

Мазурок Д.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Войтик П.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Турчин І.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

ПОШУК ОПТИМАЛЬНОЇ ДОЗИ ТА УМОВ ВНЕСЕННЯ ПРЕПАРАТУ В-ГАЛАКТОЗИДАЗИ В КОРОВ'ЯЧЕ МОЛОКО ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА БЕЗЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТУ

Молочні продукти є основним продуктом харчування українського народу і водночас є важливим компонентом харчової промисловості країни. Молоко є джерелом отримання білків, вітамінів, кальцію та мінералів і є незамінним продуктом на кожному столі.

Молочні продукти, призначені для профілактичного харчування, на ринку представлені в основному ферментованими молочними продуктами (кисломолочні напої, кисломолочний сир, тверді сичужні сири з додаванням біфідобактерій тощо).

Коров'яче молоко не є однаково корисним для всіх. За різними оцінками від 37 до 70% людей мають непереносимість лактози. Однак сьогодні це вже не привід відмовлятися від молока та улюблених молочних продуктів. Харчова промисловість навчилася отримувати безлактозні продукти, які не втрачають корисні якості внаслідок обробки. У них залишаються вітаміни, білки та інші поживні речовини.

Якщо після вживання молока у людини з'являються здуття, діарея, тяжкість у кишківнику – це певні ознаки непереносимості лактози. Рішенням цієї проблеми сьогодні є безлактозні молочні продукти. Вони не нові, але зазвичай невідомі багатьом українцям.

Спеціально для тих, хто не може нормально засвоювати лактозу, виробляють безлактозне молоко та безлактозні молочні продукти.

*Знайдено оптимальну дозу та умови внесення препарату β-галактозидази (фірми «Хр. Хансен», Данія, із дріжджів *K. fragilis*) під час виробництва безлактозного йогурту, зокрема 0,04–0,06% за тривалості процесу 3–4 години та рН молока 6,5 за температури 40°C.*

Ключові слова: молоко, лактоза, безлактозне молоко, безлактозні молочні продукти, β-галактозидаза.

Постановка проблеми. Молочні продукти є основним продуктом харчування українського народу і водночас важливим компонентом харчової промисловості країни. Молоко є джерелом отримання білків, вітамінів, кальцію та мінералів і незамінним продуктом на кожному столі. Вже багато років рівень споживання та виробництва молока та молочних продуктів тримається на дуже високому рівні, але за останні кілька років через кризові явища та зменшення обсягів виробництва продукції молочна промисловість стрімко падає. Виробництво продукції тісно пов'язане з якісною сировинною базою, технологією виробництва, станом ринкової інфраструктури та платоспроможністю споживачів. Дефіцит сировини та зростання цін на молоко і молочну продукцію, погіршення якості сировини та виробництва молочної

продукції говорять про негативні тенденції в розвитку молочного ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням проблем формування, функціонування та розвитку молочної промисловості України займалися такі науковці, як Н.С. Белінська, С.В. Васильчак, Т.Г. Дудар, В.О. Рибінцев, Е.Р. Смирнов, В.Б. Смолінський, Т.Л. Мостенська та інші [1, с. 3–5].

В Європі концепцію «функціонального» харчування почали розробляти тільки в середині 90-х років минулого століття. Спочатку за класифікацією вчених основними «функціональними» харчовими продуктами були ті, які містили біфідобактерії, олігосахариди, харчові волокна. До переліку продуктів функціонального харчування, окрім перелічених вище, також ввійшли про-

дукти, що містять вітаміни, мінерали, поліненасичені жирні кислоти, молочнокислі та інші бактерії, амінокислоти, фітопрепарати, антиоксиданти тощо [1; 6; 8–12].

Проте молоко не є однаково корисним для всіх. За різними оцінками, від 37 до 70% людей мають непереносимість лактози. Однак сьогодні це вже не привід відмовлятися від молока та улюблених молочних продуктів. Харчова промисловість навчилася отримувати безлактозні продукти, які не втрачають корисні якості внаслідок обробки. У них залишаються вітаміни, білки та інші поживні речовини.

Постановка завдання. Для засвоєння лактози організму потрібно розщепити молекулу лактози на глюкозу та галактозу за допомогою спеціального ферменту лактази, якої достатньо всього у 30% дорослого населення. У решті здебільшого він припиняє вироблятися в 3–4-річному віці. Унаслідок цього молочний цукор потрапляє до кишківника у нерозщепленому вигляді, що спричиняє бродіння і неправильну роботу з розщеплення та засвоєння продукту [1; 7–10].

Якщо після вживання молока у людини з'являються здуття, діарея, тяжкість у кишківнику – це певні ознаки непереносимості лактози. Рішенням цієї проблеми сьогодні є безлактозні молочні продукти. Вони не нові, але зазвичай невідомі багатьом українцям.

Спеціально для тих, хто не може нормально засвоювати лактозу, виробляють безлактозне молоко та безлактозні молочні продукти [6; 12].

Таке молоко за органолептичними показниками практично не відрізняється від звичайного та містить необхідні для людини речовини.

З огляду на необхідність чіткої постановки аналітичних та експериментальних досліджень було розроблено загальний план теоретичної та експериментальної частини роботи.

Експериментальні дослідження проводилися у наукових лабораторіях кафедри технології молока та молочних продуктів і виробничій лабораторії молочної компанії «Галичина». Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні, математичні. Повторність усіх дослідів – 5-кратна. Результати досліджень обробляли методом математичної статистики і кореляційного аналізу за програмами Microsoft Word і Microsoft Excel.

Відбір проб, підготовка їх для дослідження, а також органолептичні показники визначали за загальноприйнятими методиками [1; 2].

Визначення масової частки лактози, глюкози, галактози визначали методом тонкошарової хроматографії (за Серовим А.В.) [2].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Одним із методів отримання молочних продуктів із низьким вмістом лактози або повною її відсутністю є ферментативний гідроліз лактози у водному розчині.

Спираючись на роботи таких авторів, як Ліпатов М.М., Храмцов А.Г., Євдокимов І.А., Свириденко Ю.Я. та інші, слід використовувати спеціально підібрані препарати – галактозидази, які найбільш ефективно гідролізують лактозу. Доцільно використовувати препарати, отримані з дріжджів *Saccharomyces Fragilis*, *Streptococcus Lactis*, *Candida Preudotropicalis*, *P. Multicolor*, *P. Canesens*, *Mucorpusillus*, *Alternariatenuis* [3; 5; 10–12].

Для виробництва безлактозного йогурту нами було прийняте рішення обрати двохетапне розщеплення лактози:

1. гідроліз лактози в молочній суміші ферментним препаратом β -галактозидази (На-Lactase β -галактозидаза фірми «Хр. Хансен»);

2. остаточний гідроліз решти лактози в молочній суміші, яка залишилася після першого етапу, шляхом сквашування молочної суміші закваскою безпосереднього внесення Yo-Flex фірми Hr. Hansen (*Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii* підвид *bulgaricus*).

Як зазначено в роботі Дюга Г. (Биологическая химия. Химические подходы к механизму действия ферментов), для визначення оптимальних умов використання ферментів треба спиратись на їхні властивості. Основними властивостями ферментів як біологічних каталізаторів є їхня висока активність і специфічність дії, термолабільність, залежність від рН-середовища, присутності активаторів та інгібіторів [6–10].

Тому нами було проведено дослідження впливу дози ферменту на ступінь гідролізу лактози молока при рН 6,50 (табл. 3.1).

Аналіз експериментальних даних показує, що ступінь гідролізованої лактози в молоці зростає зі збільшенням концентрації ферменту. Наприклад, за дози β -галактозидази 0,02% спостерігається гідроліз лактози аж на 24 години та становить 98%. У разі збільшення концентрації ферменту до 0,04 % вже за 4 години гідролізувалося більш як половина лактози, а за 0,06 % концентрації така ж кількість лактози гідролізувалася за 3 години. За дози β -галактозидази 0,08% гідроліз лактози відбувається за 2 години на 40 %, за 3 години – на 80% та за 24 години – на 98%.

Таблиця 3.1

**Ступінь гідролізу лактози, %
залежно від дози ферменту**

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	0	0	0	0	98
0,04	8	18	24	52	98
0,06	10	25	54	72	98
0,08	20	40	80	86	98

Такі результати досліджень стали передумовою для вибору оптимальної дози ферменту – 0,04–0,06% за тривалості процесу 3–4 години. Збільшення дози ферменту є не доцільним, оскільки це пов’язано з його високою вартістю (рис. 3.1, 3.2).

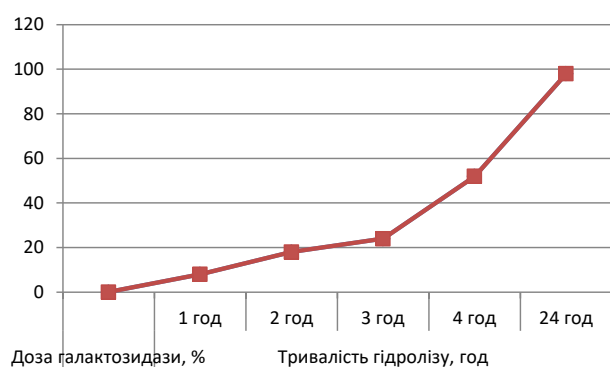


Рис. 3.1. Ступінь гідролізу лактози під час внесення галактозидази в кількості 0,04%

Для визначення оптимальної температури розпаду лактози було проведено низку досліджень (табл. 3.2–3.4).

Як бачимо з таблиці 3.2, під час внесення галактозидази в кількості 0,02% в перші дві години за температури молока 35С гідролізу лактози не спостерігалось. Тільки на 3 годину було відзначено 14% гідролізу, на 4 годину – 23% та 24 годину – 78%.

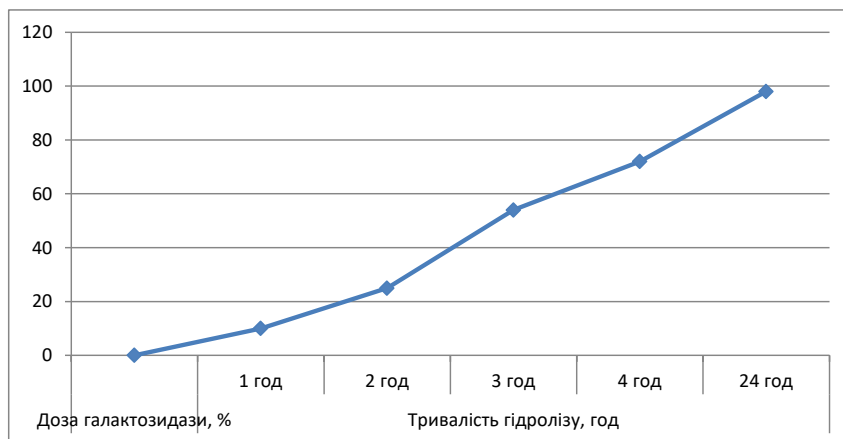


Рис. 3.2. Ступінь гідролізу лактози під час внесення галактозидази в кількості 0,06%

Під час внесення галактозидази в кількості 0,04% в першу годину за цієї ж температури молока гідроліз лактози становив 25%, а на другу – 60%. На 3 годину було відзначено 65% гідролізу, на 4 годину – 78% та 24 годину – 80%.

Збільшення дози галактозидази до 0,06% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 32, 64, 72, 80 та 84%.

Збільшення дози галактозидази до 0,08% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 40, 72, 77, 88 та 98%.

Таблиця 3.2

**Ступінь гідролізу лактози, %
за температури молока 35°С**

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	0	0	14	23	78
0,04	25	60	65	78	80
0,06	32	64	72	80	84
0,08	40	72	77	88	98

З таблиці 3.3 видно, що під час внесення галактозидази в кількості 0,02 % в першу годину за температури молока 40°С гідроліз лактози становив 10%, а на другу – 20%, третю – 25% та четверту години – 44%. Тільки на 24 годину було відзначено 80% гідролізу лактози.

Під час внесення галактозидази в кількості 0,04% в першу годину за цієї ж температури молока гідроліз лактози становив 30%, а на другу – 65%. На третю – 70% та за 4 години було відзначено 80% гідролізу, на 24 годину – 88%.

Збільшення дози галактозидази до 0,06% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 36, 68, 76, 82 та 88%.

Збільшення дози галактозидази до 0,08% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 45, 65, 80, 90 та 98%.

Як бачимо з таблиці 3.4, під час внесення галактозидази в кількості 0,02% в першу годину за температури молока 45°С гідроліз лактози становив 10%, а на другу – 15%. Тільки на 3 годину було відзначено 20% гідролізу, на 4 годину – 40% та 24 годину – 82%.

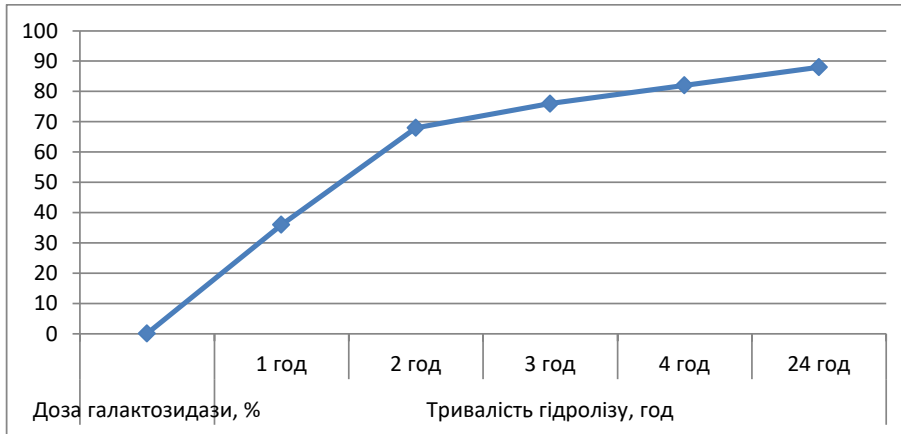


Рис. 3.3. Ступінь гідролізу лактози за температури 40°C під час внесення галактозидази в кількості 0,04

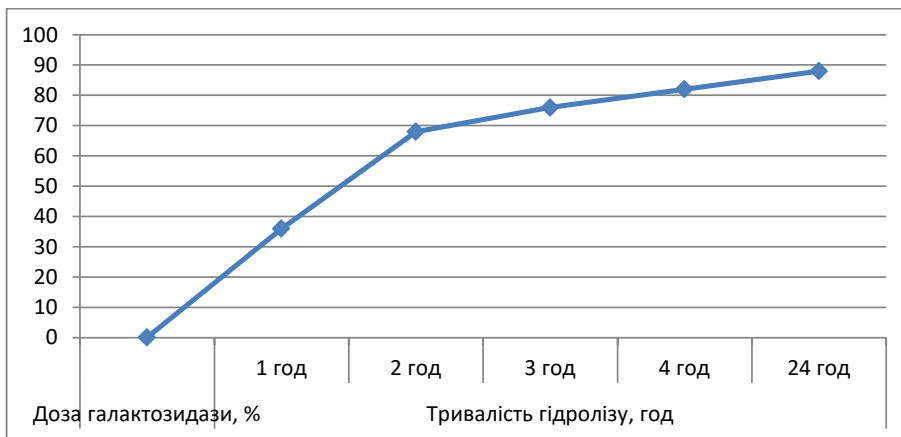


Рис. 3.4. Ступінь гідролізу лактози за температури 40°C під час внесення галактозидази в кількості 0,06%

Під час внесення галактозидази в кількості 0,04% в першу годину за цієї ж температури молока гідроліз лактози становив 30%, а на другу – 64%. На 3 години було відзначено 68% гідролізу, на 4 години – 76% та 24 години – 84%. Збільшення дози галактозидази до 0,06% активізувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 32, 64, 70, 78 та 88%. Збільшення дози галактозидази до 0,08% активізувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 44, 64, 75, 89 та 98%.

Виявлено, що за температури 35°C і концентрації ферменту 0,04–0,06 % за тривалості ферментації 3–4 години гідролізується 65–80% лактози.

За температури 40°C, кількості внесення ферменту 0,04–0,06% та тривалості ферментації 3–4 години гідролізується 70–82% лактози.

За такий же період часу за температури 45°C і концентрації ферменту 0,04–0,06% гідролізується 68–78% лактози.

Таблиця 3.3

Ступінь гідролізу лактози, %, за температури молока 40°C

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	10	20	25	44	80
0,04	30	65	70	80	86
0,06	36	68	76	82	88
0,08	45	65	80	90	98

Таблиця 3.4

Ступінь гідролізу лактози, %, за температури молока 45°C

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	10	15	20	40	82
0,04	30	64	68	76	84
0,06	32	64	70	78	88
0,08	44	64	75	89	98

Отже, оптимальною температурою ферментації молока за рН 6,5 – 40°C.

Висновки. Такі результати досліджень стали передумовою для вибору оптимальної дози ферменту

0,04–0,06 % за тривалості процесу 3–4 години. Збільшення дози ферменту є недоцільним, оскільки це пов'язано з його високою вартістю. А оптимальною температурою ферментації молока за рН 6,5 є 40°C.

Список літератури:

1. Сирохман І.В., Завгородня В.М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 544 с.
2. Серов А.В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы : дисс. ... д-ра техн. наук. Ставрополь, 2004. 309 с.
3. Твердохлеб Г.В., Сажин Г.Ю., Раманаскас Р.И. Технология молока и молочных продуктов. Москва : Дели Принт, 2006. 616 с.
4. Крупин А.В., Козлова О.В. и др. Изучения разных параметров гидролиза лактозы ферментными препаратами. *Достижения науки и техники АПК*. 2009. № 5. С. 68–69.
5. World population ageing 1950–2050. New York : United Nations, 2000. 484 p.
6. О применении лактулозы в молочной промышленности. *Молочное дело*. 2004. № 2. С. 36.
7. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2 / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. Москва : Агропромиздат, 1987. 360 с.
8. Дідух Н.А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення : дис. ... докт. техн. наук : 05.18.16. Одеса : ОНАХТ, 2008. 426 с.
9. Чагаровский А.П., Погосян А.С. Ферментативный гидролиз лактозы препаратами β-галактозидазы – новое направление повышения эффективности производства мороженого и замороженных десертов. *Світ морозива та холоду*. 2006. № 5 (17) С. 36–39.
10. Шарахматова Т.С., Лозова О.О. Розробка технології морозива для людей з лактазною недостатністю. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України*. Одеса : 2009. Вип. 36. Т. 2. С. 311.
11. Хиллиам М. Тенденции на европейском молочном рынке. *Переработка молока*. 2006. № 2. С. 42–44.
12. Шарахматова Т.С. Розробка технології безлактозного морозива, збагаченого пробіотичними культурами. *Харчова наука і технологія*. 2010. № 2 (11). С. 83–87.

Masurok D.M., Wojtyk P.M., Turchyn I.M. SEARCH OF THE OPTIMUM DOSE AND CONDITIONS OF THE IMPLEMENTATION OF B-GALACTOSIDASE IN THE COW OF MILK IN THE PRODUCTION OF NON-LACTOSE YOGURT

Dairy products are a staple food of the Ukrainian people and, at the same time, an important component of the country's food industry. Milk is a source of protein, vitamins, calcium and minerals and is an indispensable product on every table.

Cow's milk is not equally beneficial for everyone. According to various estimates, from 37 to 70% of people have lactose intolerance. However, today it is no longer a reason to give up milk and your favorite dairy products. The food industry has learned to get lactose-free products that do not lose their useful qualities as a result of processing. They contain vitamins, proteins and other nutrients.

Dairy products intended for prophylactic nutrition are mainly fermented dairy products (fermented beverages, fermented milk, hard rennet cheeses with the addition of bifidobacteria, etc.).

For the absorption of lactose, the body needs to split the lactose molecule into glucose and galactose, with the help of a special enzyme lactase, which is sufficient in only 30% of the adult population. For the most part, it ceases to be produced at 3–4 years of age. As a result, the milk sugar enters the intestines undiluted, causing fermentation and malfunctioning to digest and digest the product.

If bloating, diarrhea, intestinal heaviness occur after human milk intake, these are sure signs of lactose intolerance. The solution to this problem today is lactose free dairy products. They are not new, but are usually unknown to many Ukrainians.

Especially for those who cannot normally digest lactose, they produce lactose-free milk and lactose-free dairy products.

*The optimal dose and conditions of application of β-galactosidase preparation (by the firm "H. Hansen", Denmark, from *K. fragilis* yeast) were found in the production of lactose-free yogurt, in particular 0.04–0.06% with the duration of the process 3–4 hours and the pH of milk 6.5, 40°C.*

Key words: milk, lactose, lactose-free milk, lactose-free dairy products, β-galactosidase.