

УДК 637.146:579.873

**ПІДБІР ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАКВАШУВАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ
З ПІДВИЩЕНОЮ β -ГАЛАКТОЗИДАЗНОЮ АКТИВНІСТЮ****Мінорова А. В.¹**, к.т.н., с.н.с.,

відділ молочних продуктів та дитячого харчування

<https://orcid.org/0000-0002-7557-1444>**Романчук І. О.¹**, д.т.н., с.н.с. заст. директора з наукової роботи<https://orcid.org/0000-0002-3988-0717>**Даниленко С. Г.¹**, д.т.н., с.н.с. зав. відділом біотехнології<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>**Рудакова Т. В.¹**, к.т.н., с.н.с., відділ молочних продуктів та продуктів дитячого харчування<https://orcid.org/0000-0002-7017-735X>**Крушельницька Н. Л.¹**, н.с. відділ молочних продуктів та дитячого харчування<https://orcid.org/0000-0002-3549-320X>**Потемська О. П.¹**, к.т.н., с.н.с., відділ біотехнології<https://orcid.org/0000-0003-4725-5847>**Наріжний С. А.²**, к.т.н., доцент,

кафедра харчових технологій та технології переробки продуктів тваринництва

<https://orcid.org/0000-0001-5478-3221>¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна²Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-10>

Предмет дослідження. Розроблення технологій ферментованих молочних продуктів зі зниженим вмістом лактози на основі вторинної молочної сировини. **Мета.** Провести дослідження щодо відбору штамів молочнокислих та біфідобактерій з β -галактозидазною активністю, створити композиції на їх основі, розробити технологічний регламент заквашувальних препаратів та перевірити їх ефективність на модельних молочних сумішах на основі маслянки та знежиреного молока. **Результати.** Здійснено скринінг штамів різних таксономічних груп за ознаками, цінними для виробництва низьколактозних ферментованих молочних продуктів, а саме за β -галактозидазною активністю та здатністю утилізувати лактозу. Виявлено, що найбільша β -галактозидазна активність була притаманна штамам *S. thermophilus*, найменшою β -галактозидазною активністю володіли штами – *B. longum*, *B. adolescentis*. Найбільший рівень утилізації лактози було зафіксовано у штамів – *S. thermophilus*, тоді як найменшу інтенсивність ферментації вуглеводу встановлено для *B. longum*. На основі створених різних за складом композицій штамів мікроорганізмів, що відрізняються високою здатністю до синтезу ферменту β -галактозидази, розроблено два заквашувальні препарати: бакпрепарат 1 (*Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *Streptococcus thermophilus*) та бакпрепарат 2 (*B. bifidum*, *B. longum*, *Streptococcus thermophilus*, *Acetobacter acetii*). Ефективність бактеріальних препаратів перевірено на модельних молочних сумішах. Встановлено, що після заквашування модельних сумішей в різних співвідношеннях молока знежиреного та маслянки, заквашувальний препарат 1 має вищу β -галактозидазну активність, оскільки вміст лактози у дослідних зразках зменшився на 26,7-29,0% від початкового, порівняно з препаратом 2, де згаданий показник знизився на 25,6-27,6%. Відмічено, що рівень утилізації лактози вищий у сумішах зі співвідношенням молоко знежирене: маслянка 1,0:1,0 та 0,5:1,5, тобто у маслянці та у сумішах з більшим вмістом маслянки, заквашувальні препарати проявляють вищу β -галактозидазну активність. **Сфера застосування результатів.** Розробка сприятиме насамперед збільшенню на ринку частки заквашувальних препаратів вітчизняного виробництва, які володіють підвищеною β -галактозидазною активністю, що призведе до підвищення конкурентоспроможності молочних продуктів зі зниженим вмістом лактози для харчування людей з лактазною недостатністю.

Ключові слова: лактазна недостатність, штами з β -галактозидазною активністю, композиції штамів, заквашувальні препарати, молоко знежирене, маслянка, модельні молочні суміші, ефективність заквашувальних препаратів

SELECTION AND STUDY OF THE EFFICIENCY OF FERMENTING PREPARATIONS WITH INCREASED β -GALACTOSIDASE ACTIVITY

*Antonina Minorova*¹, Ph.D., Engineering, Senior Researcher,
Department of Dairy Products and Baby Food Products

<https://orcid.org/0000-0002-7557-1444>

*Iryna Romanchuk*¹, D-r of Sc., Engineering, Senior Researcher, Deputy Director

<https://orcid.org/0000-0002-3988-0717>

*Svitlana Danylenko*¹, D-r of Sc., Engineering, Head of Biotechnology Department

<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

*Tetyana Rudakova*¹, Ph.D., Engineering, Senior Researcher,

Department of Dairy Products and Baby Food Products

<https://orcid.org/0000-0002-7017-735X>

*Nataliia Krushelnytska*¹, Researcher of Department of Dairy Products and Baby Food Products

<https://orcid.org/0000-0002-3549-320X>

*Oksana Potemska*¹, Ph.D., Engineering, Senior Researcher of Department of Biotechnology

<https://orcid.org/0000-0003-4725-5847>

*Sergiy Narizhnyi*², Ph.D., Engineering, Associate Professor,

Chair of Food Technology and Technology of Processing of Animal Products

<https://orcid.org/0000-0001-5478-3221>

¹Institute of Food Resources of the NAAS, Kyiv, Ukraine

²Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-10>

Subject of research. One of the promising directions of development of the dairy industry is the development of technologies for fermented dairy products with reduced lactose content based on secondary dairy raw materials. The expediency of the presence of these products on the domestic market is due to the increase in the number of people who are lactose intolerant in the composition of dairy products and the growth of consumer demand for low lactose. **Purpose.** Conduct research on the selection of strains of lactic acid and bifidobacteria with β -galactosidase activity, to create compositions based on them, to develop a technological regulations and to test their effectiveness on model milk mixtures based on buttermilk and skimmed milk. **Results.** Strains of different taxonomic groups were screened for traits valuable for the production of low-lactose fermented milk products, namely for β -galactosidase activity and the ability to utilize lactose. It was found that the highest β -galactosidase activity was characteristic of *S. thermophilus* strains, the lowest β -galactosidase activity was possessed by *B. longum*, *B. adolescentis* strains. The highest level of lactose utilization was recorded in *S. thermophilus* strains, and the lowest intensity of carbohydrate fermentation was determined for *B. longum*. **Results.** On the basis of the created compositions of strains of microorganisms with a high ability to synthesize the β -galactosidase enzyme, 2 leavening preparations were developed: bak preparation 1 (*Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *Streptococcus thermophilus*) and bak preparation 2 (*B. bifidum*, *B. longum*, *Streptococcus thermophilus*, *Acetobacter aceti*). The effectiveness of bacterial preparations was tested on model milk mixtures. It was established that after fermentation of model mixtures in different ratios of skimmed milk and buttermilk, leavening preparation 1 has higher β -galactosidase activity, as the lactose content in the test samples decreased by 26.7-29.0% from the initial level, compared to preparation 2. where the specified indicator decreased by 25.6-27.6%. It was noted that the level of lactose utilization is higher in mixtures with a ratio of skimmed milk: buttermilk of 1.0:1.0 and 0.5:1.5, i.e. in buttermilk and in mixtures with a higher content of buttermilk, leavening preparations show higher β -galactosidase activity. **Scope of research results.** The development will primarily contribute to an increase in the market share of leavening preparations of domestic production, which have increased β -galactosidase activity, which will lead to an increase in the competitiveness of dairy products with a reduced lactose content for the nutrition of people with lactase deficiency.

Key words: lactase deficiency, strains with β -galactosidase activity, composition of strains, leavening agents, skimmed milk, buttermilk, model milk mixtures, effectiveness of leavening agents

Постановка проблеми. Непереносимість лактози пов'язана з первинним або вторинним дефіцитом ферменту лактази в організмі людини [1]. За дефіциту лактази розвивається вторинна лактазна недостатність – гіполактазія, а при її повній відсутності – алактазія, тобто первинна (вроджена) лактазна недостатність [2, 3, 4]. Непереносимість лактози виникає, коли організм людини не в змозі виробляти необхідну кількість лактази, і, отже, неперетравлена харчова лактоза потрапляє в товстий кишківник, де діє як ферментований субстрат для мікрофлори товстої кишки. Це викликає в організмі осмотичну діарею та симптоми дискомфорту, спричинені ферментацією лактози, тобто здуття та біль в животі, метеоризм, судоми тощо [4, 5].

Порушення здатності перетравлювати лактозу значно варіюється в різних країнах і на кожному континенті: від 98-100% дорослих у Південно-Східній Азії до лише 1% у Нідерландах [6]. У Північній та Центральній Європі на непереносимість лактози страждають від 15 до 30%, а у середземноморських країнах – до 60% жителів [7]. У [8] акумульовано дані про фенотип стійкості лактози та частоту генотипу, представлені в усьому світі. Згідно з цим джерелом, лише одна третина людей може перетравлювати молоко та інші багаті лактозою молочні продукти в дорослому віці. В Україні цей показник становить від 15 до 35% дорослого населення [9].

Дієтотерапія, тобто спеціальна дієта з мінімальним вживанням лактози, є основним методом лікування лактазної недостатності [10, 11, 12]. Знизити кількість лактози в дієті можливо за рахунок обмеження або виключення з раціону молочних продуктів, які містять лактозу, або заміни на продукти з мінімальним її вмістом, зокрема кисловершкове масло, тверді сири, кисломолочні продукти. Альтернативою у вирішенні проблеми є розроблення та виробництво низьколактозних та безлактозних молочних продуктів [10, 11, 13].

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 поліпшують апетит, збагачують організм людини біологічно цінними речовинами, поліпшують роботу шлункового-кишкового тракту тощо [14].

Сьогодні ферментовані продукти визначають як їжу або напої, виготовлені за допомогою контрольованого мікробного росту і ферментативного перетворення основних і другорядних харчових компонентів [15]. Вплив кисломолочних продуктів на здоров'я людини був предметом численних досліджень, зокрема епідеміологічних, обсерваційних і клінічних [16]. Багаторічні дослідження довели, що споживання кисломолочних ферментованих продуктів, сприяє покращенню здоров'я людини [17-20].

До найпоширеніших кисломолочних продуктів відносяться йогурт, мацоні, кефір тощо. У світі відомо багато видів таких продуктів відповідно до історичних практик, географії та виду молока. Користь цих продуктів для здоров'я зумовлена дією бактерій, так званих пробіотиків, які належать до родів *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*. У більшості регіонів вимоги до кисломолочних ферментованих продуктів наступні: бактерії повинні бути живими, і їхня кількість становити щонайменше 10^7 КУО/г [21].

Фізіологічні аспекти охоплюють пригнічення росту патогенної мікрофлори, продукування бактеріоцинів, стимулювання імунорегуляції, антиракові властивості які, у сукупності, забезпечують позитивну дію пробіотика на організм людини [14].

Перспективним напрямком створення кисломолочних ферментованих продуктів вважається розробка комплексних заквасок на основі консорціумів пробіотичних бактерій різних таксономічних груп [22]. Це дозволяє отримати кисломолочний продукт із підвищеними пробіотичними характеристиками. Доцільність використання багатощтамових заквасок в технології кисломолочних продуктів доведена багаторічною практикою [23].

Відомо [24], що молочнокислі бактерії володіють достатньо високою β -галактозидазною активністю. Особливо це стосується термофільних молочнокислих стрептококів. Фермент β -галактозидаза, який продукують *Streptococcus thermophilus* активніше гідролізує лактозу молока, порівнянї з іншими мікроорганізмами. Залишковий вміст лактози в кисломолочних продуктах, отриманих ферментацією вказаних культур, зазвичай становить 3,6-3,9%.

Поєднання штамів різних таксономічних груп та використання композицій на основі штамів *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. Longum*, *B. adolescentis* та *Propionibacterium freudenreichii ssp. schermanii* дозволяють отримати молочні продукти зі зниженим вмістом лактози [25].

Посилити корисні властивості від споживання кисломолочних продуктів й одночасно додатково знизити в них вміст лактози можна за рахунок підбору заквашувальних препаратів, які володіють підвищеною β -галактозидазною активністю. Склад і властивості штамів заквашувальних культур та їх композицій, що використовуються в технологіях кисломолочних продуктів стали предметом численних досліджень [15-18, 21-26].

Отже, актуальними визнано дослідження окремих штамів та їх композицій, які застосовуватимуться у виробництві молочних низьколактозних продуктів. Тобто, подальші дослідження у згаданому напрямі нині перспективні та нагальні, оскільки кисломолочні ферментовані продукти зі зниженим вмістом лактози можуть задовольнити потреби категорії населення, які страждають на лактазну недостатність.

Мета. Провести дослідження щодо відбору штамів молочнокислих та біфідобактерій з колекції ІПР НААН за β -галактозидазною активністю, вивчити можливості посилення їх ефективності за рахунок комбінування у складі багатоштамових бактеріальних препаратів, перевірити ефективність заквашувальних препаратів на модельних молочних сумішах на основі маслянки і знежиреного молока.

Матеріали і методи. Предметом досліджень були штами роду *S. thermophilus*; штами біфідобактерій: *B. adolescentis*, *B. bifidum*, *B. gallinarum* та *B. longum*; маслянка, молоко знежирене, модельні молочні суміші на основі вторинної молочної сировини у співвідношеннях молоко знежирене : маслянка як 1,5:0,5; 1,0:1,0; 0,5:1,5 відповідно.

Визначання молочнокислих бактерій проводили згідно з ДСТУ 7999:2015 [27]; біфідобактерій – згідно з ДСТУ 7355:2015 [28]; вмісту лактози – методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі LC-5 (Shimadzu) згідно з ДСТУ ISO 11868:2004 [29]; рівень утилізації лактози визначали розрахунковим методом за різницею вмісту лактози до та після ферментації модельних молочних сумішей.

Активність β -галактозидази оцінювали використовуючи хромогенний субстрат о-нітрофеніл- β -D-галактопіранозид. За одиницю ферментативної активності приймали таку кількість ферменту, яка каталізує гідроліз 1,0 мкМ його з утворенням забарвленого о-нітрофенолу при рН 4,6 і 30 °С за 1 хвилину. Одиниці активності ферменту виражали як мікромолі о-нітрофенолу (індикатору), що виділяється за 1 хвилину в 1 см³ зразка. Інтенсивність забарвлення реєстрували на довжині хвилі $\alpha=0,420$ нм [30]. Використовували наступну формулу для визначення β -галактозидазної активності ферменту в см³ розчину (од/см³/хв):

$$\beta\text{-галактозидаза} = 1000 \times (A_{420} / t \times v) \quad (1)$$

де, t – час реакції в хвилинах,
 v – об'єм зразка,
 A_{420} – оптична густина.

Результати. З колекції промислових штамів мікроорганізмів ППР НААН відібрано штами різних таксономічних груп, що здатні утилізувати лактозу у молоці [24, 31]. Далі наведені характеристики досліджених штамів мікроорганізмів різних таксономічних груп (табл. 1).

Таблиця 1

Лактозоброджувальна активність мікроорганізмів різних таксономічних груп

| Вид лактобактерій | Кількість досліджених штамів | Рівень утилізації лактози, %, M min - M max | Активність β -галактозидази, од/см ³ /хв, M min - M max | Межа кислотоутворення, °Т |
|-------------------------|------------------------------|---|--|---------------------------|
| <i>B. longum</i> | 5 | 10,5-12,1 | 135-154 | 80-120 |
| <i>B. adolescentis</i> | 4 | 15,8-16,7 | 165-180 | 85-156 |
| <i>B. bifidum</i> | 4 | 14,5-17,1 | 156-232 | 95-120 |
| <i>B. gallinarum</i> | 3 | 12,3-15,2 | 180-210 | 80-105 |
| <i>L. cremoris</i> | 10 | 9,0 - 21,3 | 170 - 784 | 90-110 |
| <i>S. thermophilus</i> | 15 | 12-32,0 | 94-4800 | 120-145 |
| <i>L. lactis</i> | 6 | 12,2 - 23,0 | 135 - 845 | 100-120 |
| <i>L. diacetylactis</i> | 8 | 6,1- 20,5 | 80 - 244 | 120-145 |
| <i>L. casei</i> | 4 | 8,9 – 21,9 | 15 - 60 | 164-180 |
| <i>Leuconostoc ssp.</i> | 3 | 6,9 – 15,4 | 110 - 154 | 90-120 |
| <i>Lb. acidophilus</i> | 8 | 9,5-21,5 | 194-320 | 220-280 |

Проведено оцінювання відібраних штамів за показниками, що характеризують активність β -галактозидази та загальний рівень утилізації лактози у середовищі. Цілком очевидно, що від ферментативної активності окремих штамів залежить залишковий вміст лактози у молоці після сквашування заквашувальним препаратом. Представники деяких видів, що використовуються в заквасках для виробництва кисломолочних продуктів, під час росту у монокультурі можуть використовувати від 20 до 30% лактози молока, гідролізуючи її до складових компонентів – глюкози і галактози, накопичуючи при цьому молочну кислоту.

Для продуктів дієтичного призначення широкого застосування набули кисломолочні продукти, збагачені пробіотичними мікроорганізмами. Зокрема, практичний інтерес становлять низьколактозні та безлактозні кисломолочні продукти з високим вмістом біфідобактерій.

Визначання активності β -галактозидази досліджуваних штамів за наведеною вище методикою показало, що найвищий показник β -галактозидазної активності притаманний штамам *S. thermophilus*. Найменшою β -галактозидазною активністю характеризувалися штами *B. longum*, *B. adolescentis*. Серед досліджених культур за показником ферментативної активності β -галактозидази було відібрано шість штамів *S. thermophilus*, шість штамів біфідобактерій – *B. adolescentis*, *B. bifidum*, *B. gallinarum* і *B. longum*.

Поряд із цим слід зазначити, що для штамів *S. thermophilus* рівень утилізації лактози у молоці становив 12...32%, а межа кислотоутворення визначена як 120-145°Т. Найменший рівень утилізації лактози у молоці після ферментації досліджуваними культурами був притаманний *B. longum* (табл. 1).

Штами *S. thermophilus*, що відрізнялися високою здатністю до синтезу ферменту β -галактозидази, були залучені до складу багатоштамових бактеріальних композицій, до яких також увійшли види роду *Bifidobacterium*. Ефективність заквашувальних препаратів для подальшого їх використання під час виробництва кисломолочних напоїв досліджували під час ферментації різних видів молочної сировини, зокрема молока, маслянки та їх сумішей. Результати досліджень підтвердили доцільність введення культур

термофільного стрептококу з підвищеною β -галактозидазною активністю до складу заквашувальної композиції.

На основі відібраних активних штамів скомпоновано дві заквашувальні композиції, а саме композиція 1 – із залученням *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis* і *Streptococcus thermophilus*, та композиція 2 – із залученням *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Streptococcus thermophilus*, та *Acetobacter aceti*. Для цих композицій розроблено технологічний регламент виробництва, що дозволяє забезпечувати стабільну якість препарату та використовувати за призначенням у промислових умовах. Модельні молочні суміші на основі вторинної молочної сировини складені з різним співвідношенням молока знежиреного та маслянки: суміш 1 – 1,5:0,5; суміш 2 – 1,0:1,0; суміш 3 – 0,5:1,5. Дози внесення заквашувальних препаратів та умови заквашування визначено для препаратів однакові. Для контролю проводили заквашування цими препаратами молока знежиреного та маслянки.

У всіх сумішах лактозозброджувальна активність препарату 1 виявилася дещо вищою порівняно з препаратом 2. Так, рівень утилізації лактози під час ферментації препаратом 1 становив 26,7- 29,0% та 25,6-27,6% – для препарату 2 (рис.1).

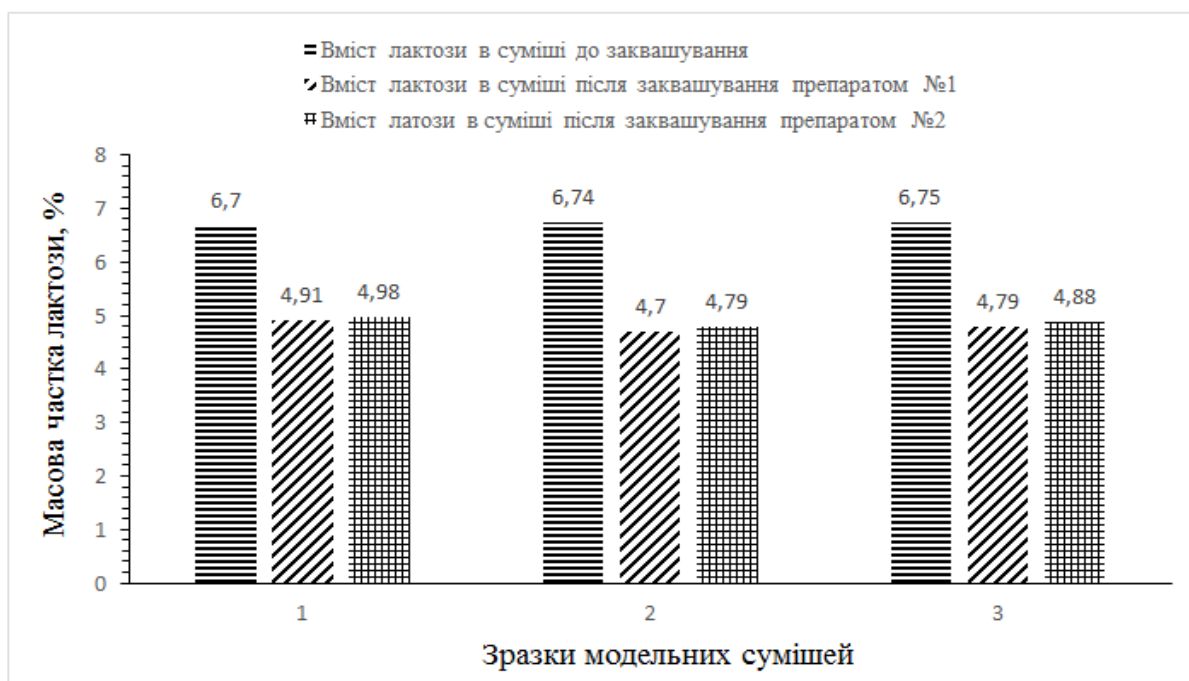


Рис. 1. Вміст лактози у модельних сумішах після заквашування дослідними бактеріальними препаратами

Отримані результати корелюють з даними, отриманими під час ферментації контрольних зразків – знежиреного молока та маслянки (рис. 2).

Порівняння вмісту лактози після сквашування та утворення згустків показало, що зменшення вмісту лактози у вказаних дослідних зразках досягало 28,2% і 24,7% (для молока знежиреного) та 30,0% і 29,7% (для маслянки), відповідно для бактеріальних препаратів 1 та 2. Таким чином можна припустити, що у маслянці та у сумішах з більшим вмістом маслянки, β -галактозидазна активність досліджуваних культур вища.

Визначено фізико-хімічні показники дослідних заквашених зразків, зокрема титровану та активну кислотність (табл. 2).

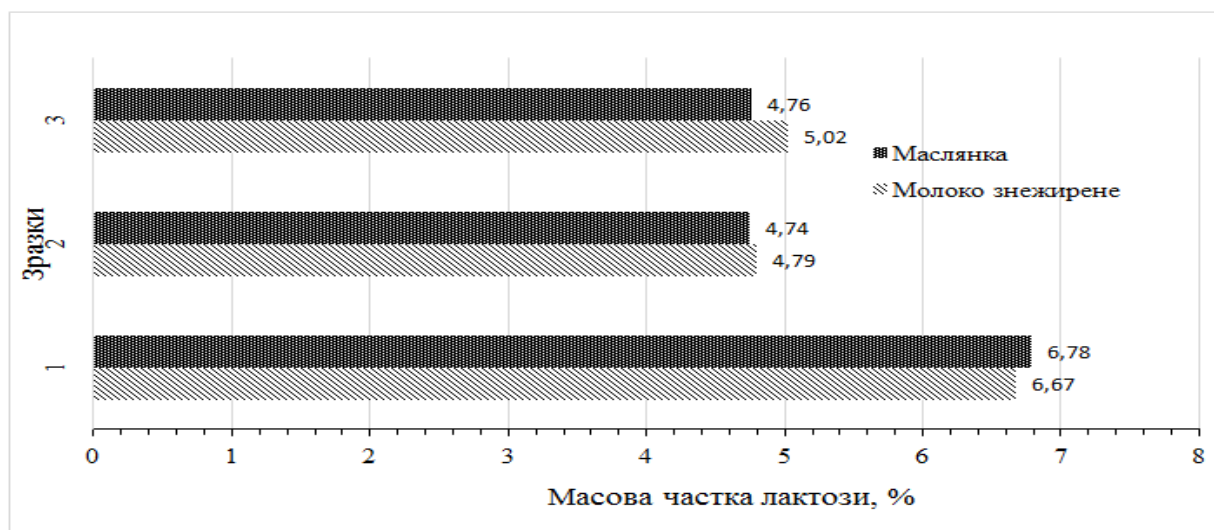


Рис. 2. Вміст лактози у молочній сировині після сквашування досліджуваними бактеріальними препаратами: 1 – вихідна сировина до заквашування; 2 – після заквашування бакпрепаратом №1; 3 – після заквашування бакпрепаратом №2

Таблиця 2

Титрована та активна кислотність дослідних зразків

| № з\п | Співвідношення молоко знежирене : маслянка | | Заквашувальний препарат 1 | | Заквашувальний препарат 2 | |
|-------|--|-----|---------------------------|------|---------------------------|-------|
| | | | pH | °T | pH | °T |
| 1 | 1,5 | 0,5 | 4,578 | 89,0 | 4,340 | 100,0 |
| 2 | 1,0 | 1,0 | 4,390 | 89,0 | 4,070 | 100,0 |
| 3 | 0,5 | 1,5 | 4,175 | 90,0 | 4,204 | 100,0 |
| 4 | 1,0 | - | 4,520 | 90,0 | 4,404 | 100,0 |
| 5 | - | 1,0 | 4,130 | 91,0 | 4,113 | 100,0 |

Встановлено, що титрована кислотність дослідних зразків має нижчі показники при використанні заквашувального препарату 1 (табл. 2). Стосовно активної кислотності, то вона нижча у молочних сумішах із застосуванням заквашувального препарату 2. Таким чином, заквашувальний препарат 2 має більш вищу межу кислотоутворення.

Висновки. Досліджено штами молочнокислих і біфідобактерій з колекції ППР НААН за β-галактозидазною активністю та здатністю утилізувати лактозу. На основі відібраних активних штамів скомпоновано дві заквашувальні композиції, а саме: препарат 1 (*Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *Streptococcus thermophilus*) та препарат 2 (*B. bifidum*, *B. longum*, *Streptococcus thermophilus*, *Acetobacter acetii*). Встановлено, що заквашувальний препарат 1 забезпечує вищий рівень утилізації лактози порівняно з препаратом 2. Після заквашування модельних сумішей в різних співвідношеннях молока знежиреного та маслянки при використанні бактеріального препарату 1 вміст лактози в дослідних зразках зменшився на 26,7-29,0%, при використанні препарату 2 – на 25,6-27,6% порівняно з початковим. Рівень утилізації лактози вищий у сумішах зі співвідношенням молоко знежирене : маслянка 1,0:1,0 та 0,5:1,5. Таким чином можна припустити, що активність β-галактозидази під час ферментації маслянки та сумішей з більшим вмістом маслянки вища. Розроблені бактеріальні препарати в подальшому будуть використовувати у виробництві ферментованих кисломолочних продуктів зі зниженим вмістом лактози для харчування людей з лактазною недостатністю.

Бібліографія

1. Deng Y., Misselwitz B., Dai N., Fox M. Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management. *Nutrients*. 2015. Vol. 7 (9). P. 8020-8035. <https://doi.org/10.3390/nu7095380>.
2. Parker A. M., Watson R. R. Lactose Intolerance. Chapter in a book: *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*. University of Arizona, Tucson, AZ, United States, 2017. P. 205-211. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809762-5.00016-4>.
3. Enattah N. S., Sahi T., Savilahti E., Terwilliger J. D., Peltonen L., Järvelä I. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genetics*. 2002. Vol. 30 (2). P. 233-237. <https://doi.org/10.1038/ng826>.
4. Law D., Conklin J., Pimentel M. Erratum: Lactose intolerance and the role of the lactose breath test. *American Journal of Gastroenterology*. 2010. Vol. 105 (10). P. 2308. <https://doi.org/10.1038/ajg.2010.146>.
5. Suchy F. J., Brannon P. M., Carpenter T. O., Fernandez J. R., Gilsanz V., Gould J. B., Hall K., Hui S. L., Lupton J., Mennella J. NIH consensus development conference statement: Lactose intolerance and health. *NIH Consens. State-Sci. Statements*. 2010. Vol. 27. P. 1-27.
6. Silanikove N., Leitner G., Merin U. The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: Global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients*. 2015. Vol. 7 (9). P. 7312-7331. <https://doi.org/10.3390/nu7095340>.
7. Asociación de Intolerantes a la lactosa España. Primeras Preguntas. Available online: <https://lactosa.org/la-intolerancia/primeras-preguntas/> (accessed on 9 November 2020).
8. Anguita-Ruiz A., Aguilera C.M., Gil Á. Genetics of Lactose Intolerance: An Updated Review and Online Interactive World Maps of Phenotype and Genotype Frequencies. *Nutrients*. 2020. Vol. 12 (9). P. 2689. <https://doi.org/10.3390/nu12092689>.
9. Шадрін О. Г., Гайдучик Г. А., Ковальчук, А. А., Дюкарева С. В., Бондаренко Н. Ю. Оптимізація лікування гастроінтестинальної харчової алергії в дітей раннього віку. *Перинатологія і педіатрія*. 2015. № 3. С. 84-88. http://nbuv.gov.ua/UJRN/perynatology_2015_3_19.
10. Santos G. J., Rocha R., Santana G. O. Lactose intolerance: What is a correct management? *Rev. Assoc. Méd. Bras*. 2019. Vol. 65 (2). P. 270-275. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.2.270>.
11. Ruiz-Matute A. I., Corzo-Martínez M., Montilla A., Olano A., Copovi P., Corzo N. Presence of mono-, di- and galactooligosaccharides in commercial lactose-free UHT dairy products. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2012. Vol. 28 (2). P. 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.06.003>.
12. Heine R. G. Cow's-milk allergy and lactose malabsorption in infants with colic. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2013. 57(SUPPL.1). P. 25-27. <https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000441930.13307.9b>.
13. Мойсеева Л. А., Романчук И. О., Рудакова Т. В. Биотехнология низколактозного продукта на молочной основе. *Пищевая промышленность: наука и технологии* 2017. № 4 (38). С. 42-46.
14. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155278>.
15. Marco M. L., Heeney D., Binda S. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Curr Opin Biotechnol*. 2017. Vol. 44. P. 94-102.
16. Dennis A., Savaiano, Robert W. Hutkins. Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic Review. *Nutrition Reviews*. 2020. Vol. 79 (5) P. 599-614. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>.
17. Ebner S., Smug L.N., Kneifel W., Salminen S. J., Sanders E.M. Probiotics in dietary guidelines and clinical recommendations outside the European Union. *World J Gastroenterol*. 2014. Vol. 20 (43). P. 16095-16100. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i43.16095>.
18. Chilton S.N., Burton J.P., Reid G. Inclusion of fermented foods in food guides around the world. *Nutrients*. 2015. Vol.7. P. 390-404. <https://doi.org/10.3390/nu7010390>.
19. Gomez-Gallego C., Gueimonde M., Salminen S. The role of yogurt in food-based dietary guidelines. *Nutrition Rev*. 2018. Vol. 76. P. 29-39. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy059>.
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Codex Alimentarius, Milk and Milk Products*. 2nd edn. Rome; 2011. Available at: <http://www.fao.org/docrep/015/i2085e/i2085e00.pdf>. Accessed July 8, 2019.

21. Hill D., Ross R. P., Arendt E. Microbiology of yogurt and bio-yogurts containing probiotics and prebiotics. In: Shah NP, ed. *Yogurt in Health and Disease Prevention*. Elsevier, London: Academic Press. 2017. Vol.17. P. 69-85. ISBN: 978-0-12-805134-4.
22. Даниленко С. Г., Науменко О. В., Потемська О. І. Біотехнологія як основа сучасних технологій виробництва харчових продуктів. *Продовольчі ресурси*. 2019. № 12. С. 64-73. doi.org/10.31073/foodresources2019-12-07.
23. Соломон А. Н. Выбор и обоснование функциональных бифидостимулирующих ингредиентов для десертных ферментированных продуктов. Сборник научных трудов «Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья». Минск, 2018. № 12. С. 62-71. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>.
24. Кігель Н. Ф., Шульга Н. М. Заквашувальні культури для ферментованих молочних продуктів – сьогоднішня та перспективи. *Пищевые технологии*. 2007. № 2. С. 24-26. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/19751>.
25. Потемська О. І., Кігель Н. Ф., Даниленко С. Г., Копилова К. В. β -галактозидазна активність бактерій як критерій відбору штамів до складу бактеріальних препаратів. *Харчова наука і технологія*. 2017. №11(3). С. 35-40. doi.org/10.15673/fst.v11i3.604.
26. Дідух Н. А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення: дис. д-ра техн. наук: 05.18.16. Одеська національна академія харчових технологій МОН України, Одеса, 2008.
27. ДСТУ 7999:2015 Продукти харчові. Методи визначання молочнокислих бактерій. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2016. 45 с.
28. ДСТУ 7355:2013 Молоко, молочні продукти та закваски. Метод визначання кількості біфідобактерій. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ. Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с.
29. ДСТУ ISO 11868:2004 Молоко термічно оброблене. Визначання вмісту лактулози методом вискоєфективної рідинної хроматографії (ISO 11868:1997, IDT) [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ. Держспоживстандарт України, 2006. 7 с.
30. Von Suhr M., de Vrese V., Barth C.A. (1995). Differenzierende Untersuchungen zur β -Galactoseaktivität von Wirt- und Microflora nach Jogurtverzehr. *Milchwissenschaft*. Vol. 50 (11). P. 629-633.
31. Мінорова А. В., Даниленко С. Г., Рудакова Т. В., Крушельницька Н. Л., Моїсеєва Л. О., Наріжний С. А. Біотехнологічні аспекти застосування штамів з β -галактозидазною активністю у виробництві ферментованих молочних продуктів. *Продовольчі ресурси*. 2021. № 16. С.117-134. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-12>.

References

1. Deng, Y., Misselwitz, B., Dai, N., Fox, M. (2015). Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management. *Nutrients*. Vol. 7 (9). P. 8020-8035. <https://doi.org/10.3390/nu7095380>.
2. Parker, A. M., Watson, R. R. (2017). Lactose Intolerance. Chapter in a book: *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*. University of Arizona, Tucson, AZ, United States, P. 205-211. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809762-5.00016-4>.
3. Enattah, N. S., Sahi, T., Savilahti, E., Terwilliger, J. D., Peltonen, L., Järvelä, I. (2002). Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genetics*. Vol. 30 (2). P.233-237. <https://doi.org/10.1038/ng826>.
4. Law, D., Conklin, J., Pimentel, M. (2010). Erratum: Lactose intolerance and the role of the lactose breath test. *American Journal of Gastroenterology*. Vol. 105 (10). P. 2308. <https://doi.org/10.1038/ajg.2010.146>.
5. Suchy, F. J., Brannon, P. M., Carpenter, T. O., Fernandez, J. R., Gilsanz, V., Gould, J. B., Hall, K., Hui, S. L., Lupton, J., Mennella, J. (2010). NIH consensus development conference statement: Lactose intolerance and health. *NIH Consens. State-Sci. Statements*. Vol. 27. P.1-27.
6. Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. (2015). The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: Global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients*. Vol. 7 (9). P. 7312-7331. <https://doi.org/10.3390/nu7095340>.
7. Asociación de Intolerantes a la lactosa España. *Primeras Preguntas*. Available online: <https://lactosa.org/la-intolerancia/primeras-preguntas> (accessed on 9 November 2020).

8. Anguita-Ruiz, A., Aguilera, C. M., Gil, Á. (2020). Genetics of Lactose Intolerance: An Updated Review and Online Interactive World Maps of Phenotype and Genotype Frequencies. *Nutrients*. Vol. 12 (9). P. 2689. <https://doi.org/10.3390/nu12092689>.
9. Shadrin, O. H., Haiduchyk, H. A., Kovalchuk, A. A., Diukareva, S. V., Bondarenko, N. Iu. (2015). Optymizatsiia likuvannia hastrointestynalnoi kharchovoi alerhii v ditei rannoho viku. [Optimization of treatment of gastrointestinal food allergy in young children]. *Perynatolohyia y pedyatryia*. [Perinatology and pediatrics]. № 3. P. 84-88. http://nbuv.gov.ua/UJRN/perynatology_2015_3_19. [in Ukrainian].
10. Santos, G. J., Rocha, R., Santana, G. O. (2019). Lactose intolerance: What is a correct management? *Rev. Assoc. Méd. Bras.* Vol. 65(2). P. 270-275. 10.1590/1806-9282.65.2.270.
11. Ruiz-Matute, A. I., Corzo-Martínez, M., Montilla, A., Olano, A., Copovi, P., Corzo, N. (2012). Presence of mono-, di- and galactooligosaccharides in commercial lactose-free UHT dairy products. *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 28 (2). P. 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.06.003>.
12. Heine, R. G. (2013). Cow's-milk allergy and lactose malabsorption in infants with colic. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 57 (Suppl.1). P. 25-27. <https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000441930.13307.9b>.
13. Moiseeva, L. A., Romanchuk, I. O., Rudakova, T. V. (2017). Biotehnologiya nizkolaktoznogo produkta na molochnoj osnove. [Biotehnologiya nizkolaktoznogo produkta na molochnoj osnove]. *Pishevaya promyshlennost: nauka i tehnologii* [Pishevaya promyshlennost: nauka i tehnologii]. № 4 (38). P. 42-46. [in russian].
14. 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*. Vol. 1 (11 (97)). P. 6-16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155278>.
15. Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Curr Opin Biotechnol*. Vol. 44. P. 94-102.
16. Dennis, A. Savaiano, R., Hutkins, W. (2020). Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic Review. *Nutrition Reviews*. Vol. 79 (5) P. 599-614. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>.
17. Ebner, S., Smug, L. N., Kneifel, W., Salminen, S. J., Sanders E. M. (2014). Probiotics in dietary guidelines and clinical recommendations outside the European Union. *World J Gastroenterol*. Vol. 20 (43). P.16095-16100. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i43.16095>.
18. Chilton, S. N., Burton, J. P., Reid, G. (2015). Inclusion of fermented foods in food guides around the world. *Nutrients*. Vol. 7. P. 390-404. <https://doi.org/10.3390/nu7010390>.
19. Gomez-Gallego, C., Gueimonde, M., Salminen, S. (2018). The role of yogurt in food-based dietary guidelines. *Nutrition Rev*. Vol. 76. P. 29-39. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy059>.
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Codex Alimentarius, Milk and Milk Products*. 2nd edn. Rome; 2011. Available at: <http://www.fao.org/docrep/015/i2085e/i2085e00.pdf>. Accessed July 8, 2019.
21. Hill, D., Ross, R. P., Arendt, E. (2017). Microbiology of yogurt and bio-yogurts containing probiotics and prebiotics. In: Shah NP, ed. *Yogurt in Health and Disease Prevention*. Elsevier, London: Academic Press. Vol. 17. P. 69-85. ISBN: 978-0-12-805134-4.
22. Danylenko, S. H., Naumenko, O. V., Potemka, O. I. (2019). Biotekhnolohiia yak osnova suchasnykh tekhnolohii vyrobnytstva kharchovykh produktiv. [Biotechnology as the basis of modern food safety technology]. *Prodovolchi resursy*. [Food resources.] № 12. P. 64-73. doi.org/10.31073/foodresources2019-12-07 [in Ukrainian].
23. Solomon, A. N. (2018). Vybor i obosnovanie funktsional'nykh bifidostimuliruyushchih ingredientov dlya desertnykh fermentirovannykh produktov. [Choice and substantiation of functional bifidostimulating ingredients for dessert fermented products]. *Sbornik nauchnykh trudov «Aktualnye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syrya»* [Collection of scientific papers "Actual issues of processing meat and dairy raw materials"]. Minsk, № 12. P. 62-71. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013> [in russian].
24. Kihel, N. F., Shulha, N. M. (2007). Zakvashivalni kultury dlia fermentovanykh molochnykh produktiv – sohodennia ta perspektyvy. [Fermenting cultures for fermented milk products – present and prospects.]. *Pishchevie tekhnologii*. [Food technologies]. № 2. P. 24-26. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/19751> [in Ukrainian].

25. Potemskaya, O. I., Kihel, N. F., Danylenko, S. H., Kopylova, K. V. (2017). β -halaktozydazna aktyvnist bakterii yak kryterii vidboru shtamiv do skladu bakterialnykh preparativ. [β -galactosidase activity of bacteria as a criterion for selection of strains for the composition of bacterial preparations]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. [Food science and technology]. №11 (3). P. 35-40. doi.org/10.15673/fst.v11i3.604 [in Ukrainian].
26. Didukh, N. A. (2008). *Naukovi osnovy rozrobky tekhnolohii molochnykh produktiv funktsionalnogo pryznachennia: dys. d-ra tekhn. nauk: 05.18.16 / Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii MON Ukrainy, Odesa*. [in Ukrainian].
27. DSTU 7999:2015. (2016). *Produkty kharchovi. Metody vyznachannia molochnokyslykh bakterii*. [DSTU 7999:2015 Food products. Methods of determining lactic acid bacteria. Chynnyi vid 2017-01-01]. Vyd. ofits. DP «UkrNDNTs» [UkrNDNC]. 45 p. [in Ukrainian].
28. DSTU 7355:2013. (2014). *Moloko, molochni produkty ta zakvasky. Metod vyznachannia kilkosti bifidobakterii*. [DSTU 7355:2013 Milk, dairy products and leavens. Method for determining the number of bifidobacteria. Chynnyi vid 2014-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv. Minekonomrozyvku Ukrainy [Ministry of Economic Development of Ukraine]. 15 p. [in Ukrainian].
29. DSTU ISO 11868:2004. (2006). *Moloko termichno obroblyne. Vyznachannia vmistu laktulozy metodom vysokoefektyvnoi ridynnoi khromatohrafii (ISO 11868:1997, IDT)* [DSTU ISO 11868:2004 Heat-treated milk. Determination of lactulose content by high-performance liquid chromatography (ISO 11868:1997, IDT)]. Chynnyi vid 2006-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy [Derzhspozhyvstandart of Ukraine]. 7 p. [in Ukrainian].
30. Von Suhr, M., De Vrese, V., Barth, C. A. (1995). *Differezierende Untersuchungen zur β -Galactoseaktivität von Wirt- und Microflora nach Jogurtverzehr*. *Milchwissenschaft*. Vol. 50 (11). P. 629-633.
31. Minorova, A. V., Danylenko, S. H., Rudakova, T. V., Krushelnytska, N. L., Moiseieva L. O., Narizhnyi, S. A. (2021). *Biotekhnolohichni aspekty zastosuvannia shtamiv z β -halaktozydaznoiu aktyvnistiu u vyrobnytstvi fermentovanykh molochnykh produktiv*. [Biotechnological aspects of using strains with β -galactosidase activity in the production of fermented dairy products]. *Prodovolchi resursy* [Food resources]. № 16. P.117-134. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-12>. [in Ukrainian].