

УДК 637.146:579.873

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАКТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ЗАКВАШУВАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ
У МОЛОЧНИХ СУМІШАХ НА ОСНОВІ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ****Романчук І. О.**, д.т.н., с.н.с., заст. директора<https://orcid.org/0000-0002-3988-0717>**Моїсєєва Л. О.**, к.т.н., с.н.с.<https://orcid.org/0000-0001-8845-1487>**Мінорова А. В.**, к.т.н., с.н.с., зав. відділу<https://orcid.org/0000-0002-7557-1444>**Рудакова Т. В.**, к.т.н., с.н.с.<https://orcid.org/0000-0002-7017-735X>**Крушельницька Н. Л.**, н.с.<https://orcid.org/0000-0002-3549-320X>

відділ молочних продуктів та продуктів дитячого харчування

Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-12>

Предмет. Кисломолочні продукти багаті на поживні та біологічно активні речовини, що підвищують їх біологічну цінність та надають специфічні, пробіотичні властивості. Основна роль у забезпеченні цих властивостей належить мікроорганізмам, які входять до складу заквасок. Завдяки бактеріальним ферментам відбувається розщеплення лактози, що зменшує прояви непереносимості молочних продуктів у людей інтолерантних до лактози. Крім різних видів молока, для виробництва кисломолочних напоїв використовують іншу сировину, у тому числі, такі продукти переробки молока як сироватка, маслянка та їхні суміші. Для забезпечення належного рівня утилізації лактози в різних видах молочної сировини доцільно використовувати заквашувальні культури з високою β -галактозидазною активністю, що забезпечують стабільність і належний перебіг сквашування. **Мета.** Вивчення лактозозброджувальної активності заквашувальних препаратів у молочному середовищі на основі вторинної молочної сировини, перевірка їх ефективності для подальшого використання у технологіях низьколактозних ферментованих молочних продуктів. **Методи.** Основні фізико-хімічні показники маслянки та сумішей маслянка-ретенат, маслянка-молоко знежирене визначали за загальноприйнятими стандартизованими методами досліджень. Вуглеводний склад визначали хроматографічним методом з використанням вискоефективного рідинного хроматографа LC-20 («Shimadzu») з рефрактометричним детектором, колонка HC-75-Sa++ (250×4,7 мм). **Результати.** Встановлено рівень утилізації лактози заквашувальними препаратами прямого внесення. Всі дослідні зразки заквашувальних препаратів забезпечували гідроліз лактози на рівні не нижче 20% від початкового вмісту. Найвищий рівень утилізації лактози зафіксовано при використанні заквашувального препарату для йогурту, найнижчий – заквашувального препарату для кефіру. Відмічено достатньо високий вміст накопичення галактози у середовищі ферментації. **Сфера застосування результатів.** Отримані результати у подальшому будуть використані у розробленні технології виробництва низьколактозних кисломолочних продуктів на основі вторинної молочної сировини.

Ключові слова: β -галактозидазна активність, заквашувальні культури, маслянка, ретенат, молоко знежирене, лактоза, галактоза, рівень утилізації лактози.

STUDY OF LACTASE ACTIVITY OF STARTER CULTURES IN MILK MIXTURES BASED ON SECONDARY MILK RAW MATERIALS

Iryna Romanchuk, D-r of Sciences, Engineering,

Senior Researcher, Deputy Director

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

Liudmyla Moiseieva, Ph.D., Senior Researcher

<https://orcid.org/0000-0001-8845-1487>

Antonina Minorova, Ph.D, Senior Researcher, Head of Department

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

Tatiana Rudakova, Ph.D., Engineering, Senior Researcher,

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

Nataliia Krushelnyska, Researcher,

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

Department of Dairy Products and Baby Food Products

Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-12>

Subject. Fermented milk products are rich in nutrients and biologically active substances that increase their biological value and provide specific, probiotic properties. The main role in ensuring these properties belongs to the microorganisms of a starter. Due to bacterial enzymes, lactose is broken down, which reduces the manifestations of intolerance to dairy products in lactose-intolerant people. In addition to different types of milk, other dairy raw materials are used for the production of fermented milk drinks, including milk processing products such as whey, buttermilk, and their mixtures. To ensure the proper level of lactose utilization in various types of dairy raw materials, it is advisable to use fermentation cultures with high β -galactosidase activity thus ensuring the stability of the proper course of fermentation. **Purpose.** Is to study the lactose-fermenting activity of starter in a dairy environment based on secondary dairy raw materials, to check their effectiveness for further use in the technologies of low-lactose fermented dairy products. **Methods.** The main physical and chemical parameters of buttermilk and mixtures of buttermilk-retentate, buttermilk-skimmed milk were determined according to generally accepted standardized research methods. Carbohydrate composition was determined by the chromatographic method using a highly efficient liquid chromatograph LC-20 ("Shimadzu") with a refractometric detector, column HC-75-Ca++ (250×4.7 mm). **Results.** The level of utilization of lactose by leavening preparations directly applied. All experimental samples of leavening preparations provided hydrolysis of lactose at a level not lower than 20% of the initial content. The highest level of lactose utilization was recorded when using a starter preparation for yogurt, the lowest – with a starter preparation for kefir. A sufficiently high content of galactose accumulation in the fermentation medium was noted. **Scope of results.** The obtained results will be used in the future in the development of technology for the production of low-lactose fermented milk products based on secondary dairy raw materials.

Key words: β -galactosidase activity, fermentation cultures, buttermilk, retentate, skimmed milk, lactose, galactose, level of lactose utilization.

Постановка проблеми. Молоко, як джерело корисних нутрієнтів, має чисельні харчові переваги. Водночас для певної категорії споживачів, до яких належать як діти так і дорослі, молочні продукти можуть бути вимушено виключені або зменшені у раціоні харчування через непереносимість лактози – основного вуглеводу молока. Такі люди мають знижену толерантність до лактози, що пов'язано з відсутністю чи недостатністю в організмі людини лактази – ферменту необхідного для розщеплення лактози [1, 2].

Лактазна недостатність широко розповсюджена та зустрічається практично у всіх вікових групах населення. Основними симптомами лактазної недостатності є порушення роботи шлунково-кишкового тракту. За даними ВООЗ в світі близько 70-75% населення не здатні нормально засвоювати лактозу молока [3,4], у Європі цей показник становить 12-17%. Для України показник розповсюдження лактазної недостатності становить 15-35%

населення, при цьому частка дітей складає 5,8%. Найвищий рівень захворюваності на лактазну недостатність реєструється серед дітей віком від 10 до 16 років, що збігається з формуванням фізіологічної інсулінорезистентності та критичним періодом ризику виникнення ожиріння [5].

Наявність невеликої кількості лактози в кишківнику є необхідною для формування і розвитку нормальної мікробіоти. Лактоза є поживним субстратом переважно для молочнокислих та біфідобактерій. Під дією ферментів молочнокислих бактерій з неї утворюються коротколанцюгові жирні кислоти, молочна і піровиноградна кислоти, вуглекислий газ, водень і вода. Кислоти метаболізуються та частково всмоктуються у товстому кишківнику, забезпечуючи процеси енергообміну, регенерації та диференціації клітин кишкового епітелію, позитивно впливаючи на формування нормального біоценозу з домінуванням біфідобактерій, а сформоване кисле середовище перешкоджає розвитку гнилісної мікрофлори [6].

Наразі одним з підходів до лікувально-реабілітаційних заходів для людей з лактазною недостатністю є застосування пробіотиків з високим рівнем β -галактозидазної активності. Пробіотики, що застосовуються при лактазній недостатності, поряд зі здатністю розщеплювати лактозу, повинні активізувати ферментативну активність індигенної мікрофлори кишківника. Загалом лактазна активність препаратів пробіотиків здатна забезпечувати належний рівень розщеплення лактози у кишківнику та її засвоєння організмом людини [7].

Поширеним технологічним рішенням щодо проблеми забезпечення харчування споживачів з порушенням перетравлюваності лактози стали низько- та безлактозні продукти, у яких лактозу видаляють або гідролізують за рахунок проведення спеціальних технологічних операцій на етапі виробництва. Певною мірою, це стосується, насамперед, кисломолочних продуктів, коли лактоза зброджується до молочної кислоти під час молочнокислого бродіння. Кисломолочні продукти містять менше лактози, але багаті на поживні та біологічно активні речовини (ферменти, вітаміни, антибактеріальні речовини, поліпептидами, вільні амінокислоти, органічні кислоти), що підвищують їхню біологічну цінність, надаючи специфічні властивості.

Відомо, що більшість штамів заквашувальних культур володіють вибірковою ферментативною активністю відносно лактози, однак її фактичний вміст в кисломолочних продуктах зменшується в незначній мірі [8]. Зокрема, вміст лактози в сирі кисломолочному становить – від 1,8 до 2,8%, в сметані – від 2,6 до 3,1%, в кефірі – від 3,8 до 5,1%, в йогурті – близько 3%. За даними [9] молочнокислі лактококи, які входять до складу багатьох заквасок для кисломолочних продуктів, утилізують близько 0,4-0,45% лактози молока. Вміст лактози в кисломолочних продуктах, які отримані з використанням цих мікроорганізмів, коливається в межах 4,0-4,5% [9]. За результатами досліджень [10] серед молочнокислих стрептококів найвищим лактозозброджувальним потенціалом володіють термофільні молочнокислі стрептококи. Фермент β -галактозидаза, що виробляється *S. thermophilus*, більш активно гідролізує лактозу молока, проявляючи при цьому високий рівень активності та стабільності. Чисті культури *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* зброджують глюкозу гліколітичним шляхом з утворенням L (+) ізомеру молочної кислоти. Галактоза, що утворюється при ферментативному гідролізі лактози, не утилізується даними мікроорганізмами і залишається в продукті. Масова частка лактози, яка розщеплюється *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, складає 0,8-1,2%. Залишковий вміст лактози в кисломолочних продуктах, отриманих ферментацією цими культурами, становить 3,6-3,9%.

Традиційно для виробництва йогуртів використовують закваски, до складу яких входять *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* у співвідношенні 1:1. Симбіотичні стосунки між *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* та *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* можна пояснити їх обміном речовин, способами харчування та умовами розвитку. *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* має виражену

протеолітичну активність, і виділяє валін – амінокислоту, яка стимулює ріст та розвиток *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. При зброджуванні лактози переважно утворюється D (-) ізомери молочної кислоти, галактозу вказані штами не розщеплюють. Штами *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* утворюють також ацетальдегід, який надає продукту специфічний смак і аромат і антибіотичні речовини, що пригнічують патогенну мікрофлору [11]. При руйнуванні клітин *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* в тонкому кишечнику вивільняється велика кількість β-галактозидази, яка може виконувати функцію кишкового ферменту [12].

Мікроорганізми виду *Lactobacillus acidophilus* володіють антогоністичними властивостями відносно патогенної та умовно-патогенної мікрофлори, що обумовлено продукуванням антибіотиків – ацидофіліну, лактоцидину, дія яких підсилюється в присутності молочної кислоти [9]. Штами *Lactobacillus acidophilus* є сильними кислотоутворювачами, при ферментації молока розщеплюється 0,9-1,0% лактози, утворюючи L (+) чи DL – ізомери молочної кислоти. Зброджування лактози чистими культурами *Lactobacillus acidophilus* здійснюється гліколітичним шляхом з утилізацією глюкози і галактози [13].

У складі кефірних грибків описано присутність більш ніж 20 видів молочнокислих бактерій різних родів, більш ніж 10 видів і родів дріжджів, 2 види оцтовокислих бактерій. Серед дріжджів одночасно присутні культури лактозозброджуючі, так не здатні зброджувати лактозу [14].

Переважає більшість біфідобактерій володіє низькою β-галактозидазною активністю [9]. Вважають, що вона може активізуватися за рахунок високої β-галактозидазної активності інших заквашувальних культур. За таких умов біфідобактерії набувають властивість накопичувати з лактози необхідні для свого росту сполуки: глюкозу та олігоцукри. У зв'язку з цим доцільним є культивування біфідобактерій разом з молочнокислими культурами, що володіють високою β-галактозидазною активністю. Йогурти, отримані ферментацією молока такою закваскою, мають пробіотичні властивості, нормалізують кишкову мікрофлору, знижують рівень холестерину, виводять токсини та активізують імунітет [13].

Отже, враховуючи значний біологічний потенціал заквашувальних культур, що використовуються для ферментації молока під час виготовлення різних видів кисломолочних продуктів, доцільним є оцінювання їхньої лактозозброджувальної активності в інших ростових середовищах, зокрема у продуктах переробки молока, для подальшого використання в технологіях низьколактозних кисломолочних продуктів.

Мета роботи – підібрати заквашувальні препарати з високою здатністю до утилізації лактози та перевірити їх ефективність, з метою подальшого використання у технології виробництва низько- та безлактозних ферментованих молочних продуктів на основі вторинної молочної сировини.

Матеріали та методи. Як вторинну молочну сировину використовували знежирене молоко, маслянку, ретентат отримані при переробленні молока. Фізико-хімічні показники використовуваної сировини та підготовлених на її основі дослідних сумішей визначали за загальноприйнятими стандартизованими методами досліджень. Дослідні зразки включали: маслянку; суміш маслянка-ретентат, суміш маслянка-молоко знежирене. Вуглеводний склад визначали хроматографічним методом з використанням високоефективного рідинного хроматографа LC-20 («Shimadzu») з рефрактометричним детектором, колонка HC-75-Ca⁺⁺ (250×4,7 мм). Розрахунок вмісту вуглеводів проводили за стандартними зразками. Результати експериментальних даних оброблювали методом математичної статистики.

Для досліджень було застосовано комерційні препарати прямого внесення («Іпровіт»[®]): заквашувальний препарат для йогурту на основі чистих культур *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*; заквашувальний препарат для йогурту додатково збагачений *Lactobacillus acidophilus*;

заквашувальний препарат для йогурту з біфідобактеріями; заквашувальний препарат для кефіру на основі симбіотичної кефірної закваски; заквашувальний препарат для ряжанки на основі чистих культур *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*.

Результати досліджень та їх обговорення. Проблема ресурсозбереження залишається актуальною для молочної галузі особливо в нинішніх умовах падіння обсягів виробництва молока-сировини та впливу зовнішніх факторів. Розроблення технологій раціонального використання побічних продуктів переробки молока затребувані не тільки з огляду на необхідність раціонального використання сировини, але й потреби насичення ринку продукцією відповідно до сучасних тенденцій у харчуванні, зокрема, низько- та безлактозних продуктів та продуктів, збагачених корисними нутрієнтами. Регулярне споживання молочних продуктів сприяє покращенню стану здоров'я людей, які страждають на порушення обміну речовин та серцево-судинні захворювання [15, 16].

Нині триває пошук можливостей використання вторинної молочної сировини та напрямів залучення її до харчового раціону [17]. На більшості вітчизняних підприємств побічні продукти переробки молока, які утворюються при виробництві основного продукту, переробляють в неповному обсязі (знежирене молоко, маслянка, молочна сироватка), що призводить до втрати багатьох корисних складових молока [18].

Предметом досліджень були обрані маслянка та її суміші: маслянка-ретентат, маслянка-молоко знежирене. За своїм складом маслянка є цінним продуктом переробки молока, що характеризується наявністю сироваткових білків, вітамінів, фосфоліпідів, які сприяють нормалізації жирового і холестеринового обміну та відіграють істотну роль у забезпеченні нормального функціонування та розвитку організму людини.

Фізико-хімічні показники маслянки та досліджуваних сумішей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники сумішей

Назва показника	Маслянка (контроль)	Суміш 1 (маслянка-ретентат)	Суміш 2 (маслянка-молоко знежирене)
Кислотність: титрована, °Т	16,0±0,2	36,0±0,2	25,0±0,3
активна, од. рН	6,38±0,04	6,52±0,02	6,56±0,04
Масова частка жиру, %	0,5±0,02	0,4±0,02	0,3±0,02
Масова частка сухих речовин, %	8,71±0,03	12,37±0,04	9,23±0,05
Масова частка золи, %	0,31±0,02	0,82±0,03	0,56±0,02
Масова частка лактози, %	5,067±0,002	5,065±0,001	5,040±0,001

З метою проведення порівняльного аналізу та встановлення рівня утилізації лактози у маслянці та сумішах на її основі були обрані заквашувальні препарати прямого внесення для виробництва йогурту, йогурту з ацидофільною паличкою, йогурту з біфідобактеріями, кефіру та ряжанки.

Для визначення активності обраних заквашувальних препаратів сквашування маслянки проводили при внесенні рекомендованої дози препаратів за температури сквашування 37±1°C. Встановлено, що тривалість сквашування заквашувальним препаратом для йогурту становила 9,0±0,5 год, заквашувальним препаратом для йогурту з ацидофільною паличкою – 9,5±0,5 год, заквашувальним препаратом для йогурту з біфідобактеріями – 10,0±0,5 год, заквашувальним препаратом для кефіру – 11,0±0,5 год та заквашувальним препаратом для ряжанки – 9,0±0,5 год.

Вміст лактози у ферментованих згустках маслянки після сквашування заквашувальними препаратами з різним видовим складом представлено на рис. 1.

Розрахунок вмісту залишкової лактози у кисломолочних згустках після сквашування показав, що порівняно з початковим вмістом у вихідній маслянці її кількість зменшилась

на 26% при сквашуванні заквашувальним препаратом для йогурту; 25,8% при сквашуванні заквашувальним препаратом для йогурту з ацидофільною паличкою; 25,3% при сквашуванні заквашувальним препаратом для йогурту з біфідобактеріями; 24,4% при сквашуванні заквашувальним препаратом для кефіру; 25,7% при сквашуванні заквашувальним препаратом для ряжанки. Очевидно, що такий рівень лактозоброджувальної активності препаратів може бути цілком достатнім для сквашування молочної сировини з попереднім гідролізом лактози ферментним препаратом на рівні 85-90% [19].

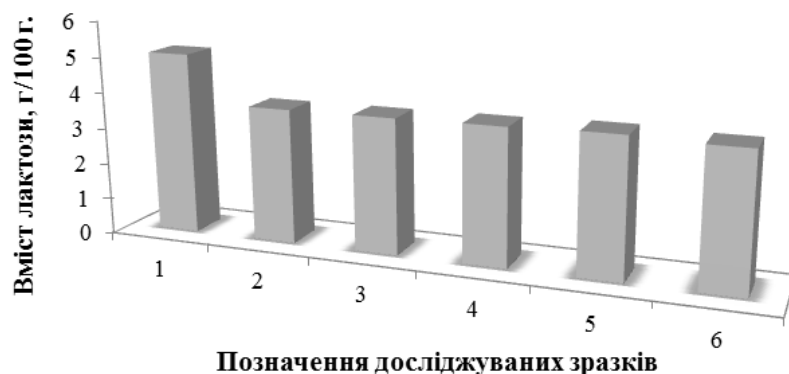


Рис. 1. Вміст лактози у маслянці після сквашування заквашувальними препаратами різного видового складу: 1 – маслянка (до сквашування); 2 – заквашувальний препарат для йогурту; 3 – заквашувальний препарат для йогурту з ацидофільною паличкою; 4 – заквашувальний препарат для йогурту з біфідобактеріями; 5 – заквашувальний препарат для кефіру; 6 – заквашувальний препарат для ряжанки

Таким чином, найбільший рівень утилізації лактози відмічено у разі використання заквашувальних препаратів на основі термофільних культур *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, зокрема для йогурту (26%), найнижчий – для кефіру (24,2%). За рівнем кислотності переважали зразки, сквашені заквашувальними препаратами для кефіру та йогурту з ацидофільною паличкою, що обумовило неприйнятність їх подальшого використання за органолептичними властивостями.

На наступному етапі було проведено дослідження здатності заквашувальних препаратів для виробництва йогурту; йогурту з біфідобактеріями та ряжанка утилізувати лактозу у сумішах маслянка-ретентат та маслянка-молоко знежирене.

Умови ферментації сумішей були аналогічні умовам для маслянки. Тривалість сквашування суміші маслянка-ретентат заквашувальним препаратом для йогурту становила $8,0 \pm 0,5$ год, заквашувальним препаратом для йогурту з біфідобактеріями – $8,5 \pm 0,5$ год, заквашувальним препаратом для ряжанки – $9,0 \pm 0,5$ год. Тривалість сквашування суміші маслянка-молоко знежирене заквашувальним препаратом для йогурту та заквашувальним препаратом для йогурту з біфідобактеріями становила $8,0 \pm 0,5$ год та $8,5 \pm 0,5$ год, відповідно, та $8,0 \pm 0,5$ год – заквашувальним препаратом для ряжанки.

Вміст лактози у сумішах маслянк-ретентат (суміш 1) та маслянка-молоко знежирене (суміш 2) після сквашування заквашувальними препаратами з різним видовим складом представлено на рис 2.

Розрахунок вмісту залишкової лактози у кисломолочних згустках дослідних сумішей після сквашування показав, що порівняно з початковим вмістом її кількість зменшилась у суміші маслянка-ретентат на 30,3% у разі сквашування заквашувальним препаратом для йогурту; на 22,1% при сквашуванні заквашувальним препаратом для йогурту з біфідобактеріями та на 28,4% при використанні заквашувального препарату для ряжанки. Для суміші маслянка-молоко знежирене кількість лактози у суміші після сквашування заквашувальним препаратом для йогурту зменшилась на 26,1%, заквашувальним

препаратом для йогурту з біфідобактеріями на 24,2%, заквашувальним препаратом для ряжанки – 25,0%.

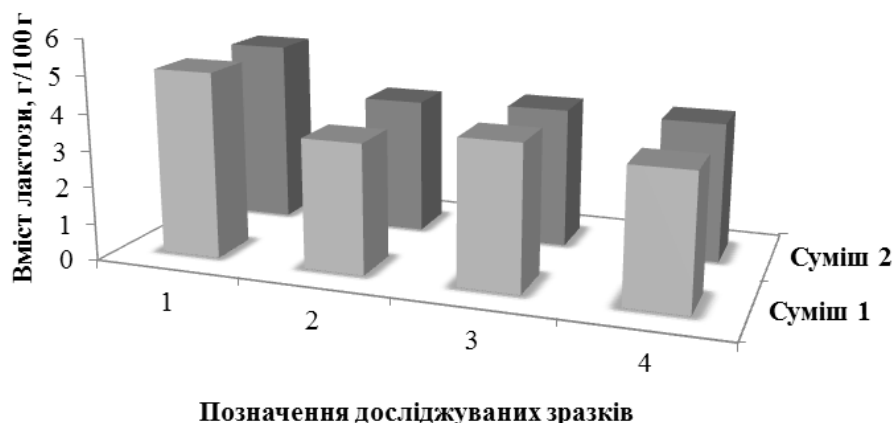


Рис. 2. Вміст лактози в кисломолочних згустках на основі маслянки після сквашування заквашувальними препаратами різного видового складу:

1– вихідні суміші (маслянка-ретентат) та (маслянка-молоко знежирене) до сквашування; 2 – заквашувальний препарат для йогурту; 3 – заквашувальний препарат для йогурту з біфідобактеріями; 4 – заквашувальний препарат для ряжанки

Таким чином, найбільший рівень утилізації лактози на рівні понад 30% відмічено у суміші 1 маслянка-ретентат за використання заквашувального препарату для йогурту. В обох сумішах 1 та 2, ферментованих заквашувальним препаратом для йогурту з додаванням біфідобактерій, вміст залишкової лактози був найбільшим у порівнянні з іншими досліджуваними варіантами сумішей і препаратів. На підставі проведених досліджень, цілком очевидним є те, що заквашувальна композиція штамів *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* відрізняється найвищим рівнем гідролізу лактози у молочній сировині.

В досліджуваних кисломолочних сумішах, крім вираженого позитивного ефекту від зменшення вмісту лактози, важливе значення, з точки зору функціональних та дієтичних властивостей продукту, має галактоза, що накопичується в середовищі при культивуванні бактерій *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*.

За опублікованими даними, галактоза відіграє потенційно корисну роль у регулюванні захворювань, особливо тих, що впливають на функцію мозку [20, 21]. Також, повідомляється, що пероральне введення галактози може бути перспективною новою, нетоксичною терапією для лікування резистентного нефротичного синдрому [22], крім того, галактоза може виступати в якості альтернативного джерела енергії [23].

Проведено дослідження вмісту галактози у маслянці після ферментації заквашувальними препаратами з різним видовим складом. Отримані результати досліджень наведено на рис. 3.

За результатами досліджень представлених на рис. 3 видно, що за ферментації маслянки заквашувальним препаратом на основі чистих культур *Streptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus*, призначеним для виробництва ряжанки, вміст галактози був найбільшим і становив $0,538 \pm 0,003$ г/100г. При сквашуванні маслянки іншими препаратами вміст галактози був дещо меншим: для заквашувального препарату для йогурту $0,512 \pm 0,001$ г/100г, препарату з ацидофільною паличкою $0,505 \pm 0,002$ г/100г, препарату з біфідобактеріями $0,471 \pm 0,001$ г/100г, препарату для кефіру $0,513 \pm 0,002$.

Аналогічні визначання вмісту накопиченої галактози були проведені у ферментованих сумішах на основі маслянки: маслянка-ретентат (суміш 1) та маслянка-молоко знежирене (суміш 2) після сквашування заквашувальними препаратами для йогурту, йогурту з біфідобактеріями та для ряжанки. Результати представлені на рис. 4.

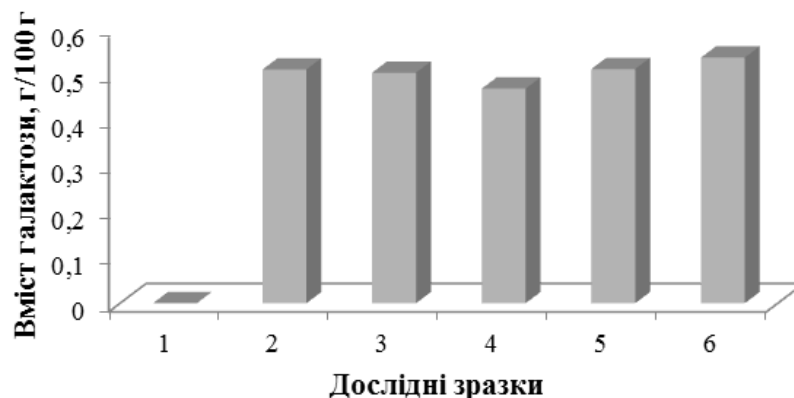


Рис 3. Вміст галактози в маслянці після ферментації заквашувальними препаратами різного видового складу: 1 – маслянка (до сквашування); 2 – заквашувальний препарат для йогурту; 3 – заквашувальний препарат для йогурту з ацидофільною паличкою; 4 – заквашувальний препарат для йогурту з біфідобактеріями; 5 – заквашувальний препарат для кефіру; 6 – заквашувальний препарат для ряжанки

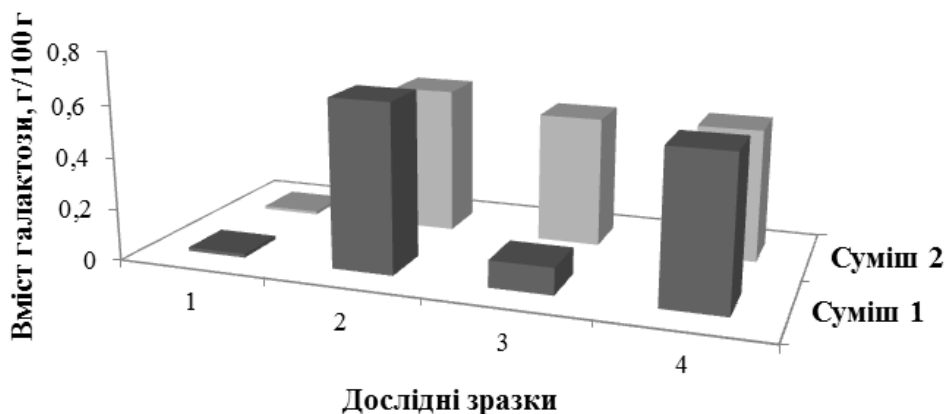


Рис 4. Вміст галактози в сумішах маслянка-ретентат (суміш 1) та маслянка-молоко знежирене (суміш 2) після ферментації заквашувальними препаратами різного видового складу: 1 – суміші до сквашування; 2 – заквашувальний препарат для йогурту; 3 – заквашувальний препарат для йогурту з біфідобактеріями; 4 – заквашувальний препарат для ряжанки

З результатів досліджень представлених на рис 4, видно, що вміст галактози в суміші маслянка-ретентат, сквашеної препаратом для йогурту, становить $0,655 \pm 0,005$ г/100 г та $0,575 \pm 0,005$ г /100 г у разі ферментації цієї суміші препаратом для ряжанки. При сквашуванні досліджуваними препаратами суміші маслянка-молоко знежирене вміст галактози був у межах 0,504... 0,509 г/100 г.

Очевидно, що такі відмінності вмісту галактози у середовищі обумовлені особливостями метаболізму бактеріальних культур, що входять до складу заквашувальних препаратів. Слід відмітити підвищення гліколітичної активності композиції штамів *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* у середовищі маслянка- ретентат у порівнянні з маслянкою та сумішшю маслянка-знежирене молоко.

Висновки. На основі результатів щодо визначення лактазної активності промислових препаратів, отриманих після сквашування маслянки та її сумішей з іншими видами вторинної молочної сировини, а саме маслянка-ретентат та маслянка-молоко

знежирене, можна зробити висновок про доцільність використання заквашувальних препаратів прямого внесення для виробництва йогурту, йогурту з ацидофільною паличкою, йогурту з біфідобактеріями, кефіру та ряжанки для виробництва кисломолочних продуктів на основі вторинної молочної сировини. Зазначені препарати забезпечують утилізацію лактози на рівні не нижче 20% від початкового вмісту. Найвищу активність відмічено для композиції культур *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, яка сквашувала близько 26% лактози у маслянці та 30% у суміші маслянка-ретентат.

Отримані результати у подальшому будуть використані у розробленні технології виробництва низько- та безлактозних кисломолочних продуктів на основі вторинної молочної сировини.

Бібліографія

1. Silanikove N., Leitner G., Merin U. The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. *Nutrients*. 2015. 7(9). P. 7312–7331. <https://doi.org/10.3390/nu7095340>.
2. Heyman M. B. Lactose Intolerance in Infants, Children, and Adolescents. *Pediatrics*. 2006. 118(3). P. 1279–1286. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-1721>.
3. Lomer M. C. E., Parkes G. C., Sanderson J. D. Lactose intolerance in children practice-myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2008. 2. P. 93-103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2007.03557x>.
4. Corgneau M., Scher J., Ritie-Pertusa L., Le DTL., Petit J., Nikolova Y., Gaiani C. Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. 57(15). P. 3344-3356. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1123671>.
5. Misselwitz B., Pohl D., Fruhauf H., Fried M., Vavricka S. R., Fox M. Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European gastroenterology journal*. 2013. 1(3). P.151-159. <https://doi.org/10.1177/2050640613484463>.
6. Марушко Ю. В., Грачова М. Г., Іовіца Т. В. Актуальні питання діагностики та терапії вторинної лактазної недостатності у дітей. *Сучасна педіатрія*. 2015. №1. С. 110-114
7. Шадрін О. Г., Гайдучик Г. А., Ковальчук А. А., Дюкарева С. В., Бондаренко Н. Ю. Оптимізація лікування гастроінтестинальної харчової алергії в дітей раннього віку. *Перинатология и педиатрия*. 2015. № 3. С. 84-88.
8. Данильчук Т. Н., Ганина В. И., Головин М. А. Низколактозные молочные продукты. Пути получения. *Молочная промышленность*. 2012. № 11. С. 41-42.
9. Дидух Н.А., Могилянская Н.А. К вопросу производства ферментированных молочных напитков диетического назначения. *Молочная промышленность*. 2008. № 3(46). С. 44-47.
10. Кигель Н. Ф. Заквасочные культуры для ферментированных молочных продуктов: основные свойства и виды. *Молочная промышленность*. 2005. № 1(16). С. 26-29.
11. Трубінова А. А., Шарахматова Т. Є., Мамінтова К. О., Цупра О. С. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. *Вісник НТУ «ХП»*. 2018. №9(1285). С. 243-255. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.09.35>.
12. Kokkiligadda A., Beniwal A., Saini P., Vij S. Utilization of Cheese Whey Using Synergistic Immobilization of β -Galactosidase and *Saccharomyces cerevisiae* Cells in Dual Matrices. *Appl Biochem Biotechnol*. 2016. 179(8). P. 1469-1484. <https://doi.org/10.1007/s12010-016-2078-8>.
13. Tkachenko N., Nazarenko Ju., Dets N., Izbash E., Klymentieva I. Starter cultures compositions with probiotics for fermented milk products and cosmetics. *Харчова наука і технологія*. 2017. № 11. С 18-28. <https://doi.org/10.15673/fst.v12i1.836>.
14. Chen H-Ch., Wang Sh-Y., Chen M-J. Microbiological study of lactic acid bacteria in kefir grains by culture-dependent and culture-independent methods. *Food Microbiology*. 2008. 25(3). P. 492-501. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.01.003>.
15. Rice B. H., Cifelli C. J., Pikosky M. A., Miller G. D. Dairy components and risk factors for cardiometabolic syndrome: recent evidence and opportunities for future research. *Adv Nutr*. 2011. 2 (5). P. 396-407.
16. Ricci-Cabello I., Herrera M. O., Artacho R. Possible role of milk-derived bioactive peptides in the treatment and prevention of metabolic syndrome. *Nutr Rev*. 2012. 70(4). P. 241-255.

17. Серенко А. А., Моїсєєва Л. О., Юдіна Т. І. Використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозного йогурту. Обладнання та технології харчових виробництв. 2021. №1(42). С. 5-12. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-42-1-5-12>.
18. Дмитриков В. П., Горбенко О. В., Антонов А. В. Особенности переработки вторинной молочной сировини: экологичные инновации. Экология плюс. 2019. 1 (70). С. 7-11.
19. Романчук І. О., Юдіна Т. І., Мінорова А. В., Моїсєєва Л. О., Серенко А. А., Бабко Д. Є. Ефективність гідролізу лактози у вторинній молочній сировині. Продовольчі ресурси. 2021. № 17. С. 129-136. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-13>.
20. Coelho A. I., Berry G. T., Rubio-Gozalbo M. E. Galactose metabolism and health. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2015. №4. P. 422–427. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000189>.
21. Waisbren S. E., Potter N. L., Gordon C. M., Green R. C., Greenstein P., Gubbels, C. S., Rubio-Gozalbo E., Schomer D., Welt C., Anastasoie V. et al. The adult galactosemic phenotype. *J Inherit Metab Dis* . 2012 . 35(2). P. 279-286. <https://doi.org/10.1007/s10545-011-9372-y>.
22. Berry G. T. et al. The rate of de novo galactose synthesis in patients with galactose-1-phosphate uridylyltransferase deficiency. *Mol Genet Metab*. 2004. 81(1). P. 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2003.08.026> Reasons why galactose is good for you. [Online]; IDF Factsheet 002/2017-03 International Dairy Federation. Brussels. https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2017/05/Factsheet-002_2017-Reasons-why-galactose-is-good-for-you.pdf .
23. Reasons why galactose is good for you. [Online]; IDF Factsheet 002/2017-03 International Dairy Federation. Brussels. https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2017/05/Factsheet-002_2017-Reasons-why-galactose-is-good-for-you.pdf.

References

1. Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. (2015). The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. *Nutrients*. 7 (9). P. 7312–7331. <https://doi.org/10.3390/nu7095340>.
2. Heyman, M. (2006). Lactose Intolerance in Infants, Children, and Adolescents. *Pediatrics*. 118 (3). P.1279-1286. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-1721>.
3. Lomer, M. C. E., Parkes, G. C., Sanderson, J. D. (2008). Lactose intolerance in clinical practice-myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2. P. 93–103.
4. Corgneau, M., Scher, J., Ritie-Pertusa, L., Le, DTL, Petit, J., Nikolova, Y., Banon, S., Gaiani, C. (2017). Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical reviews in food science and nutrition*. 57 (15). P. 3344-3356. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1123671>.
5. Misselwitz, B., Pohl, D., Frühauf, H., Fried, M., Vavricka, S. R., Fox, M. (2013). Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European gastroenterology journal*. 1(3). P. 151–159. <https://doi.org/10.1177/2050640613484463>.
6. Marushko, Yu. V., Hrachova, M. H., Iovitsa, T. V. (2015). Aktualni pytannia diahnostryky ta terapii vtorynnoi laktaznoi nedostatnosti u ditei. [Actual questions of diagnostics and therapy of secondary lactase deficiency in children]. *Suchasna pediatriia. [Modern pediatrics]*. №1. С. 110-114. [in Ukrainian].
7. Shadrin, O. H., Haiduchyk, H. A., Kovalchuk, A. A., Diukareva, S. V., Bondarenko, N. Yu. (2015). Optymizatsiia likuvannia hastrointestynalnoi kharchovoi alerhii v ditei rannoho viku. [Optimization of treatment of gastrointestinal food allergy in young children]. *Pernatolohyia y pedyatriia.[Perinatology and Pediatrics]*. № 3. С. 84-88. [in Ukrainian].
8. Danilchuk, T. N., Ganina, V. I., Golovin, M. A. (2012). Nizkolaktoznie molochne produkty. Puti polucheniya. [Low lactose dairy products. Ways to receive]. *Molochnaya promishlennost. [Dairy industry]*. № 11. С. 41-42. [in russian].
9. Didukh, N., Mogilyanskaya, N. (2008). K voprosu proizvodstva fermentirovannykh molochnykh napitkov diabeticheskogo naznacheniya. [On the production of fermented milk drinks for diabetic purposes]. *Molochna promyslovist'. [Dairy industry]*. 3(46). С.44-47. [in russian].
10. Kigel, N. F. (2005). Zakvasochnie kulturi dlya fermentirovannykh molochnykh produktov: osnovnie svoistva i vidi. [Starter cultures for fermented dairy products: main properties and types]. *Molochnaia promishlennost. [Dairy industry]*. № 1(16). С. 26-29 [in russian].
11. Trubnikova, A. A., Sharakhmatova, T. Ie., Mamintova, K. O., Tsupra, O. S. (2018). Biotehnologichni aspekty otrymannia yohurnoi osnovy dlia vyrobnytstva nyzkolaktoznoho morozyva. [Biotechnological aspects of obtaining a yogurt base for the production of low-lactose ice cream]. *Visnyk*

NTU «KhPI». [Bulletin of the NTU "KhPI"]. №9(1285). С. 243-255. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.09.35>. [in Ukrainian].

12. Kokkiligadda, A., Beniwal, A., Saini, P., Vij, S. (2016). Utilization of Cheese Whey Using Synergistic Immobilization of β -Galactosidase and *Saccharomyces cerevisiae* Cells in Dual Matrices. *Appl Biochem Biotechnol.* 179(8). P. 1469-1484. <https://doi.org/10.1007/s12010-016-2078-8>.

13. Tkachenko, N., Nazarenko, Ju., Dets, N., Izbash, E., Klymentieva, I. (2017). Starter cultures compositions with probiotics for fermented milk products and cosmetics. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. [Food science and technology]. № 11. P. 18-28. <https://doi.org/10.15673/fst.v12i1.836>.

14. Chen, H-Ch., Wang, Sh-Y., Chen, M-J. (2008). Microbiological study of lactic acid bacteria in kefir grains by culture-dependent and culture-independent methods. *Food Microbiology.* 25 (3). P. 492-501. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.01.003>.

15. Rice, B. H., Cifelli, C. J., Pikosky, M. A., Miller, G. D. (2011). Dairy components and risk factors for cardiometabolic syndrome: recent evidence and opportunities for future research. *Adv Nutr.* 2 (5). P. 396-407.

16. Ricci-Cabello, I., Herrera, M. O., Artacho, R. (2012). Possible role of milk-derived bioactive peptides in the treatment and prevention of metabolic syndrome. *Nutr Rev.* 70 (4). P. 241-255.

17. Serenko, A. A., Moiseieva, L. O., Yudina, T. I. (2021). Vykorystannia vtorynnoi molochnoi syrovyny u vyrobnytstvi nyzkolaktoznoho yohurtu. [The use of secondary dairy raw materials in the production of low-lactose yogurt.]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*. [Equipment and technologies of food production.]. №1 (42). С. 5-12. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-42-1-5-12>. [in Ukrainian].

18. Dmytrykov, V. P., Horbenko, O. V., Antonov, A. V. (2019). Osoblyvosti pererobky vtorynnoi molochnoi syrovyny: ekolohichni innovatsii. [Peculiarities of processing of secondary dairy raw materials: ecological innovations]. *Ekolohiia plus*. [Ecology is a plus]. 1(70). P. 7-11 [in Ukrainian].

19. Romanchuk, I. O., Yudina, T. I., Minorova, A. V., Moiseieva, L. O., Serenko, A. A., Babko, D. Ie. (2021). Yefektyvnist hidrolizu laktozy u vtorynnii molochnii syrovyni. [Efficiency of lactose hydrolysis in secondary dairy raw materials]. *Prodovolchi resursy*. [Food resources]. № 17. P. 129-136. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-13>. [in Ukrainian].

20. Coelho, A., Berry, G., Rubio-Gozalbo, M. (2015). Galactose metabolism and health. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care.* 18(4). P.422-427. <https://doi.org/10.1097/MCO.000000000000189>.

21. Waisbren, S. E., Potter, N. L., Gordon, C. M., Green, R. C., Greenstein, P., Gubbels, C. S., Rubio-Gozalbo, E., Schomer, D., Welt, C., Anastasoae, V. et al. (2012). The adult galactosemic phenotype. *J Inher Metab Dis.* 35 (2). P. 279-286. <https://doi.org/10.1007/s10545-011-9372-y>.

22. Berry, G. T. et al. (2004). The rate of de novo galactose synthesis in patients with galactose-1-phosphate uridylyltransferase deficiency. *Mol Genet Metab.* 81 (1). P. 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2003.08.026>.

23. Reasons why galactose is good for you. [Online]; IDF Factsheet 002/2017-03 International Dairy Federation. Brussels. https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2017/05/Factsheet-002_2017-Reasons-why-galactose-is-good-for-you.pdf.