

ISSN 2519-268X print  
ISSN 2707-5885 online

# НАУКОВИЙ ВІСНИК

## ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

Scientific messenger of Lviv National University of  
Veterinary Medicine and Biotechnologies



СЕРІЯ: ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ  
SERIES: FOOD TECHNOLOGIES

Том 25 № 100  
2023





Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print  
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10006  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 637.144:67:613.98

## Functional foods are essential components of nutrition

A. Solomon✉

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

### Article info

Received 26.06.2023  
Received in revised form  
27.07.2023  
Accepted 28.07.2023

Vinnitsia National Agrarian  
University, Sontachna Str., 3,  
Vinnitsia, 21008, Ukraine.  
Tel.: +38-067-425 -70-06  
E-mail: Soloalla78@ukr.net

**Solomon, A. (2023). Functional foods are essential components of nutrition. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 25(100), 35–42. doi: 10.32718/nvlvet-f10006**

The most common category of functional nutrition is fermented milk products, which normalize the intestinal microflora and increase the immune status of the human body. Fermented milk products are characterized by high biological and nutritional values. This means a high degree of balance in the amino acid composition of milk proteins, compared to the so-called ideal food protein, the amino acid composition of which meets the needs of the human body. In addition, the proteins of fermented milk products are well digested by proteolytic enzymes of the gastrointestinal tract. The main casein proteins are capable of being broken down equally well by proteolytic enzymes in their native and denatured states. The macroorganism and intestinal microflora are a relatively stable and balanced ecological system, the balance of which, on the one hand, is determined by the physiological and immunological characteristics of the macroorganism, on the other, by the species and quantitative composition of microbial associations and the diversity of their biological activity. In a normal physiological state, the relationship between the macroorganism and the microflora is symbiotic in nature, and the latter has a significant impact on the general immunity and natural resistance of the host to infections, takes an active part in the processes of digestion and the synthesis of various biologically active substances. In turn, the macroorganism regulates the composition of the intestinal microflora due to factors such as the acidity of gastric juice and the content of bile salts. Fermented dairy products are the main suppliers of probiotic microorganisms that contribute to the maintenance and restoration of human microbial ecology. Probiotic cultures that provide beneficial effects on the consumer's body and normalize the composition and functions of the microflora of the gastrointestinal tract include such types of lacto- and bifidobacteria as *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium spp.* (*B. adolescentis*, *B. animalis ssp. lactis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*).

**Key words:** functional products, fermented milk products, bifidobacteria, dietary fiber, vitamins, minerals, probiotics.

## Функціональні продукти – незамінні складові харчування

A. M. СОЛОМОН✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Найважливішою категорією функціонального харчування є кисломолочні продукти, які нормалізують мікрофлору кишечника та підвищують імунний статус організму людини. Кисломолочні продукти характеризуються високою біологічною та харчовою цінностями. Це означає високий ступінь збалансованості амінокислотного складу молочних білків порівняно з так званим ідеальним харчовим білком, амінокислотний склад якого відповідає потребам організму людини. До того ж білки кисломолочних продуктів добре перетравлюються протеолітичними ферментами шлунково-кишкового тракту. Причому основні білки казеїни здатні однаково добре розщеплюватися протеолітичними ферментами в нативному та денатурованому стані. Макроорганізм та кишкова мікрофлора є порівняно стабільною та збалансованою екологічною системою, рівновага якої, з одного боку, визначається фізіологічними та імунологічними особливостями макроорганізму, з іншого – видовим та кількісним складом мікробних асоціацій та різноманітністю їхньої біологічної активності. У нормальному фізіологічному стані взаємовідносини між макроорганізмом та мікрофлорою носять симбіотичний характер і остання істотно впливає на загальний імунітет та природну резистентність хазяїна до інфекцій, бере активну участь у процесах травлення, синтезу різноманітних біологічно активних речовин. У свою чергу, макроорганізм регулює склад кишкової мікрофлори завдяки таким факторам, як кислотність шлункового соку, вміст жовчних



солей. Ферментовані молочні продукти є основними постачальниками пробіотичних мікроорганізмів, які сприяють підтримці та відновленню мікробної екології людини. До пробіотичних культур, які забезпечують корисну дію на організм споживача і нормалізують склад та функції мікрофлори шлунково-кишкового тракту, належать такі види лакто- та біфідобактерій, як *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium spp.* (*B. adolescentis*, *B. animalis ssp. lactis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*).

**Ключові слова:** ферментовані продукти, кисломолочні продукти, біфідобактерії, харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини, пробіотики.

## Вступ

Біфідобактерії – одна з найбільш важливих груп мікроорганізмів кишківника, які домінують у анаеробній флорі товстої кишки (Solomon, 2023).

Міжнародна молочна федерація називає біопродуктами такі суміші, в яких міститься не менше ніж  $1^{10}$  біфідобактерій в 1 см. Варто зазначити, що для більшості мікроорганізмів, які є представниками нормальної мікрофлори кишкового тракту людини, молоко є несприятливим середовищем для їхнього розвитку. Це пов'язано з тим, що в молоці практично відсутні необхідні для розвитку мікроорганізмів низькомолекулярні сполуки, такі як вільні амінокислоти, моноцукри тощо, а також з тим, що більшість бактерій роду *Lactobacillus*, *Lactococcus* і *Bifidobacterium* належать до облигатних анаеробів, на які негативно діє розчинений в молоці кисень повітря. Тому біфідобактерії, які є анаеробами, в молоці розвиваються дуже повільно (Tsisaryk et al., 2017; Nagovska et al., 2018).

Фахівцями досліджено можливість сумісного використання біфідо- і лактобактерій. Визначено, що значна кількість видів молочнокислих стрептококів і паличок стимулюють ріст біфідофлори в молоці, сприяють збільшенню кількості активних клітин біфідобактерій та інтенсивному накопиченню продуктів їх метаболізму (Naumenko, 2015; Musiy et al., 2017; Solomon, 2023).

Біфідобактерії беруть активну участь у поновленні нормальної мікрофлори кишківника при кишково-шлункових захворюваннях та після лікування антибіотиками. Для стимулювання їх розвитку необхідно використовувати адаптовані до молока штами біфідобактерій, забезпечити склад поживного середовища і стимуляторів росту для їхнього розвитку, а також культивувати їх разом з молочнокислими бактеріями, які володіють високою  $\beta$ -галактозидазною активністю, за рахунок якої підвищується власна ( $\beta$ -галактозидазна активність біфідобактерій (Kochetkova, 2013).

Необхідно визначити склад високоефективних культур мікроорганізмів, які поряд з високою продуктивністю, володіють високою та різноманітною біохімічною активністю. Правильний вибір біологічно активних штамів біфідо- та лактокультур для виробництва ферментованих молочних продуктів дозволяють отримати якість, що відповідає вимогам нормативних документів за органолептичними і фізико-хімічними показниками (Katz et al., 2016; Nachak et al., 2018; Slyvka et al., 2022).

В теперішній час для збагачення молочних продуктів біологічно активними речовинами і надання їм певних реологічних властивостей використовується велика кількість харчових добавок функціональних інгредієнтів: пребіотики, соєві компоненти стабілізу-

ючи добавки, злакові та фруктово-ягідні, плодово-овочеві наповнювачі харчові ароматизатори і барвники (Melnyk et al., 2019; Slyvka et al., 2019).

Головними аргументом на користь функціонального харчування є незадовільний стан здоров'я людей спровокований медико-соціальним становищем несприятливою екологією, стресами, значним погіршенням якісного складу споживаної їжі.

## Мета дослідження

Метою даної роботи є наукове обґрунтування та розроблення кисломолочного синбіотичного напою на основі молочної і рослинної сировини, який ферментовано пробіотичними бактеріями.

## Матеріал і методи досліджень

Як молочну основу використано знежирене молоко, рослинних компонентів – рисове та вівсяне борошно, які містять у своєму складі мінеральні речовини – кальцій, магній, калій, фосфор, вітаміни – В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, ненасичені жирні кислоти – олеїнову і ліноленову, харчові волокна –  $\beta$ -глюкан.

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 ДСТУ 7357:2013, ДСУУ ISO 707:2002.

У склянку місткістю 50 або 100 см<sup>3</sup> наливають (40 ± 5) см<sup>3</sup> 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 пробую, 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  $t = (38 \pm 1) ^\circ\text{C}$  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.

### Результати та їх обговорення

Головним аргументом на користь функціонального харчування є незадовільний стан здоров'я людей, спровокований медико-соціальним становищем несприятливою екологією, стресами, значним погіршення якості складу споживаної їжі.

Нераціональне, розбалансоване харчування розглядають як одну з передумов розладу ліпідного обміну і підвищеного вмісту холестерину, що своєю чергою призводить до виникнення розвитку серцево-судинних захворювань. Споживання харчових продуктів, що містять у високих концентраціях лакто- і біфідобактерії, не тільки забезпечує енергетичні та структурні потреби, а й сприятливо діє на організм людини загалом чи на певні його системи та органи. Для виробництва ферментованих функціональних молочних продуктів з імуномодельючими властивостями можуть бути використані синбіотичні комплекси, до яких належать молочні екстракти коренів *Echinaceae purpurea* та *Echinacea pallida*, бактеріальний концентрат Liobas, Liobas LACID. Отримані ферментовані молочно-рослинні згустки можуть бути основою для виробництва ферментованих напоїв, кисломолочного та домашнього сиру, сирних виробів. Запропоновано як збагачувач використовувати мальтодекстрин, який отримано шляхом ферментативної обробки крохмалю. Він є не тільки вуглеводною добавкою, яка переважає в напоях спортсменів, а й виступає у ролі пребіотика в деяких біологічних препаратах. Мальтодекстрин суттєво впливає на вологотримуючу здатність згустку, на стійкість його до порушення, а також здатність до відновлення. Встановлено, що добавка мальтодекстрину у кількості 5 % забезпечує високу вологотримуючу здатність і поліпшує реологічні властивості кисломолочного напою. При використанні асептичного розливу і термізації тривалість зберігання таких йогуртів при 6 °C зростає до 90 діб.

При використанні вівсяної муки продукти збагачуються речовинами протиатеросклеротичної дії, солями калію і магнію, що особливо корисно для людей похилого віку, а також для людей з захворюваннями серцево-судинної системи, печінки, підшлункової залози.

Вівсяна мука містить велику кількість  $\beta$ -глюкану, який сприяє зниженню холестерину, уповільнює під-

вищення рівня цукру у крові після прийому їжі, забезпечує баланс цукру й інсуліну.

Рисова мука добре перетравлюється, багата крохмалем і ненасиченими жирними кислотами – олеїновою і ліноленою, використовується для відновлення апетиту після важкої хвороби.

Досліджено вплив теплової обробки на кисломолочні напої зі стабілізаторами. Ступінь залежності ефективної вологи від температури майже для всіх зразків кисломолочних напоїв зі стабілізаторами була на 25 % вища, ніж у контрольних зразках. Ступінь втрати ефективної в'язкості в діапазоні температур 4...18 °C може слугувати критерієм для оцінки стабілізуючого ефекту добавок, які характеризують стійкість структури до теплового навантаження. Пектини, які містяться в рослинній сировині та використовуються при виробництві широкого спектру продуктів в харчовій і фармацевтичній промисловості, належать до полісахаридів – гідроколідів. Пектини володіють функціональними властивостями стабілізатора з драглетуючими властивостями, що надає харчовим продуктам специфічної консистенції. Досліджено вплив пектину на коагуляцію білків молока та фізико-хімічні показники кисломолочних продуктів, отриманих при використанні кислотного та термокислотного методів коагуляції. Встановлено, що присутність пектину суттєво впливає на процес утворення гелю та осаду у разі коагуляції білків. Підвищення температури призводить до ущільнення та зневоднення білків молока, а присутність пектину дещо нейтралізує ці процеси. Значно поширився інтерес до використання біофлавоноїдів як харчової добавки в продуктах лікувально-профілактичного призначення. Це можна пояснити широким спектром їх біологічної активності, насамперед вітамінної, антимікробної та антиоксидантної дії.

Для уповільнення процесу окиснення вітаміну С в харчові продукти вводять антиоксиданти. Введення антиокислювача в молочні продукти також відвертає та гальмує процес окиснення жирів молока (Kapreliants, 2004).

Молоко після теплової обробки заквашували симбіотичною сумішшю чистих культур термофільної молочнокислої болгарської палички (*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*) і термофільного молочнокислого стрептококу (*Streptococcus thermophilus*) у співвідношенні 1:4. В ролі антиокислювача використали дигідрокверцетин, який сертифіковано як харчову добавку. Досліджено кислотоутворюючу активність використаних молочнокислих культур в процесі зберігання, життєдіяльність молочнокислих мікроорганізмів і їх морфологію. Встановлено, що додання дигідрокверцетину і аскорбінової кислоти в кількості 0,02 % до маси жиру стимулює ріст і розвиток молочнокислих бактерій.

Запропоновано технологію отримання молочно-полісахаридних концентратів з певним складом і функціональними властивостями, в основі якої використовується процес фракціонування компонентів молочної сировини полісахаридами – пектином, похідними целюлози, альгінатами, мікробними полісахаридами, що дозволяє отримати казеїновий комплекс, сконцен-

трований у п'ять-сім разів, який не змінює свого розчинного колоїднодисперсного стану. Це рідина подібна до вершків 15–30 % жирності, яка повністю розчиняється у воді і молочній сировині. Теплова обробка до 100 °С не змінює його розчинності (Kapreliants & Iorhachova, 2003).

Комбінація кисломолочного продукту з полісахаридами рослинного походження стимулює ріст і активує корисну мікрофлору організму людини, посилює всмоктування кальцію. При виробництві функціональних напоїв запропоновано використовувати сироватко-полісахаридну фракцію (СПФ), яку отримують при розподіленні молока пектином. Встановлено, що СПФ сприяє збільшенню вмісту фосфоліпідів і зниженню рівня тригліцеридів, внаслідок чого зростає антиоксидантна активність крові, зменшується джерело утворення гідроперексидів, знижується кількість перекисних продуктів крові, що сприяє стабілізації клітинних мембран і підвищує стійкість організму до дії несприятливих факторів.

Перспективною сировиною для продуктів функціонального призначення визнано зернові культури та продукти їх переробки. Зародки і висівки пшениці багаті на мінеральні речовини – кальцій, фосфор, магній, залізо; вітаміни – токоферолі, тіамін, рибофлавін, піридоксин, ніацин, поліненасичені жирні кислоти.

Вуглеводи представлені у вигляді крохмалю, клітковини, геміцелюлози, лігніну, гумі та розчинних вуглеводів, до складу яких входить сахароза і вільні редуруючі цукри. Висівки вміщують велику кількість харчових волокон. Сполучення зернових компонентів з молочною основою значно підвищує харчову і біологічну цінність готового продукту.

При розробці кисломолочних функціональних продуктів використовували добавки з топінамбуру у вигляді порошків подрібнених коренів топінамбуру, інуліну, фруктозо-глюкозного сиропу. Визначена оптимальна кількість добавок для йогуртів, ацидофіліну, сирної маси. Розроблені продукти мають однорідну консистенцію, приємний фруктовий присмак, кремний колір, рН 4,1...4,6.

Таким чином, до основних шляхів розвитку молочної промисловості в теперішній час слід зарахувати впровадження нових технологій кисломолочних продуктів, які дають змогу гарантувати безпечність і високу якість продукції, а також підбір відповідних мікроорганізмів і рослинних інгредієнтів, що дозволить значно розширити асортимент ферментованих молочних продуктів функціональної спрямованості та задовольнити вимоги споживачів.

Виробництво структурованих продуктів, в тому числі кисломолочних десертних виробів, є одним з секторів молочної промисловості, який швидко і динамічно розвивається. Визначення стабілізуючої системи для певних молочних десертних продуктів достатньо складне, тому що необхідно приховувати комплекс різних факторів, таких як фізико-хімічні властивості сировини і готової продукції, взаємодію складових компонентів, органолептичні показники, безпечність, вартість, і зручність при використанні. Зростання попиту на молочні десертні продукти сти-

мулює розробку і опановування нових технологій на багатьох молочних підприємствах (Musiy et al., 2020).

Вітчизняні виробники молочних продуктів почали опановувати випуск нових на нашому ринку десертних продуктів з використанням стабілізаторів, які завозяться з-за кордону. Але конкуренція поступово збільшується, що спонукає до відмови від використання імпортованих стабілізуючих систем і перехід на більш дешеві вітчизняні аналоги.

Населення України відчуває гостру потребу в продуктах, збагачених БАД, вітамінами, особливо антиоксидантного ряду, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, комплексами фенольних сполук, різними наповнювачами, які мають оздоровчі та лікувально-профілактичні властивості. Створення і виробництво нових видів комбінованих кисломолочних продуктів дозволяє розширити асортимент, максимально використати всі компоненти молока, вторинну молочну сировину і різні збагачуючі компоненти рослинного походження, які сприяють підвищенню імунного статусу організму людини.

Одним з перспективних напрямків створення функціональних кисломолочних ферментованих продуктів є розробка комплексних заквасок на основі консорціумів пробіотичних бактерій різних таксономічних груп, які стійкіші до несприятливих факторів середовища і володіють більш високою активністю порівняно з заквасками, які виготовлені з використанням чистих монокультур.

Критеріями відбору штамів лакто- і біфідобактерій для заквашувальних композицій є їхня біологічна активність, тобто здатність забезпечити прогнозований функціональний вплив на організм людини, а також технологічні параметри, які дозволяють отримати десертні кисломолочні продукти з певними фізико-хімічними і реологічними властивостями.

Вибір біологічно активних штамів лакто- та біфідокультур для виробництва молочних ферментованих десертних продуктів здійснювали з числа штамів, які знайшли широке використання при виробництві кисломолочних функціональних продуктів. Нами проведено дослідження лактобактерій, що культивуються на кафедрі харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету, для визначення штамів, які мають найбільшу здатність зброджувати лактозу, протеолітичну активність, стійкість до кухонної солі, фенолу та антибіотиків, а також дослідження, які пов'язані з визначенням оптимальних умов культивування молочнокислих бактерій при виробництві десертних ферментованих продуктів функціонального призначення (Tsisaryk et al., 2022).

Для цього використали штам *Lactococcus lactis ssp. lactis*, який широко застосовується при виробництві кисломолочних продуктів. Культивування молочнокислих бактерій проводили на стандартному рідкому середовищі. Облік результатів досліджень проводили шляхом вимірювання оптичної щільності рідких поживних середовищ залежно від часу культивування на фотоелектроколориметрі КФК-3 за загальноприйнятою схемою.

Результати визначення оптимальних умов вирощування мікроорганізмів залежно від рН і температури наведено у **табл. 1** та **табл. 2**.

**Таблиця 1**

Залежність росту *Lactococcus lactis ssp. lactis* від рН поживного середовища

| рН  | Кількість клітин мікроорганізмів, КУО10 <sup>7</sup> /1 см <sup>3</sup> |
|-----|---|
| 5,5 | 275 ± 3,3   |
| 6,0 | 288 ± 23,2  |
| 6,5 | 475 ± 3,5   |
| 7,0 | 496 ± 26,0  |
| 7,5 | 450 ± 21,4  |
| 8,5 | 10 ± 4,5  |

**Таблиця 2**

Залежність росту *Lactococcus lactis ssp. lactis* від температури

| Температура, °С | Кількість клітин мікроорганізмів, КУО 10 <sup>7</sup> в 1 см <sup>3</sup> |
|-----------------|---|
| 32              | 203 ± 35,5  |
| 37              | 495 ± 7,1   |
| 40              | 461 ± 18,4  |
| 45              | 161 ± 18,4  |
| 50              | 19 ± 1,2  |

**Таблиця 3**

Характеристика властивостей досліджених штамів лактобактерій

| Вид лактобактерій                       | Кількість штамів | Кількість споживаної лактози, % | Рівень кислотоутворення, °Т | Кількість життєздатних клітин у згустку |
|---|------------------|---------------------------------|-----------------------------|---|
| <i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>   | 3                | 17,2 ± 4,7                      | 157,6 ± 2,1                 | 8,9 ± 0,2                               |
| <i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i> | 3                | 15,1 ± 6,5                      | 100,8 ± 4,4                 | 8,5 ± 0,2                               |
| <i>Lactobacillus casei</i>              | 3                | 9,4 ± 6,3                       | 145,7 ± 1,3                 | 8,6 ± 0,2                               |
| <i>Lactobacillus plantarum</i>          | 3                | 5,9 ± 2,6                       | 127,2 ± 3,2                 | 8,1 ± 0,2                               |
| <i>S. thermophilus</i>                  | 3                | 38,0 ± 7,3                      | 99,8 ± 1,4                  | 8,3 ± 0,2                               |
| <i>Lactobacillus acidophilus</i>        | 3                | 45,3 ± 6,9                      | 291,9 ± 3,3                 | 8,6 ± 0,2                               |
| <i>L. delbrueckii ssp. bulgaricus</i>   | 3                | 40,5 ± 7,1                      | 305,0 ± 5,1                 | 8,4 ± 0,2                               |

При дії ферменту β-галактозидази на молочний цукор утворюються біфідогенні продукти, які підвищують активність біфідобактерій і стимулюють їх розвиток. Наведені дані свідчать, що всі досліджені штами придатні до розвитку у молоці.

Аналізуючи кислотоутворюючу здатність дослідних штамів молочнокислих бактерій, варто зазначити, що лактококи і стрептококи характеризуються високим рівнем кислотоутворення, але лактобацили *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* і *Lactobacillus acidophilus* перевищують інші молочнокислі бактерії за рівнем кислотоутворення. За даними фахівців, штами молочнокислих стрептококів *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *S. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* продукують

Результати свідчать, що найбільший ріст молочнокислих бактерій *Lactococcus lactis ssp. lactis* – при рН 7,0 і температурі 37...40 °С, мінімальний – при рН 8,5 і температурі 50 °С. Лактоза, що міститься у молоці, є основною поживною речовиною для мікроорганізмів закваски. Нами проведено скринінг молочнокислих бактерій, які оцінювали за такими показниками, як здатність зброджувати лактозу, рівень кислотоутворення та протеолітична активність.

Як поживне середовище використовували знежирене молоко, стерилізоване при температурі (121 ± 2) °С з витримкою (15 ± 5) хв. Енергію кислотоутворення визначали за накопиченням молочної кислоти методом титрування розчином лугу (Solomon, 2018).

Результати проведених досліджень найбільш поширених штамів молочнокислих бактерій за кількістю збродженої за 24 год лактози, рівнем кислотоутворення та кількістю життєздатних клітин мікроорганізмів наведено в **табл. 3**.

Серед досліджених нами штамів високий рівень споживання лактози спостерігається у *Lactobacillus acidophilus*, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, *S. thermophilus*, що узгоджується з літературними даними. Відомо, що найбільший лактозозброджуючий потенціал мають термофільні молочнокислі стрептококи, серед яких найвищою β-галактозидазною активністю володіє використаний нами штам *Str. thermophiles*. Фермент β-галактозидаза термофільного стрептокока найбільш активно гідролізує лактозу молока при рН 6,7. Стимулюють активність β-галактозидази катіони молока (Vlasenko et al., 2009).

переважно L(+) –молочну кислоту, яка є більш фізіологічно сприятливою для організму людини. Ацидофільні палички *Lactobacillus acidophilus* пригнічують шкідливу мікрофлору – сальмонели, стафілококи тощо внаслідок здатності продукувати антибіотики ацидофілія і лактоцидин, дія яких посилюється в присутності молочної кислоти (Tutelian & Smyrnova, 2014).

Оцінку протеолізу білків зазначеними молочнокислими бактеріями визначали за приростом кількості вільних амінокислот у плазмі після осадження білків молока 5,0 % розчином трихлороцтової кислоти щодо контролю – вмісту вільних амінокислот у стерилізованому молоці до процесу ферментації (**табл. 4**).



**Таблиця 4**  
Протеолітична активність лактобактерій

| Вид лактобактерій                       | Кількість досліджених штамів | Приріст вільних амінокислот у плазмі молока, % |           |
|---|------------------------------|--|-----------|
|   |                              | циклічні                                       | ациклічні |
| <i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>   | 3                            | 15–85  | 17–58     |
| <i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i> | 3                            | 1–35   | (-3)–27   |
| <i>Lactobacillus casei</i>              | 3                            | (-4)–16  | 98–175    |
| <i>Lactobacillus plantarum</i>          | 3                            | 45–60  | 101–187   |
| <i>S. thermophilus</i>                  | 3                            | (-24)–78                                       | (-30)–115 |
| <i>Lactobacillus acidophilus</i>        | 3                            | 22–154   | 191–673   |
| <i>L. delbrueckii ssp. bulgaricus</i>   | 3                            | 98–147   | 180–710   |

Наведені в табл. 4 дані свідчать, що досліджені штами лактобактерій мають різну протеолітичну активність. За думкою фахівців, сумарна кількість вільних амінокислот, що міститься у продукті, залежить від процесів протеолітичного розщеплення білків молока, тобто вивільнення амінокислот і пептидів, та одночасного їх споживання в процесі розвитку молочнокислих культур. Найбільший приріст вільних амінокислот спостерігається при ферментації молока лактобактеріями видів *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *L. acidophilus* (Tutelian & Smyrnova, 2014).

Серед досліджених штамів лактобактерій присутні такі, що знижують кількість вільних амінокислот порівняно з початковим рівнем. Такі штами мікроорганізмів для розвитку у молоці потребують додаткового внесення азотовмісних сполук або сумісного використання з іншими молочнокислими культурами, які володіють значною протеолітичною активністю, такими як *L. acidophilus* або *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*. Результати проведених нами пошуків свідчать, що всі досліджені штами молочнокислих бактерій здатні розвиватися у молоці, мають високу активність до зброджування лактози та протеолізу білків молока. Значний вплив на життєздатність лакто- та біфідокультур, які надходять з молочними ферментованими продуктами до організму людини, має травна система. Тому поряд з визначенням кількості зродженої лактози здатністю до кислотоутворення і протеолітичною активністю молочнокислі бактерії оцінювалися нами за стійкістю до умов інгібіторів їх росту – шлункового соку, жовчі, фенолу, хлориду натрію та антибіотиків. Встановлено, що всі дослідні штами

лактобактерій мають стійкість до інгібіторів їх розвитку: кисло середовища, характерного для рН шлунку (рН 2,0), 40 % жовчі, 0,3 % розчину фенолу, 4,0 % кухонної солі, пеніциліну і стрептоміцину, фагочутливість їх перебуває на рівні 1,33 %. Враховуючи відомості щодо видового складу мікрофлори шлунково-кишкового тракту людини, а також досвід з використання чистих культур при виробництві продуктів спеціального призначення (Kryuchkova, 2009), нами для отримання симбіотичних систем і використання їх при створенні ферментованих десертних продуктів функціонального призначення були вибрані кілька штамів біфідобактерій – *Bifidobacterium bifidum* 791, *Bifidobacterium longum subsp. longum* B 379 M, *Bifidobacterium adolescentis* B-1. Проведено дослідження вказаних штамів біфідобактерій на стійкість до інгібіторів росту, а також їх технологічних властивостей за такими показниками, як активність ферментації молока, енергія кислотоутворення, активна кислотність після ферментації (рН), кількість життєздатних клітин у згустку. В роботі використали стерилізоване знежирене молоко, яке нагрівали до температури 40 °С, очищували, нагрівали до температури 65 °С, гомогенізували при тиску P = 15 МПа, стерилізували при температурі (121 ± 2) °С з витримкою (15 ± 5) хв, охолоджували до температури заквашування – (37 ± 1) °С і вносили закваску з чистих культур біфідобактерійу кількості 5,0 %, яка містить 1×10<sup>7</sup> КУО/см<sup>3</sup>, та проводили ферментацію при температурі (37 ± 1) °С. Результати проведеної перевірки вибраних видів біфідобактерій на стійкість до інгібіторів росту наведені у табл. 5.

**Таблиця 5**  
Стійкість досліджених штамів біфідобактерій до інгібіторів росту

| Вид біфідобактерій                   | рН 2 од. | Ph 9 од. | 40 % жовчі | 0,4 % фенолу | 4,5 % NaCl |
|--------------------------------------|----------|----------|------------|--------------|------------|
| <i>Bifidobacterium bifidum</i>       | +        | +        | +          | +            | +          |
| <i>Bifidobacterium longum subsp.</i> | +        | +        | +          | +            | +          |
| <i>Bifidobacterium adolescentis</i>  | +        | +        | +          | +            | +          |

Примітка: “+” – позитивний результат, “-” – негативний результат

Нами встановлено, що дослідні штами біфідобактерій в процесі розвитку мають стійкість до високої концентрації жовчі, фенолу, низьких та високих показників рН, а також не утворюють каталазу і сірководень, не відновлюють нітрати і нітрити, не розріджують желатину. Враховуючи, що між штамами біфідобактерій можливий синергізм, внаслідок чого при їх

сумісному використанні можуть поліпшитися їх технологічні властивості, нами проведені дослідження з визначення можливості використання досліджених штамів біфідобактерій у консорціумі співвідношення 1:1:1 із вмістом біфідобактерій кожного штаму 1×10<sup>4</sup>КУО/см<sup>3</sup>.

Дослідження технологічних властивостей вибраних штамів біфідобактерій та їх консорціуму проводили за такими показниками, як активність фермента-

ції молока, енергія кислотоутворення, активна кислотність після ферментації (рН), кількість життєздатних клітин у згустку (табл. 6).

**Таблиця 6**

Технологічні властивості дослідних штамів біфідобактерій

| Вид біфідобактерій     | Активність ферментації, год | Активна кислотність, рН | Енергія кислотоутворення за час ферментації | Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg КУО/см <sup>3</sup> |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| <i>B. bifidum</i>      | 49 ± 3                      | 4,8 ± 0,2               | 63 ± 4                                      | 8,1 ± 0,2   |
| <i>B. longum</i>       | 48 ± 5                      | 4,8 ± 0,2               | 61 ± 2                                      | 7,9 ± 0,2   |
| <i>B. adolescentis</i> | 49 ± 4                      | 4,7 ± 0,2               | 64 ± 3                                      | 7,8 ± 0,2   |
| Консорціум             | 32 ± 2                      | 4,7 ± 0,1               | 66 ± 3                                      | 8,9 ± 0,1   |

Результати експериментів показали, що всі досліджені штами біфідобактерій, а також їх консорціум, дуже повільно ферментують молоко і утворюють нещільні згустки з відокремленням сироватки. Отримані згустки мають низькі показники титрованої кислотності і рН. Це можливо пояснити тим, що при ферментації лактози, як встановлено рядом дослідників (Bukharin et al., 2018; Solomon & Bondar, 2018), біфідобактерії разом з молочною кислотою накопичують також оцтову кислоту (до 30...40 %), яка має значно вищий ступінь дисоціації, що призводить до зниження активної кислотності молока.

Іони водню, які утворюються внаслідок дисоціації молочної та оцтової кислот, приєднуються до вільних карбоксильних груп кислот і кислотних груп фосфорної кислоти казеїну, придушують їх дисоціацію, і тим самим знижують від'ємний заряд міцел казеїну. Під дією молочної і оцтової кислот відбувається дестабілізація міцели казеїну внаслідок відщеплення від казеїнат кальцій фосфатного комплексу і переходу у плазму фосфату кальцію та органічного кальцію, які є його структурними елементами. Фосфат кальцію під дією молочної і оцтової кислот переходить із нерозчинного стану у розчинний лактат кальцію. Таким чином отримані нами дані свідчать, що біфідобактерії здатні розвиватися в присутності лактози, накопичувати біомасу і знижувати активну кислотність молока.

Для визначення стійкості отриманого нами консорціуму біфідобактерій до несприятливих умов кислотності шлунку та залежно від тривалості зберігання готової продукції, опираючись на результати дослідів фахівців з визначення стійкості окремих видів біфідобактерій в умовах, наближених до шлунку (соляна кислота рН 2,0 і рН 3,0), а також в умовах зберігання готової продукції (молочна кислота рН 3,0 і рН 4), нами проведено дослідження з визначення життєздатності клітин отриманого консорціуму біфідобактерій до аналогічних несприятливих умов, використовуючи обрану фахівцями тривалість витримки: при використанні НС1 – 5,0 год, при використанні молочної кислоти – 24 год. Як контроль використали стерилізоване заквашене молоко (Solomon & Polevoda, 2019).

Дослідження показали, що кількість життєздатних клітин біфідобактерій консорціуму протягом 5 годин зберігання в присутності соляної кислоти поступово зменшується. Але варто зазначити, що порівняно з контролем кількість життєздатних клітин біфідобактерій консорціуму втрачається на рівні (%): протягом

першої години зберігання при рН 3,0 – 0, другої – 0,6, третьої – 1,7, четвертої – 2,5, п'ятої – 5,2; при рН 2,0 відповідно (Solomon et al., 2019). Втрати життєздатних клітин біфідобактерій у консорціумі після п'яти годин зберігання при рН 2,0 майже в 2 рази більші, ніж при рН 3,0.

### Висновки

Отримані результати свідчать, що створення консорціумів з окремих штамів біфідобактерій дозволяє значно поліпшити технологічні властивості біфідобактерій, якщо при використанні окремих культур згустки утворювались через 48...49 годин, то при використанні консорціуму біфідобактерій термін утворення згустків скоротився до 28...32 годин, а кількість життєздатних клітин підвищується у середньому в 3...4 рази, що вказує на відсутність взаємного пригнічення використаних штамів біфідобактерій консорціуму, а також на те, що використані штами біфідобактерій у консорціумі стимулюють розвиток одне одного. При цьому органолептичні показники отриманих кисломолочних згустків не змінюються.

Отже, можна зробити висновок, що для розвитку чистих культур біфідобактерій необхідні біфідостимулюючі фактори, а також мікроорганізми, які здатні в процесі життєдіяльності збагатити поживне середовище доступними для них азотистими та іншими поживними речовинами.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

### References

- Bukharin, O. V., Ivanova, E. V., Perunova, N. B., & Nikiforov, I. A. (2018). Functional groups of the bifidoflora of the intestinal microbiota in human associative symbiosis. *Journal microbiol*, 1, 3–9.
- Hachak, Y., Guttyj, B., Nagovska, V., Slyvka, N., & Ilnytska, A. (2018). Development of recipoces of dairy products of treatment and prophylaxic appointment with cryo powder. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 20(85), 70–75. DOI: 10.15421/nvlvet8513.



- Kapreliants, L. V. (2004). Functional food: current status and development prospects. *Products & Ingredients*, 1, 22–24.
- Kapreliants, L. V., & Iorhachova, K. H. (2003). Funktsionalni produkty. [Functional products] (in Ukrainian).
- Katz, G., Merin, U., Bezman, D., Lavie, S., Lemberskiy-Kuzin, L., & Leitner, G. (2016). Real-time evaluation of individual cow milk for higher cheese-milk quality with increased cheese yield. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4178–4187. DOI: 10.3168/jds.2015-10599.
- Kochetkova, A. A. (2013). Current aspects of technical regulation in the field of healthy food. *Milk processing*, 10, 6–8.
- Kryuchkova, V. V. (2009). Prebiotics in functional fermented milk products. *Dairy industry*, 7, 54–55.
- Melnyk, O., Nemirich, O., Gavrish, A., & Gavrilenko, P. (2019). Technological aspects of production of cream cheese with spinach powder. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), 157–161. DOI: 10.32718/nvlvet-f9126.
- Musiy, L., Tsisaryk, O., Slyvka, I., & Jeremica, N. (2020). Use of stevia in yoghurt technology. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 22(94), 55–60. DOI: 10.32718/nvlvet-f9411.
- Musiy, L., Tsisaryk, O., Slyvka, I., Mykhaylytska, O., & Gutyj, B. (2017). Research into probiotic properties of cultured butter during storing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, 11(87), 31–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.103539.
- Nagovska, V., Hachak, Y., Gutyj, B., Bilyk, O., & Slyvka, N. (2018). Influence of milk thistle shot on quality parameters of the sour-milk beverage. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 3–12. DOI: 10.21303/2461-4262.2018.00672.
- Nagovska, V., Hachak, Y., Gutyj, B., Bilyk, O., & Slyvka, N. (2018). Influence of wheat bran on quality indicators of a sour milk beverage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11(94)), 28–35. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.140093.
- Naumenko, O. V. (2015). Research of interaction between lactobacteria and phage. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 17(1), 68–72. URL: <https://nvlvet.com.ua/index.php/food/article/view/3288>.
- Slyvka, N., Bilyk, O., & Nagovska, V. (2022). Development of the technology of fermented milk drink with goji berries. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), 65–71. DOI: 10.32718/nvlvet-f9711.
- Slyvka, N., Bilyk, O., Mikhailytska, O., & Nagovska, V. (2019). Improvement of technology of curd products with succade from pumpkin. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(92), 47–52. DOI: 10.32718/nvlvet-f9209.
- Solomon, A. (2023). The role of bifidobacteria in the production of functional products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 25(99), 20–26. DOI: 10.32718/nvlvet-f9904.
- Solomon, A. M. (2018). Selection and justification of functional bifidostimulating ingredients for fermented dessert product]. *Collection of scientific papers “Topical issues of processing meat and dairy raw materials”*, 12, 62–71.
- Solomon, A. M., & Bondar, N. N. (2018). Fermented desserts of functional purpose using vegetables. *Zbirnyk naukovykh prats' “Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi”*, 3(102), 168–179. URL: <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/19991.pdf> (in Ukrainian).
- Solomon, A. M., & Polevoda, Yu. A. (2019). Kyslomolochni deserty zbahacheni bifidobakteriyamy. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2(105), 66–74 (in Ukrainian).
- Solomon, A. M., & Polevoda, Yu. A. (2019). Probiotyky i yikh rol' u vyrobnytstvi kyslomolochnykh produktiv spetsial'noho pryznachennya. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 3(106), 56–65 (in Ukrainian).
- Solomon, A. M., Novhorodska, N. V., & Bondar, M. M. (2019). Molochni desertni produkty. *Monohrafiya. Vinnytsya* (in Ukrainian).
- Solomon, A., Bondar, M., & Dyakonova, A. (2019). Substantiation of the technology for fermented sour-milk desserts with bifidogenic properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/11(97), 6–16. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.155278.
- Tsisaryk, O., Musiy, L., Dronyk, G., Drach, M., & Slyvka, I. (2022). Development of kefir technology with celery pure. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(98), 57–64. DOI: 10.32718/nvlvet-f9811.
- Tsisaryk, O., Slyvka, I., & Musiy, L. (2017). Screening of technological properties of natural strains of lactic acid bacteria. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 19(80), 88–92. DOI: 10.15421/nvlvet8018
- Tutelian, V. A., & Smyrnova, E. A. (2014). The role of food micro-ingredients in the creation of modern food. *Food ingredients in the creation of modern food*, 10–24.
- Vlasenko, V. V., Solomon, A. M., & Paulina, Ya. B. (2009). Suchasnyy stan ta perspektyvy vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv funktsional'noho pryznachennya. *Kharchova nauka i tekhnol*, 4(9), 21–23 (in Ukrainian).