

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ КИСЛОМОЛОЧНИХ ФЕРМЕНТОВАНИХ
ПРОДУКТІВ З СИНБІОТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

Бондар М. М.¹, асистент,
<https://orcid.org/0000-0001-8154-0612>

Соломон А. М.¹, к.т.н., доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-2982-302X>

Новгородська Н. В.¹, к.с.-г.н., доцент
<https://orcid.org/0000-0002-7497-0435>

¹Кафедра харчових технологій та мікробіології,
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-04>

*Життя сучасної людини залежить від таких несприятливих факторів як забруднення навколишнього середовища, техногенні катаклізми, стресові ситуації, відсутність повноцінного харчування. Все це призводить до зниження імунітету, порушення функцій травлення, збільшення числа людей, що страждають на алергію, цукровий діабет та інші захворювання, які пов'язані з порушенням обмінних процесів в організмі людини. Тому збалансоване і оздоровче харчування є важливою умовою для оптимального фізичного і розумового розвитку людини, підтримки його тривалої працездатності, підвищення здатності організму протистояти впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища. Повноцінне та здорове харчування відносяться до найважливіших умов збереження життя і здоров'я людини. Згідно до сучасної концепції здорового харчування, що базується на теорії збалансованого харчування, потреби організму в енергії, поживних, біологічних та фізіологічно цінних речовинах, які людина повинна отримувати з їжею, змінюються в залежності від віку, статі, фізіологічного стану організму та фізичного навантаження. Розробка нових функціональних продуктів оздоровчої дії, які здатні покращити здоров'я людини, подовжити її працездатність і тривалість повноцінного життя, є одним з актуальних напрямків розвитку харчової науки в Україні і світі. Особлива увага приділяється питанню оздоровлення кишкової мікрофлори, яка відіграє важливу роль у відновленні порушених обмінних процесів в організмі і зміцненні здоров'я людини. Для нормального функціонування організму і забезпечення активної життєдіяльності, людину необхідно забезпечити повноцінними збалансованими продуктами харчування. Основні вимоги до таких продуктів харчування базуються на використанні натуральної сировини з високим вмістом біологічно активних і фізіологічно необхідних речовин, таких як вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна, фенольні сполуки, поліненасичені жирні кислоти. **Метою** даної роботи є наукове обґрунтування виробництва кисломолочної ферментованої продукції функціонального призначення, збагаченої біфідобактеріями, біологічно і фізіологічно активними речовинами пребіотиків. **Предметом** є пробіотики та пребіотики, продукти функціонального призначення.*

Ключові слова: кисломолочні продукти, біфідобактерії, пробіотики, пребіотики, лактулоза

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SOUR FERMENTED PRODUCTS
WITH SYNBIOTIC PROPERTIES*Mariana Bondar*¹, Assistan,<https://orcid.org/0000-0001-8154-0612>*Alla Solomon*¹, PhD, Technics, Associate Professor,<https://orcid.org/0000-0003-2982-302X>*Nadiia Novgorodska*¹, PhD, Agriculture, Associate Professor,<https://orcid.org/0000-0002-7497-0435>¹Department of Food Technologies and Microbiology
Vinnytsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-04>

The life of a modern person depends on such unfavorable factors as environmental pollution, man-made disasters, stressful situations, and lack of adequate nutrition. All this leads to a decrease in immunity, dysfunction of digestion, an increase in the number of people suffering from allergies, diabetes mellitus and other diseases associated with metabolic disorders in the human body. Therefore, a balanced and healthy diet is an important condition for optimal physical and mental development of a person, maintaining his long-term performance, increasing the body's ability to withstand the effects of unfavorable environmental factors. A complete and healthy diet is one of the most important conditions for preserving human life and health. According to the modern concept of healthy nutrition, based on the theory of balanced nutrition, the body's needs for energy, nutrients, biological and physiologically valuable substances that a person should receive from food change depending on age, gender, physiological state of the body and physical activity. Development of new functional products of health-improving action which are capable to improve health of the person, to prolong its working capacity and duration of a full life, is one of actual directions of development of food science in Ukraine and the world. For the normal functioning of the body and ensuring the active life of a person. it is necessary to provide him with full-fledged balanced food. The main requirements for such food products are based on the use of natural raw materials with a high content of biologically active and physiologically necessary substances, such as vitamins, minerals, dietary fiber, phenolic compounds, polyunsaturated fatty acids. Particular attention is paid to the recovery of intestinal microflora, which plays an important role in restoring metabolic disorders in the body and strengthening human health. **The purpose** of this work is to scientifically substantiate the production of fermented dairy products for functional purposes, enriched with bifidobacteria, biologically and physiologically active substances of prebiotics of plant and animal origin. **The subject** is probiotics and prebiotics, functional foods.

Key words: fermented milk products, bifidobacteria, probiotics, prebiotics, lactulose

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розширення асортименту кисломолочних ферментованих продуктів, які користуються постійно зростаючим попитом у населення країни, для кращого засвоєння та надання певних смакових і лікувально-профілактичних властивостей, в якості пребіотиків застосовують різноманітні БАДи, фітодобавки, продукти переробки плодів, овочів і ягід. Використання їх дозволяє підвищити харчову і біологічну цінність ферментованих кисломолочних продуктів, надати їм привабливих органолептичних і смакових властивостей, розширити асортимент. Тому проблема, що пов'язана з розробкою технологій кисломолочних ферментованих продуктів харчування, збагачених біфідобактеріями і наповнювачами з високим потенціалом поживної, біологічної і фізіологічної дії [10].

Основні принципи концепції здорового харчування вимагають сучасного підходу до створення функціональних продуктів, які повинні задовольняти потреби організму людини в харчових, біологічно і фізіологічно цінних речовинах, сприяти профілактиці захворювань, збереженню здоров'я, подовженню працездатності і тривалості життя. Розширення асортименту кисломолочних ферментованих продуктів базується на розробці технологій з використання нових видів натуральної біологічно цінної сировини, що дозволяє надати продуктам певних оздоровчих і лікувально-профілактичних властивостей [13].

Слід відзначити, що асортимент кисломолочних ферментованих продуктів представлений в основному напоями функціонального призначення, серед яких особливою популярністю користуються йогурти.

Формулювання мети і задач. Проблема, яка пов'язана з виробництвом натуральних кисломолочних ферментованих продуктів, збагачених біфідобактеріями, легкозасвоюваними вуглеводами, харчовими волокнами, біологічно активними і фізіологічно необхідними речовинами, для надання оздоровчих і лікувально-профілактичних властивостей та розширення їх асортименту, є актуальною.

Метою даної роботи є наукове обґрунтування напрямів кисломолочної продукції функціонального призначення, збагаченої біфідобактеріями та пробіотиками, пробіотиками.

Методи досліджень. Дослідження активної кислотності кисломолочних продуктів проводилося згідно ДСТУ 8550:2015, визначення кількості біфідобактерій ДСТУ 7355:2013.

Визначення активної кислотності (рН) потенціометричним методом за ДСТУ 8550:2015.

Методика проведення: Підготовка проби молока і кисломолочної продукції – за ГОСТ 13928, ГОСТ 26809.1.

У склянку місткістю 50 або 100 см³ наливають (40 ± 5) см³ молока температурою (20 + 2)°С та занурюють електроди приладу. Електроди не повинні дотикатись стінок і дна склянки. Через 10-15 с знімають показання за шкалою приладу. Для швидкого встановлення показань приладу вимірювання проводиться при коловому перемішуванні склянки з кисломолочним продуктом.

Показання приладу знімають через 3-5 с після встановлення стрілки. Після кожного вимірювання електроди датчика промивають дистильованою водою. У разі масових вимірювань рН молока залишки попередньої проби видаляють з електродів наступною пробой, а електроди промивають через кожні 3-5 вимірювань.

У проміжках між вимірюваннями електроди датчика занурюють у склянку з дистильованою водою.

Визначення кількості біфідобактерій шляхом вирощування у напіврідкому кукурудзяно-лактозному середовищі при $t=(38\pm1)^{\circ}\text{C}$ згідно ДСТУ 7355:2013

Вироблені з використанням біфідобактерій кисломолочні продукти набувають лікувальних властивостей внаслідок того, що в них накопичуються в процесі життєдіяльності заквашувальних мікроорганізмів ферменти, амінокислоти, органічні і антибактеріальні речовини. Найчастіше у виробництві використовуються п'ять видів біфідобактерій: *B.bifidum*, *B. longum*, *B.infantis*, *B.breve*, *B.adolescentis*.

Для виробництва кисломолочних продуктів використовують переважно заквашувальні препарати, в яких біфідобактерії поєднуються з іншими мікроорганізмами, в основному молочнокислими, тому визначення вмісту біфідобактерій доволі складне. Це питання вирішується застосуванням спеціальних розчинів, які запобігають розвитку супутньої мікрофлори та не діють на біфідобактерії.

Методика проведення: Методика заснована на здатності біфідобактерій рости у поживних середовищах, які розлиті високим стовпчиком у пробірках, при температурі

(38±1)°C і утворювати у них через 24-72 години колонії з типовими для біфідобактерій морфологічними характеристиками.

Відбір проб - за ГОСТ 9225, ГОСТ 10444.11.

Підготування проб до аналізу.

Розкриття пакетів необхідно проводити в асептичних умовах.

Для аналізу відбирають 3 одиниці споживчої тари методом випадкової вибірки.

Посуд з пробною або пробу в споживчій тарі супроводжується якісним посвідченням, актом відбору, в яких вказують: номер проби, найменування продукту, номер і об'єм партії, дату і годину відбору проби, посаду і підпис особи, яка відбирала пробу, позначення діючої нормативної документації, згідно з якою вироблявся продукт.

Пробу, яку відправляють в лабораторію за межі даного підприємства, пломбують або опечатують і супроводжують якісним посвідченням, направленням, протоколом та актом відбору зразків, у яких вказують: номер проби, найменування підприємства-виготівника, найменування продукту, номер і об'єм партії, дату і годину вироблення продукту з моменту закінчення технологічного процесу, дату і годину відбору проби, посаду і підпис особи, яка відбирала пробу, обсяг необхідних аналізів, позначення діючої нормативної документації, згідно з якою вироблявся продукт, посаду і підпис посадової особи підприємства, на якому здійснюється контроль продукту.

Мікробіологічні аналізи продукту проводять не пізніше, ніж через 4 години з моменту відбору проб.

Проби повинні зберігатись і транспортуватись до початку досліджень при температурі 4±2 °C, не допускаючи при цьому підморожування.

Приготування кукурудзяно-лактозного середовища (агаризоване)

В невеликій кількості дистильованої води розплавляють агар в кількості 2,5 г на 1 дм³ середовища. До решти дистильованої води додають 10 г пептону, 40 см³ водного розчину кукурудзяного екстракту, який розведений 1:6,6 г натрію лимонно-кислого тризаміщеного, 0,12 г магнію сірчанокислого, 2 г калію фосфорнокислого двозаміщеного. Суміш нагрівають до температури (80±2) °C, після чого змішують з розплавленим агаром, додають 10,0 г лактози і 0,15 г цистеїну солянокислого або 0,15 г аскорбінової кислоти. Попередньо цистеїн розчиняють у невеликій кількості дистильованої води, в якій встановлюють рН (8,45±0,5) за допомогою 10%-ого розчину гідроокису натрію і нагрівають на водяній бані до повного розчинення. У суміш до потрібного об'єму (1 дм³) доливають гарячу дистильовану воду і встановлюють рН (7,05±0,5) за допомогою 40 %-ого розчину гідроокису натрію.

Середовище розливають в пробірки високими стовпчиками по 10 см³ і стерилізують при (112±1)°C протягом (30±1) хв.

Кожну відібрану пробу (пакування) аналізують окремо. З кожного пакету після ретельного перемішування піпеткою відбирається 10 см³ кисломолочного продукту, які поміщають у стерильний посуд і потім нейтралізують. Для цього до 10 см³ взятого продукту в стерильний посуд для аналізу додають 1,0 см³ стерильного розчину натрію гідрокарбонату з масовою концентрацією 100 г/дм³; суміш ретельно перемішують, застосовуючи необхідні стерильні пристосування або шуттель-апарат. рН встановлюють на рН-метрі.

До нейтралізованого зразка продукту додають фізіологічний розчин до загального об'єму проби 100 см³, після чого суміш знов ретельно перемішують. Таким чином, отримують перше розведення (1x10⁻¹). Піпетку промивають 10-12 раз отриманою сумішшю до верхніх поділок.

Подальші десятикратні розведення продукту готують наступним чином: додають до 9 см³ фізіологічного розчину по 1 см³ продукту попереднього розведення. При цьому суміш у кожному випадку ретельно перемішують. Для приготування окремого розведення беруть нову стерильну піпетку.

Проведення дослідження Готують 2 ряди поживних середовищ, кожен з яких по 5 пробірок, що містять середовище Блаурокк або інше середовище у кількості 10 см³ для висіву з них відповідних розведень взятого до досліду продукту. Перед вживанням середовище потрібно розігріти на киплячій водяній бані для зниження в ньому вмісту розчиненого кисню. При використанні агаризованих поживних середовищ перед проведенням аналізу їх слід розігріти у киплячій водяній бані до повного розплавлення агару. Після цього пробірки охолоджують до 47±1°C, додають суміш антибіотиків із розрахунку 0,1 см³ на 10 см³ середовища. В момент використання температура поживних середовищ повинна бути (38±1)°C. Внесення посівного матеріалу в середовище здійснюють починаючи з останнього розведення: в останню пробірку кожного з двох рядів середовища вносять по 1 см³ продукту 1x10⁻⁸, 1x10⁻⁷, 1x10⁻⁶, 1x10⁻⁵, 1x10⁻⁴. Таким чином, перша пробірка кожного ряду буде містити розведення продукту 1x10⁻⁴, а остання - 1x10⁻⁸. Після внесення розведення продукту в середовище вміст пробірки ретельно перемішують (наприклад, круговими рухами руки або за допомогою шуттель-апарату).

Інкубація пробірки з посівами зразків продукту витримують в термостаті при температурі (37±1)°C протягом (72±1) год, посіви переглядають через 24 - 48 год. Допускається попередній підрахунок через (48±1) год з подальшим остаточним підрахунком через (72±1) год.

Результати досліджень та їх обговорення. Останнім часом спостерігається тенденція погіршення стану здоров'я населення, що пов'язано з зростанням психологічних навантажень на людину, погіршенням економічних обставин і екологічного стану навколишнього середовища [1, 2]. Найбільш поширеними захворюваннями є гастроентерологічні, серцево-судинні, онкологічні, виникнення і розвиток яких пов'язаний з порушенням структури харчування, дефіцитом біологічно і фізіологічно цінних речовин в харчуванні людини [3, 4]. Продукти харчування повинні забезпечувати організм людини необхідними для нормального функціонування біологічно і фізіологічно цінними речовинами, сприяти профілактиці захворювань [5, 6].

До основних недоліків у харчуванні сучасної людини відносяться: дефіцит повноцінних білків, поліненасичених жирних кислот, водо- і жиророзчинних вітамінів, макро-і мікроелементів, особливо таких як кальцій, залізо, йод, фтор, селен, цинк, харчових волокон, надмірне споживання тваринних жирів і вуглеводів [7]. Недостатнє споживання повноцінних білків призводить до зниження імунітету, порушення функцій печінки, підшлункової залози, органів репродукції, кровотворних органів, зниження працездатності, виникнення анемії тощо [8]. Обмежене надходження в організм жиру, особливо поліненасичених жирних кислот, призводить до порушення функції центральної нервової системи, зниження імунітету, погіршення засвоюваності вітамінів, зменшення енергетичної цінності їжі [9].

На сьогодні в багатьох країнах світу вирішується питання покращення макронутрієнтної забезпеченості населення білками, жирами, вітамінами, мінеральними речовинами, для компенсації дефіциту в харчуванні людей незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, водо-та жиророзчинних вітамінів, заліза, кальцію, магнію, селену [10].

Сучасні підходи до створення харчових продуктів і надання їм певних властивостей пов'язані з розробкою інноваційних технологій, які відповідають вимогам харчової науки для забезпечення організму людини харчовими, біологічно- і фізіологічно цінними речовинами та енергією [11, 12].

Молоко і молочні продукти широко використовуються у харчуванні різних прошарків населення всіх країн світу [16]. Вони є джерелом повноцінних білків, кальцію, фосфору, вітамінів та інших важливих для життєдіяльності організму харчових компонентів. Особливе значення для людини мають кисломолочні продукти. Внаслідок життєдіяльності кисломолочної мікрофлори відбуваються складні процеси гідролізу

білків, вуглеводів, жирів з одночасним синтезом різноманітних з'єднань, які покращують апетит, збагачують організм людини біологічно цінними речовинами, поліпшують роботу кишково-шлункового тракту тощо [15].

Спостерігається світова тенденція створення харчових продуктів зі збалансованим компонентним складом і пробіотичними властивостями [16].

Пробіотики – це корисні живі мікроорганізми, що нормалізують склад кишкової мікрофлори або підвищують активність власної нормальної мікрофлори кишечника в організмі людини [20]. Відповідно, пробіотичними продуктами здорового харчування називають продукти, що містять в якості фізіологічного функціонального харчового інгредієнта спеціально підібрані штами корисних для людини живих мікроорганізмів, які сприятливо впливають на відновлення і нормалізацію мікрофлори травного тракту [8, 18, 19].

Відомо, що кисломолочні ферментовані продукти розглядаються як основні постачальники пробіотичних мікроорганізмів в організм людини, які здатні відновити і підтримувати нормальну мікрофлору кишечника, покращити здоров'я і подовжити тривалість життя. Зміни у складі кишкової мікрофлори призводять до зниження роботи імунної системи, порушення процесу травлення і всмоктування корисних речовин, порушення обмінних процесів, зниження засвоєння вітамінів, макро- і мікроелементів тощо. Біфідобактерії – одна з найбільш важливих груп мікроорганізмів кишечника, які домінують у анаеробній флорі товстої кишки (ДСТУ 7355:2013). Поряд з іншими представниками корисної мікрофлори кишечника людини, біфідобактерії, виконують різноманітні функції, які сприяють нормальній роботі всіх життєво важливих органів і систем людини, захищають внутрішнє середовище організму від зовнішніх небезпечних бактерій. Пробіотичні культури (біфідобактерії, ацидофільні палички та ін.) позитивно впливають на структуру слизової оболонки кишечника і її адсорбційну здатність. Вони синтезують вітаміни групи В і природні антибіотики, які здатні пригнічувати ріст патогенних мікроорганізмів.

Поряд з антибіотичними властивостями, які обумовлені життєдіяльністю молочнокислих бактерій, кисломолочні продукти, на відміну від молока, добре перетравлюються і утилізуються організмом, що особливо важливо для дітей, людей старшого та похилого віку. Кисломолочні продукти в харчуванні людей різних вікових груп забезпечують організм енергетичними складовими і біологічно активними речовинами [17]. Їх споживання сприяє підвищенню неспецифічної резистентності організму до різних захворювань [18, 19]. Кисломолочні продукти рекомендується застосовувати при виснаженні, втраті апетиту, недовкрів'ї, для профілактики багатьох захворювань, в тому числі серцево-судинних і онкологічних.

Особливо важлива роль біфідобактерій у підтримці та оздоровленні мікрофлори кишково-шлункового тракту. При порушеннях мікробіоценозу спостерігається зменшення абсолютної кількості біфідобактерій, збільшення кількості до порушення обмінних процесів в організмі, зниженню імунітету, виникненню та загостренню хронічних захворювань кишково-шлункового тракту. Використовуючи сучасні біотехнологічні прийоми в комплексі з традиційними харчовими технологіями, створюються нові ферментовані молочні продукти з контрольованим хімічним складом і оригінальними смаковими властивостями [6,7].

Біфідобактеріям належить провідна роль в нормалізації мікробіоценозу кишечника. Вони не накопичують токсини, не мають гемолітичних властивостей, не утворюють пігменти, руйнують канцерогенні речовини. Колонізуючи слизову оболонку кишечника, біфідобактерії створюють механічний бар'єр для потрапляння збудників кишкової інфекції в слизову оболонку. Препарати на основі живих ліофілізованих культур біфідобактерій використовуються для харчування грудних дітей, лікування і профілактики дисбактеріозів, колітів та інших захворювань кишково-шлункового тракту.

До перспективних напрямків в області оздоровчого або функціонального харчування відноситься розроблення біопродуктів на основі консорціумів пробіотичних бактерій, які мають більшу стійкість до несприятливих факторів середовища і більш високу біохімічну активність у порівнянні з заквасками, що виготовлялись з використанням чистих культур [8].

Важливим критерієм здорового харчування вважається висока біодоступність поживних і біологічно цінних речовин при порівняно невеликій калорійності продуктів харчування [13, 14]. Особливого значення набувають продукти молочної промисловості, зокрема кисломолочні ферментовані продукти.

Молоко є несприятливим середовищем для розвитку біфідобактерій у зв'язку з відсутністю у його складі вільних низькомолекулярних сполук, таких як амінокислоти, моноцукри тощо, необхідних для їх життєдіяльності. При сумісному використанні лакто- та біфідобактерій, продукти метаболізму молочнокислих стрептококів і паличок створюють умови для росту і розвитку біфідобактерій.

Перспективним напрямком створення кисломолочних ферментованих продуктів вважається розробка комплексних заквасок на основі консорціумів пробіотичних бактерій різних таксономічних груп, які більш стійкі до несприятливих факторів середовища і володіють більш високою активністю порівняно з заквасками, які виготовлені з використанням чистих монокультур [20].

Критерієм відбору найбільш придатних штамів лакто- і біфідобактерій для створення заквашувальних композицій є біологічна активність, тобто здатність забезпечити прогнозований функціональний вплив на організм людини, а також технологічні параметри, які дозволяють отримати десертні кисломолочні ферментовані продукти високої біологічної цінності, з певними фізико-хімічними та реологічними властивостями.

Проведено дослідження технологічних властивостей найбільш поширених штамів лактобактерій – *Lactococcus lactis ssp. Lactis*, *Lactococcus lactis ssp. Cremoris*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *S. Thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. delbrueckii ssp. Bulgaricus*, а також ряду штамів біфідобактерій – *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum subsp. longum*, *Bifidobacterium adolescentis*.

В якості стимулятора росту і розвитку біфідобактерій нами використано пребіотик – лактулоза.

Використані молочнокислі бактерії оцінювали за такими критеріями як здатність зброджувати лактозу, рівень кислото утворення, протеолітичну активність та кількість життєздатних клітин у згустку.

Проведено дослідження впливу лактулози як біфідогенних стимуляторів розвитку біфідобактерій. Роботу проводили, використовуючи стерилізоване знежирене молоко, в яке вносили закваску у кількості 5,0 % у вигляді консорціуму біфідобактерій із концентрацією $1 \cdot 10^4$ КУО/см³. Контролем було стерилізоване знежирене молоко без біфідостимуляторів, заквашене композицією пробіотиків у такій же кількості.

У стерилізоване знежирене молоко додавали від 0,1 до 0,5 % сиропу лактулози «Лактусан». Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій в отриманих згустках від масової частки лактулози наведено на рис. 1.

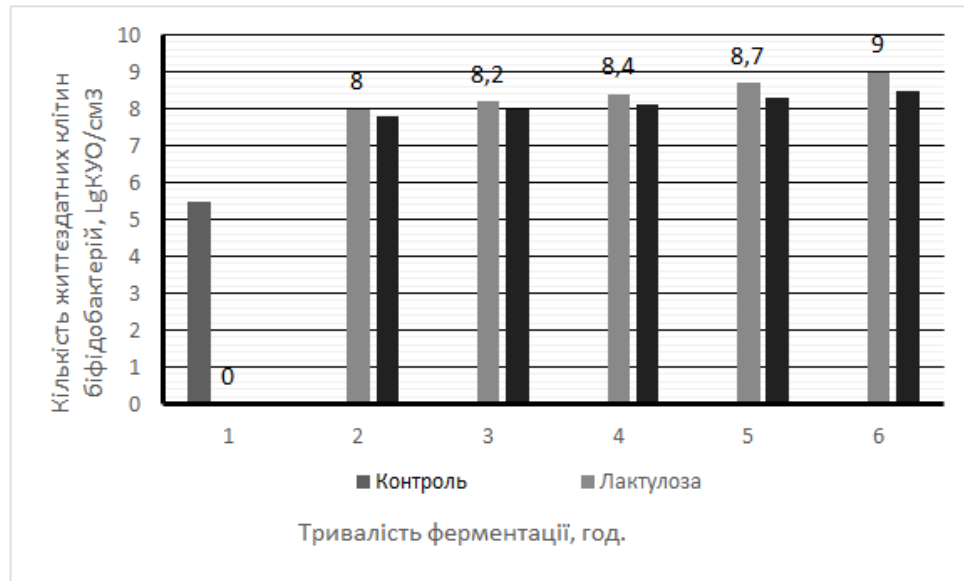


Рис. 1. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій у згустках від тривалості ферментації та дози біфідостимуляторів, %: 1– контроль, 2 – лактулоза.

Наведені дані свідчать, що для досягнення пробіотичного ефекту достатньо використати 0,1 % лактулози і кількість життєздатних клітин біфідобактерій в процесі ферментації протягом 6 годин, порівняно з контролем, збільшується, відповідно, до $7 \cdot 10^9$ КУО/см³.

Це свідчить, що кількість біфідобактерій, яка утворюється в присутності 0,1 % біфідостимуляторів, здатна забезпечити пробіотичний ефект впливу на організм людини.

Лактулоза вважається найбільш дослідженим пребіотиком у світі. Доведено, що лактулоза є високоактивним біфідогенним фактором, який значно покращує мікробіоценоз кишечника, збільшуючи чисельність біфідобактерій і зменшуючи чисельність умовно-патогенної мікрофлори. Її здатність відновлювати і підтримувати ріст біфідобактерій доведена багаточисельними дослідженнями вітчизняних і закордонних вчених. Лактулоза не перетравлюється у верхньому відділку шлунково-кишкового тракту, а надходить в товсту кишку у незмінному вигляді, де слугує стимулятором росту і розвитку власної корисної мікрофлори кишечника.

Встановлено, що високий рівень споживання лактози спостерігається у *Lactobacillus acidophilus* 45,7 %, *L. delbrueckii ssp. Bulgaricus* 41,5 %, *S. Thermophilus* 38,5 %, найвищий приріст вільних амінокислот відбувається при ферментації молока лактобактеріями видів *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *L. acidophilus*, найбільшою здатністю до кислотоутворення володіють штами *L. Delbrueckii ssp. bulgaricus* 310,0°T і *Lactobacillus acidophilus* 291 °T, але кількість життєздатних клітин у згустку, при високому рівні кислотоутворюючої здатності і протеолізу лактози, спостерігаються тільки при використанні *Lactobacillus acidophilus* 8,3 Lg КУО/см³.

Слід відзначити, що ацидофільні палички *Lactobacillus acidophilus*, внаслідок здатності продукувати антибіотики ацидофілін і лактоцидин, пригнічують шкідливу мікрофлору - сальмонели, стафілококи. Встановлено, що всі дослідні штами лактобактерій мають стійкість до інгібіторів розвитку: кислого середовища, характерного для рН шлунку (рН 2,0), 40 % жовчі, 0,3 % розчину фенолу, 4,0 % кухонної солі, пеніциліну і стрептоміцину.

Встановлено, що найкращими технологічними властивостями, необхідними для виробництва десертних ферментованих виробів, мають штами *Str. Thermophilus* і *Lactobacillus acidophilus*.

З метою підвищення пробіотичних властивостей та підсилення антимікробної активності лактобактерій, необхідних для створення кращих умов росту і розвитку біфідобактерій, в роботі використано консорціум лакто-бактерій *S. thermophilus* і *L. acidophilus* у співвідношенні 1:1.

Встановлено, що ключова функція біфідофлори в регуляції кишкової мікрофлори реалізується за рахунок утворення функціональних кластерів. Виділення фізіологічних груп біфідофлори може пояснити особливості структурної організації та функціонування консорціумів, представлених в кишковому мікросимбіозі різними видами біфідобактерій, де лідируючі позиції займають два види – *B. bifidum* і *B. longum*. Для першої групи штамів, в якій переважає вміст біфідобактерій виду *B. bifidum*, характерна фізіологічна спеціалізація, спрямована на підтримку гомеостазу кишкової мікрофлори і контролює формування імунного гомеостазу товстого кишечника людини. Друга група, в якій переважає вміст біфідобактерій виду *B. longum*, - відповідальна за мікробне «розпізнавання» асоціативних мікросимбіонтів і спрямована на прямий захист мікрофлори кишечника від патогенів, які потрапляють в організм людини. Третя група, яка представлена значною кількістю видів біфідобактерій, таких як *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *B. catenulatum*, *B. breve*, *B. pseudocatenulatum*, *B. infantis*, необхідна для підтримки бар'єрної метаболічної функції біфідобактерій в товстому кишечнику людини [10].

Дослідження обраних нами штамів біфідобактерій – *Bifidobacterium bifidum* 791, *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* B 379M, *Bifidobacterium adolescentis* B-1 за такими показниками, як активність ферментації молока, яка становить 48...49 год., енергія кислотоутворення 63 °Т, активна кислотність після ферментації рН 4,8 од., кількість життєздатних клітин у згустку 7,9 Lg КУО/см³ показали, що всі штами біфідобактерій здатні розвиватися у молоці, не втрачають свою активність у кислому середовищі шлунку, а також мають стійкість до інгібіторів їх росту і розвитку (ДСТУ 8550:2015).

Для визначення можливості покращення технологічних властивостей біфідобактерій *B. bifidum*, *B. longum*, *B. Adolescentis* за рахунок синергізму, нами проведено дослідження властивостей їх консорціуму у співвідношенні (1:1:1) із вмістом біфідобактерій кожного штаму 1·10⁴ КУО/см³. Встановлено, що активність ферментації молока консорціумом біфідобактерій скорочується до 35 год., енергія кислотоутворення підвищується до 67 °Т, активна кислотність (рН) знижується до 4,7 од., кількість життєздатних клітин підвищується до 8,7 Lg КУО/см³. Всі дослідні штами біфідобактерій і їх консорціум мають стійкість до високої концентрації жовчі, фенолу, низьких та високих показників рН, не утворюють каталазу і сірководень, не відновлюють нітрати і нітроти, не розріджують желатину [11].

Отримані результати свідчать, що всі досліджені штами біфідобактерій, а також їх консорціум, дуже повільно ферментують молоко і утворюють згустки, які мають низькі показники титрованої кислотності і рН, але всі біфідобактерії здатні розвиватися в присутності лактози, накопичувати біомасу і знижувати активну кислотність отриманих згустків, зберігають свою активність при проходженні через шлунково-кишковий тракт, і дозволяють прогнозувати виживання біфідобактерій у складі десертних ферментованих продуктах в процесі зберігання.

Слід відзначити, що чисті культури біфідобактерій потребують анаеробних умов і навіть у консорціумі володіють слабкою кислотоутворюючою здатністю. Для їх розвитку необхідні біфідостимулюючі фактори, а також мікроорганізми, які здатні в процесі життєдіяльності збагатити поживне середовище доступними для них поживними речовинами.

У зв'язку з цим при виробництві кисломолочних ферментованих продуктів використали комбіновану закваску з біфідо- і лактобактерій. Для подальшої роботи використали композицією консорціумів біфідо- та лактобактерій, які містили $1 \cdot 10^4$ КУО/см³, взятих у співвідношенні 2:1. Продукти життєдіяльності лактобактерій здатні забезпечити необхідний склад поживного середовища для стимуляції росту та розвитку біфідобактерій у молоці, а також надати продукту певних смакових і лікувально-профілактичних властивостей.

Для дослідження впливу сумісного використання консорціумів біфідо- і лактобактерій на енергію кислотоутворення, знежирене молоко підігрівали до температури 40...45 °C, нормалізували за вмістом сухого знежиреного молочного залишку СЗМЗ до рівня 12,5% за допомогою сухого знежиреного молока СЗМ, що за результатами наших досліджень забезпечує покращення консистенції ферментованих молочних продуктів і стримує процес синерезису утворених згустків, нагрівали до температури 40°C, очищували, нагрівали до температури 65°C, гомогенізували при тиску $P = 15$ МПа і для виключення впливу сторонньої мікрофлори стерилізували при температурі 121°C з витримкою 15 хв., охолоджували до температури заквашування 37°C. В охолоджену суміш вносили композицію із консорціумів біфідо- і лактобактерій, які містили $1 \cdot 10^4$ КУО/см³, і проводили ферментацію до рН 4,6...4,7, тобто до утворення згустку (табл. 1).

Таблиця 1

Технологічні властивості пробіотичної складової

n = 3, p ≤ 0,05

Використані мікроорганізми	Активна кислотність, од. рН	Енергія кислотоутворення за час ферментації, °Т	Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg КУО/см ³	
			біфідобактерій	лактобактерій
Консорціум лактобактерій (<i>Lb. acidophilus</i> + <i>Str. thermophilus</i>) (1:1)	4,6	72	–	7,5
Консорціум біфідобактерій (<i>B. bifidum</i> + <i>B. longum</i> + <i>B. adolescentis</i>) (1:1:1)	4,8	63	8,8	–
Композиція (консорціум біфідобактерій + консорціум лактобактерій) (2:1)	4,7	68	9,8	8,2

Встановлено, що при використанні композиції консорціумів лакто- і біфідобактерій, енергія кислотоутворення композиції, порівняно з консорціумом біфідобактерій, зростає, але зменшується порівняно з консорціумом лактобактерій, що сприяє росту і розвитку біфідобактерій.

Біфідобактерії підтримують слабко кисле рН у товстому кишечнику за рахунок синтезу оцтової і молочної кислот, що пригнічує ріст багатьох видів патогенної і умовно-патогенної мікрофлори, а молочнокислі бактерії, зокрема *Lactobacillus acidophilus*, продукують антибіотики ацидофілін і лактоцидин, які, за нашими даними, володіють високою антагоністичною активністю по відношенню до таких тест-культур, як *E. coli*, *B. subtilis*, *S. Epider-mitidis* тощо.

Також у розвитку біфідобактерій важливу роль відіграють поживні речовини, що накопичуються в результаті життєдіяльності використаних штамів лактобактерій, що сприяє зростанню кількості життєздатних клітин біфідобактерій.

Висновок. При виробництві кисломолочних ферментованих продуктів доцільно використовувати комбіновану закваску з біфідо- і лактобактерій. Продукти життєдіяльності лактобактерій здатні забезпечити необхідний склад поживного середовища для стимуляції росту та розвитку біфідобактерій у молоці, а також надавати продукту певних смакових і лікувально-профілактичних властивостей.

Встановлено, що при використанні композиції консорціумів лакто- і біфідобактерій, енергія кислотоутворення композиції, порівняно з консорціумом біфідобактерій, зростає, але зменшується порівняно з консорціумом лактобактерій, що сприяє росту і розвитку біфідобактерій.

Бібліографія

1. Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнакова Н.Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. АПК-продукты здорового питания. № 4. 2016. С. 52-57.
2. Влощинский П.Е., Позняковский В.М., Дроздова Т.М. Физиология питания. Новосибирск, 2010. 352 с.
3. Челнакова Н.Г., Позняковский В.М. Питание и здоровье современного человека. Москва, 2015. 224 с.
4. Кочеткова А.А. Актуальные аспекты технического регулирования в области продуктов здорового питания. Переработка молока. 2013. №10. С. 6-8.
5. Спиричев В.Б., Шантук Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. 2-е изд. Новосибирск, 2005. 548 с.
6. Капрельянц Л.В. Функциональные продукты питания: современное состояние и перспективы развития. Продукты и ингредиенты. 2004. № 1. С. 22-24.
7. Капрельянц Л.В., Йоргачова К.Г. Функціональні продукти. Одеса, 2003. 312 с.
8. Капрельянц Л.В., Шерстобитов В.В., Рекичанская Л.В. Углеводные пребиотические вещества из сои. Зерновые продукты и комбикорма. 2005. № 2. С. 18-20.
9. Тутельян В.А., Позняковский В.М. Современное состояние и перспективы развития науки о питании. Современные приоритеты питания, пищевой промышленности и торговли. Москва, 2006. С 34-38.
10. Соломон А.М., Полевода Ю.А. Кисломолочні десерти збагачені біфідобактеріями. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. № 2 (105). С. 66-74.
11. Соломон А.М. Выбор и обоснование функциональных бифидостимулирующих ингредиентов для десертных ферментированных продуктов. Сборник научных трудов «Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья». Минск, Выпуск 12. 2018. С. 62-71.
12. Власенко В.В., Соломон А.М., Паулина Я.Б. Сучасний стан та перспективи виробництва кисломолочних продуктів функціонального призначення. Харчова наука і технологія. Харчова наука і технол. № 4 (9). 2009. С. 21-23.
13. Тутельян В.А., Смирнова Е.А. Роль пищевых микроингредиентов в создании современных продуктов питания. Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания. Москва, 2014. С. 10-24.
14. Крючкова В.В., Клопова А.В., Колоденский А.Ю., Червякова О.В. Современные технологии и конкурентоспособность бифидоактивных кисломолочных продуктов с повышенной пищевой ценностью. ДГАУ, 2010. 249 с.
15. Крючкова В.В. Пребиотики в функциональных кисломолочных продуктах. Молочная промышленность. 2009. № 7. С. 54-55.
16. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. Substantiation of the technology for fermented sour-milk desserts with bifidogenic properties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 1/11 (97). P.6-16.

17. Бухарин О.В., Иванова Е.В., Перунова Н.Б., Никифоров И.А. Функциональные группы бифидофлоры кишечной микробиоты в ассоциативном симбиозе человека. Журн. микробиол. 2018. № 1. С.3-9.

18. Соломон А.М., Бондар М.М. Fermented desserts of functional purpose using vegetables. Збірник наукових праць «Аграрна наука та харчові технології». 2018. № 3 (102). С. 168–179.

19. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Молочні десертні продукти. Вінниця, 2019. 155 с.

20. Голуб Б. Формирование лечебно-профилактических свойств синбиотических молочных напитков. Товары и рынки. Международный научно- профессиональный журнал. 2014. №1(17). С. 67–75.

References

1. Gerasimenko N., Poznyakovsky V., Chelnakova N. (2016). Zdorovoe pytanye y eho rol v obespechenyy kachestva zhyzny. [Healthy eating and its role in ensuring quality of life]. Tekhnolohyy pyshchevoy pererabatuvaushchei promyshlennosti. APK-produktu zdorovoho pytanyia [Food and processing industry technologies. APK products of healthy food]. № 4. P. 52-57. [in Russian].

2. Vloshchinsky P., Poznyakovsky V., Drozdova T. (2010). Fyzyolohyia pytanyia. [Physiology of nutrition]. Novosibirsk. 352 p. [in Russian].

3. Chelnakova N., Poznyakovsky V. (2015). Pytanye y zdorove sovremennoho cheloveka. [Nutrition and health of modern man]. Moscow. 224 p. [in Russian].

4. Kochetkova A. (2013). Aktualnye aspektu tekhnicheskogo rehulyrovanyia v oblasti produktov zdorovoho pytanyia. [Current aspects of technical regulation in the field of healthy food]. Pererabotka moloka. [Milk processing]. №10. P. 6-8. [in Russian].

5. Spirichev V., Shantyuk L., Poznyakovsky V. (2005). Obogashchenye pyshchevukh produktov vytaimynamy y myneralnymi veshchestvamy. [Enrichment of food with vitamins and minerals]. Nauka y tekhnolohyia [Science and technology]. Novosybyrsk. 548 s. [in Russian].

6. Kapreliants L. (2004). Funktsionalnye produkt pytanyia: sovremennoe sostoianye y perspektivu razvytiia. [Functional food: current status and development prospects.]. Produktu & inhredyentu. [Products & Ingredients]. № 1. P. 22-24. [in Russian].

7. Kapreliants L., Iorhachova K. (2003). Funktsionalni produkty. [Functional products]. 312 s. [in Ukrainian].

8. Kapreliants L., Sherstobytyov V., Rekychanskaia L. (2005). Uhlevodnye prebyotycheskiye veshchestva yz soy. [Carbohydrates prebiotic substances from soy]. Zernovye produktu i kombykorma. [Cereals and feed]. № 2. P. 18-20. [in Russian].

9. Tuhelian V., Pozniakovskiy V. (2006). Sovremennoe sostoianye y perspektivu razvytiia nauky o pytanii [Current state and prospects for the development of nutrition science.]. Sovremennye priorytety pytanyia, pyshchevoi promyshlennosti y torhovly. [Modern priorities of food, food industry and trade]. Moscow. P. 34-38. [in Russian].

10. Solomon A., Polevoda Yu. (2019). Kyslomolochni deserty zbahacheni bifidobakteriyamy. [Sour-milk desserts enriched with bifidobacteria]. Tekhnika, enerhetyka, transport APK. [Technics, energy, transport of the agro-industrial complex]. No. 2 (105). P. 66-74. [in Ukrainian].

11. Solomon A. (2018). Vybor i obosnovaniye funktsional'nykh bifidostimuliruyushchikh ingridiyentov dlya desertnykh fermentirovannykh produktov. [Selection and justification of functional bifidostimulating ingredients for fermented dessert products]. Sbornik nauchnykh trudov «Aktual'nyye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syr'ya». [Collection of scientific papers «Topical issues of processing meat and dairy raw materials»]. Minsk. Issue 12. P. 62-71. [in Russian].

12. Vlasenko V., Solomon A., Paulina Ya. (2009). Suchasnyy stan ta perspektyvy vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv funktsional'noho pryznachennya [Current state and prospects of production of functional dairy products.]. Kharchova nauka i tekhnol. [Food science and technology]. № 4 (9). P. 21-23. [in Ukrainian].
13. Tutelian V., Smyrnova E. (2014). Rol pyshchevukh mykroynhredyentov v sozdanyy sovremennukh produktov pytanyia. [The role of food micro-ingredients in the creation of modern food.] Pyshchevue ynhredyentu v sozdanyy sovremennukh produktov pytanyia. [Food ingredients in the creation of modern food]. P. 10-24. [in Russian].
14. Kriuchkova V., Klopova A., Kolodenskyi A., Cherviakova O. (2010). Sovremennue tekhnolohyy y konkurentosposobnost byfydoaktyvnukh kyslomolochnykh produktov s povushennoi pyshchevoi tsennosti. [Modern technologies and competitiveness of bifidoactive fermented milk products with high nutritional value]. 249 p. [in Russian].
15. Kryuchkova V. (2009). Prebyotyky v funktsyonalnykh kyslomolochnykh produktakh. [Prebiotics in functional fermented milk products]. Molochnaia promyshlennost. [Dairy industry]. № 7. P. 54-55. [in Russian].
16. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. (2019). Obgruntuvannya tekhnolohiyi pryhotuvannya kyslomolochnykh desertiv iz bifidohennymy vlastyvostyamy. [Substantiation of the technology for fermented sourmilk desserts with bifidogenic properties]. [in Ukrainian].
17. Bukharin O., Ivanova E., Perunova N., Nikiforov I. (2018). Funktsyonalnye hruppy byfydofloru kyshechnoi mykrobyotu v assotsyativnom symbyoze cheloveka. [Functional groups of the bifidoflora of the intestinal microbiota in human associative symbiosis]. Zhurnal mykrobiologii [Journal microbiol]. № 1. P.3-9. [in Russian].
18. Solomon A., Bondar N. (2018). Fermented desserts of functional purpose using vegetables. Collection of scientific papers «Agricultural science and food technologies». No. 3 (102). P. 168-179.
19. Solomon A., Novhorodska N. Bondar M. (2019). Molochni desertni produkty. [Dairy dessert products.]. Monohrafiya. [Monographs]. Vinnytsya. P. 155. [in Ukrainian].
20. Golub B. (2014). Formirovaniye lechebno-profilakticheskikh svoystv sinbioticheskikh molochnykh napitkov. [Formation of therapeutic and prophylactic properties of synbiotic milk drinks]. Tovary i rynki. Mezhdunarodnyy nauchno- professional'nyy zhurnal. [Products and markets. International scientific and professional journal]. No. 1 (17). P. 67-75. [in Russian].