і 6 відповідно. Результати досліджень свідчать про доцільність використання лактулози у складі рецептури розсільного сиру, оскільки на дев'яту добу його зберігання максимальна кількість МКБ зафіксована у дослідному зразку 6 і відповідає титру 408 КУО/мл.

Враховуючи те, що отриманий продукт характеризується високою біологічною цінністю, а також якісним складом нутрієнтів, біологічних агентів — пробіотиків та пребіотиків, його можна віднести до функціонального, а інтенсивний розвиток харчової біотехнології сприятиме підвищенню рівня наукових досліджень в області харчового інжинирингу, що дозволить наповнити ринок України здоровими продуктами харчування для щоденного споживання. Розширення на ринку України асортименту функціональних харчових продуктів сприятиме зниженню ризику розвитку окремих хвороб, особливо на шлунково-кишковий тракт, а також знизить рівень соціально-економічних збитків.

Список використаної літератури

1. Neposhyvaylenko N., Kornienko I. Current problems of individual health of adolescents and the use of modern food biotechnology to solve them. Collective Monograph: Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Lublin: Universiti of life sciences in Lublin. 2020. P. 391–409.

2. Довідник «Показники здоров'я населення. Стан здоров'я дітей 0-17 років включно (педіатрія) 2014–2018 pp» URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/MMXIV.html> (дата звернення 01.04.2024).
3. Бойко В.Ю. Удосконалення технології розсільного сиру // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти. Біла Церква, 19 травня 2022 р. С. 166.
4. Mellentin J., Heasman M. The functional foods revolution: healthy people, healthy profits. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781849776165/functional-foods-revolution-julian-mellentin-michael-heasman> (дата звернення 01.04.2024).
5. Report of a Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food. URL: <https://www.iqb.es/digestivo/pdfs/probioticos.pdf> (дата звернення 02.04.2024).
6. Snigdha M., Debapriya M., Swati M. Applications of Probiotics as a Functional Ingredient in Food and Gut Health. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2019. Vol.7, No 3. P.213–223.
7. Aiba Y. Lactic acid-mediated suppression of *Helicobacter pylori* by the oral administration of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in a gnotobiotic murine model. *The American journal of gastroenterology*. 1998, Vol.93, No 11. P. 2097–2101.
8. Korniienko I., Lutsenko O., Isaienko V., Baranovskyi M., Anatskyi A., Laricheva L. Optimization of technological parameters of nutrition mixture fermentation process with the use of spline interpolation. *Chemistry and Technologies*. 2021. Vol. 29, No 1. P.118–136.
9. Турчин І.М. Твердий сир. Харчові, поживні, лікувальні властивості сиру. Технологія виробництва сирів. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2003. №2. С.12–19.
10. Цісарик О.Й. Підбір мікробіальних культур для виробництва розсільного сиру бринза. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2012. №3. С.45–57.
11. Цісарик О.Й., Сливка І.М., Мусій Л.Я. Дослідження впливу складу захисного середовища на збереження життєздатності ліофілізованих бактерій *L. lactis* та *L. plantarum*, виділених із традиційної карпатської бринзи. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького*. Серія: Харчові технології. Львів, 2017. №75. С. 29–34.
12. Державні санітарні правила для молокопереробних підприємств (розділ «Гігієна харчування»): ДСП 4.4.4.011-98. [Чинний від 1998-09-01]. Київ: Державні санітарні правила і норми України, 1998. 38 с.
13. ДСТУ 7065:2009. Загальні технічні умови. Бринза. [Чинний від 2009-10-05]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
14. Губа С.В., Марченко М.М. Удосконалення технології виробництва розсільних сирів нетрадиційною сировиною // Динаміка розвитку світової науки: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Ванкувер, 23-25 жовтня 2019 р. Ванкувер, 2019. С. 312–314.
15. Данилюк А.Ю., Вербельчук Т.В. Сучасні технології виробництва твердих сирів // Стан та перспективи виробництва, переробки і використання продукції тваринництва. Кам'янець-Подільський: Зволейко Д. Г. 2016. С.144–146.
16. Непошивайленко Н.О., Корнієнко І.М., Анацький А.С. Удосконалення рецептури приготування розсільного сиру типу «Бринза» з підвищеним титром молочнокислих бактерій. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. Кам'янське, 2022. 1(40). С.164–174.
17. Непошивайленко Н.О., Корнієнко І.М., Черненко Ч.М., Оптимізація технології виробництва функціонального розсільного сиру типу «Бринза»//Біотехнологія XXI століття: матеріали XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 2022. С. 84.
18. Поліщук Г.Є., Бовкун А.О., Колесникова С.С. Технологія сиру: навчальний посібник. Київ: НУХТ, 2009. 151 с.
19. Гуляєв В.М., Корнієнко І.М., Лашкова А.Т., Кривонос О.С., Луковкіна Ю.О. Дослідження впливу молочнокислих бактерій у складі готового продукту на пригнічення росту бактерій групи кишкових паличок. *Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки)*. Кам'янське, 2018. 2(33). С. 87–91.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF LACTULOSE ON THE TITER OF VIABLE LACTIC ACID BACTERIA IN THE COMPOSITION OF A FUNCTIONAL FOOD PRODUCT

Abstract

The article provides up-to-date information on the international classification of functional food products. The prospects for the development of food biotechnology, as one of the most important branches for modern Ukraine, aimed at creating prerequisites for improving the nation's health by expanding the range of high-quality functional food products, are indicated. It has been established that scientific research on functional nutrition is aimed at maintaining health, improving well-being and creating conditions for reducing the risk of diseases, especially cardiovascular, as well as problems with the stomach and intestines. A special place among functional food products is occupied by probiotic food products, which as a physiologically functional food ingredient contain specially selected strains of useful for humans (non-pathogenic and non-toxicogenic) live microorganisms that have a beneficial effect on the human body. Today, the probiotic concept is the leading one in prescribing bacterial preparations for the prevention, diagnosis and treatment of infectious diseases and disorders of the human body's natural ecology. Functional food products containing probiotics occupy a special position between ordinary food products and medicinal products.

An improved technological map of the production of "Brynza" type salted cheese has been developed, which consists of the main stages: milk collection and assessment of its quality; pasteurization of milk (at a temperature of 85°C); cooling of milk (to a temperature of 33°C); introduction of probiotic starter based on pure cultures of lactic acid bacteria (biopreparation of the trademark "Vivo"), which includes thermophilic lacto-, bifidobacteria and lactic streptococci; enrichment of raw materials with prebiotics introduction of lactulose in the amount of 5% relative to the total volume of milk; introduction of rennet (pepsin); cheese curd processing and cheese formation; pickles.

The use of high-quality sourdough of lactic acid bacteria (LAB), an enzyme with the addition of lactulose in the amount of 5% relative to the volume of milk, contributed to the intensification of lactic coagulation activity, which is confirmed by a reduction in the time for the formation of cheese dough by 2 hours compared to the experimental samples without the addition of lactulose. There was an improvement in the structural and mechanical parameters of the finished product. All experimental samples of Brynza cheese were evaluated according to the DSTU 7065:2009. The highest titer of lactic acid bacteria is characteristic of cheese samples made with the introduction of high-quality sourdough and lactulose. At the same time, the LAB titer represented by the LAB cultures *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis* depends on the cheese storage period (the highest LAB titer is noted for 1 day of storage). The maximum number of lactic acid bacteria in "Brynza" cheese on the 9th day of storage was recorded in the sample with the addition of lactulose, and is 408 CFU/ml, which indicates the expediency of its use.

References

- [1] Neposhyvaylenko N., Kornienko I.(2020). Current problems of individual health of adolescents and the use of modern food biotechnology to solve them. Collective Monograph: Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Lublin: Universiti of life sciences in Lublin. P. 391–409.
- [2] Dovidnyk «Pokaznyky zdorovia naseleattia. Stan zdorovia ditei 0-17 rokiv vkliuchno (pediatriia)» 2014–2018 rr». Derzhavnyi zaklad «Tsentр medychnoi statystyky Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy». URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/MMXIV.html>.
- [3] Boiko V.Iu. (2022). Udoskonalennia tekhnolohii rozsilnoho syru. [Improvement of the technology of pickled cheese] // Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity. 19 travnia 2022 r. Bila Tserkva, 166. [in Ukrainian].
- [4] Mellentin J., Heasman M. (2014). The functional foods revolution: healthy people, healthy profits. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781849776165/functional-foods-revolution-julian-mellentin-michael-heasman>.

- [5] Report of a Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food. (2001) Cordoba. 34 p. URL: <https://www.iqb.es/digestivo/pdfs/probioticos.pdf>.
- [6] Snigdha Misra, Debapriya Mohanty, Swati Mohapatra. (2019). Applications of Probiotics as a Functional Ingredient in Food and Gut Health. *Journal of Food and Nutrition Research*.7(3). 213–223.
- [7] Aiba Y. (1998). Lactic acid-mediated suppression of *Helicobacter pylori* by the oral administration of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in a gnotobiotic murine model. *The American journal of gastroenterology*.93(11). 2097–2101.
- [8] Iryna Korniienko, Oleh Lutsenko, Volodymyr Isaienko, Mykhailo Baranovskiy, Andrii Anatskyi, Lyudmila Laricheva. (2021). Optimization of technological parameters of nutrition mixture fermentation process with the use of spline interpolation. *Chemistry and Technologies*. 29(1), 118–136.
- [9] Turchyn I. M. (2003). Tverdyi syr. Kharchovi, pozhyvni, likuvalni vlastyvoli syru. Tekhnolohiia vyrobnytstva syriv. [Cheese. Food, nutritional, medicinal properties of cheese. Cheese production technology]. *Naukovyi visnyk Lvivskoi derzhavnoi akademii veterynarnoi medytsyny im. S.Z. Hzhyskoho*. 5 (2), 12–19 [in Ukrainian].
- [10] Tsisaryk O.I. (2012). Pidbir mikrobnalnykh kultur dlia vyrobnytstva rozsilnogo syru brynza. [Selection of microbial cultures for the production of brine cheese]. *Naukovyi visnyk Lvivskoi derzhavnoi akademii veterynarnoi medytsyny im. S.Z. Hzhyskoho*. 14 (3), 45–57 [in Ukrainian].
- [11] Tsisaryk O.I., Slyvka I.M., Musii L. Ya. (2017). Doslidzhennia vplyvu skladu zakhysnogo seredovyscha na zberezhenntia zhyttiezdatnosti liofilizovanykh bakterii *L. lactis* ta *L. plantarum*, vydilyenykh iz tradytsiinoi karpatskoi brynzy. [Study of the influence of the composition of the protective medium on the preservation of viability of lyophilized bacteria *L. lactis* and *L. plantarum* isolated from traditional Carpathian cheese]. *Naukovyi visnyk LNUVM ta BT imeni S. Z. Gzhyskoho*. Seria: Kharchovi tekhnolohii. 19(75), 29–34 [in Ukrainian].
- [12] State sanitary regulations for milk processing enterprises (section "Food hygiene"): DSP 4.4.4.011-98. [Effective from 1998-09-01]. Kyiv: State Sanitary Rules and Regulations of Ukraine. 38 p.
- [13] DSTU 7065:2009. General technical conditions. Brynza. [Effective from 2009-10-05]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. 12 p.
- [14] Huba S.V., Marchenko M.M. (2019). Udoskonalennia tekhnolohii vyrobnytstva rozsilnykh syriv netradytsiinoiu syrovynoiu. [Improvement of the technology of production of pickled cheeses with non-traditional raw materials]. *Materialy 2 mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Dynamika rozvytku svitovoi nauky» (23-25 zhovtnia 2019 r.)*. Vankuver. 312-314.
- [15] Danyliuk A. Yu., Verbelchuk T. V. (2016). Suchasni tekhnolohii vyrobnytstva tverdykh syriv [Modern technologies of production of hard cheeses]// *Stan ta perspektyvy vyrobnytstva, pererobky i vykorystannia produktsii tvarynnytstva*. Kamianets-Podilskyi: Zvoleiko D. H. 144–146 [in Ukrainian]
- [16] Neposhyvailenko N.O., Korniienko I.M., Anatskyi A.S. (2022). Udoskonalennia retseptury pryhotuvannia rozsilnogo syru typu «Brynza» z pidvyshchenym tytrom molochnokyslykh bakterii [Improvement of the recipe for the preparation of brine cheese of the "Brynza" type with an increased titer of lactic acid bacteria]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky)*. 1(40), 164–174 [in Ukrainian]
- [17] Neposhyvailenko N.O., Korniienko I.M., Chernenko Ch.M. (2022). Optyimizatsiia tekhnolohii vyrobnytstva funktsionalnogo rozsilnogo syru typu «Brynza» [Optimization of the production technology of functional brine cheese type "Brynza"]. *Materialy XVI Vseukraiñskoiñ naukovo- praktychnoiñ konferentsiiñ «Biotekhnolohiia XXI stolittia»*. Kyiñv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2022. 84. [in Ukrainian].
- [18] Polishchuk G.E., Bovkun A.O., Kolesnikova S.S. Cheese technology: a study guide. [Tekhnolohiia syru]. Kyiv: NUHT, 2009. 151 p.
- [19] Huliaiev V.M., Korniienko I.M., Lashkova A.T., Kryvonos O.S., Lukovkyna Yu.O. (2018). Doslidzhennia vplyvu molochnokyslykh bakterii u skladi hotovoho produktu na pryhnicennia

rostu bakterii hrupy kyshkovykh palychok.[Study of the effect of lactic acid bacteria in the composition of the finished product on the inhibition of the growth of bacteria of the group of *Escherichia coli*]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprodzerzhynskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky)*. 2(33), 87–91 [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 24.04.2024