

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СЕРЕНКО АНТОН АНДРІЙОВИЧ

УДК 613.3:637.247

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТЕХНОЛОГІЯ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ НА
ОСНОВІ СКОЛОТИН**

Спеціальність 181 – Харчові технології

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ А.А.Серенко

Науковий керівник

Юдіна Тетяна Іллівна,
доктор технічних наук, професор

Київ – 2024

АНОТАЦІЯ

Серенко А.А. Технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю 181 «Харчові технології» – Державний торговельно-економічний університет Міністерства освіти і науки України, Київ, 2024.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню та розробленню технології низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин для осіб із лактазною недостатністю.

Актуальність і доцільність дисертаційного дослідження обумовлена підвищеним попитом на молочну продукцію зі зниженим вмістом лактози. За статистичними даними, на лактазну недостатність страждає близько 11% населення світу, для України цей показник становить 15-35% дорослого населення. Проте асортимент безлактозних і низьколактозних продуктів вітчизняного виробництва залишається досить вузьким, а для задоволення попиту споживачів залучаються продукти закордонного виробництва. Складна ситуація на ринку молочних продуктів сьогодні загострюється через те, що після двох років бойових дій на території України частина молокопереробних підприємств перестали функціонувати і, як наслідок, обсяги виробництва молока за два роки знизилися майже на 13%, що призвело до підвищення цін на молочні продукти вітчизняного виробництва. Домінантною постає проблема залучення та використання харчового потенціалу вторинної молочної сировини (знежиреного молока, сироватки молочної, сколотин), що утворюється під час традиційного перероблення молока на вершки, сир кисломолочний, масло вершкове. Тому, за даних умов розроблення науково обґрунтованих технологій кисломолочних напоїв на основі вторинної молочної сировини із регульованим вуглеводним складом для осіб із лактазною недостатністю у контексті державної політики щодо ресурсозбереження та глибокої переробки харчової сировини є актуальним та своєчасним завданням.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень сформульовано й доведено наукову гіпотезу – використання сколотин, як молочної основи для виробництва низьколактозного йогурту, за умов спрямованого регулювання їх функціонально-технологічних властивостей в процесі ферментування уможливить отримати новий продукт з прогнозованими показниками якості для осіб із лактазною недостатністю.

Доведено перспективність використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозних кисломолочних напоїв. На основі аналізу хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей обґрунтовано технологічну доцільність використання сколотин, отриманих при виробництві масла методом збивання вершків, як молочної основи для виробництва низьколактозних йогуртів.

Встановлено, що використання сухого концентрату молочних білків (КМБ-85) у кількості 6,5...8% для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин дозволить отримати низьколактозний йогурт підвищеної харчової цінності із заданими реологічними властивостями.

На основі експериментальних досліджень визначено, що ефективність гідролізу лактози у сколотинах із підвищеним вмістом сухих речовин становить 70-75% за таких раціональних параметрів: концентрація ферментного препарату β -галактозидази GODO-YNL2 – 0,03...0,05%, тривалість процесу – 90...150 хв., температура $40\pm 2^\circ\text{C}$.

Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сквашування на формування кисломолочного згустку низьколактозного йогурту. Шляхом багатофакторного експерименту визначено, що утворення стабільного кисломолочного згустку із нормованою титрованою кислотністю в межах $80...140^\circ\text{T}$ відбувається за таких параметрів: доза заквашувального препарату для йогурту YC-X11 – 2,6 мг/100 г, температура сквашування - $40\pm 2^\circ\text{C}$, тривалість процесу – 210 хв.

Розроблено рецептуру та технологічну схему одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин. Новизна запропонованих технічних рішень підтверджена патентом України на корисну модель.

Отримано комплекс даних, що характеризує якість розробленого низьколактозного йогурту, доведено його високу харчову та біологічну цінність. Визначено, що вмістом білкових речовин низьколактозний йогурт на основі сколотин перевищує безлактозний йогурт «На здоров'я» (контроль) у 3,3 рази. Вміст жиру в досліджуваному зразку зменшився втричі. Загальний вміст вуглеводів у 100 г низьколактозного йогурту становить 4,43%, у т. ч. лактози – 0,73%, що відповідає вимогам Європейського агентства з безпечності харчових продуктів до її вмісту в низьколактозних молочних продуктах.

Розроблений низьколактозний йогурт характеризується високим вмістом мінеральних речовин і вітамінів. Так, вміст Кальцію та Магнію збільшився на 3,3 і 20% відповідно. Використання сколотин як молочної основи для виробництва низьколактозного йогурту сприяло збільшенню вмісту вітаміну Е (токоферолу) у 14,8 рази, ретинолу – в 5,0 разів, тіаміну – в 4,3, ніацину – у 3,2, вітаміну В₅ – у 3 рази. Збільшення вмісту білка у розробленому низьколактозному йогурті приводить до збільшення на 27,9% його енергетичної цінності у порівнянні з контролем.

Аналіз амінокислотного складу білків низьколактозного йогурту на основі сколотин свідчить, що він характеризується, у порівнянні з контрольним зразком, суттєвим збільшенням незамінних та замінних амінокислот – у 3,4 та 3,1 рази відповідно. Питома вага незамінних амінокислот від загальної суми амінокислот у білках розробленого кисломолочного напою становить 43,64%, замінних амінокислот – 56,36%. Серед незамінних амінокислот суттєво збільшився вміст фенілаланіну та метіоніну, у 3,9 і 3,8 рази відповідно. Деяко менше підвищився вміст валіну та треоніну, у 3,2 і 3,3 рази відповідно. Спостерігається збільшення вмісту лейцину та лізину у майже 3,5 рази, як порівняти з контролем.

У складі білків низьколактозного йогурту відсутні лімітуючі амінокислоти. Вміст усіх незамінних амінокислот перевищує норми, встановлені FAO/WHO, що є показником високої біологічної цінності розробленого продукту. Білки розробленого продукту характеризується високим ступенем гідролізу трипсином і меншим ступенем – пепсином. Загалом перетравлюваність білків розробленого низьколактозного йогурту перевищує контроль, що свідчить про високий рівень його біологічної цінності.

Встановлено, що за показниками безпечності низьколактозний йогурт на основі склотин відповідає вимогам нормативної документації. На основі досліджень зміни фізико-хімічних, органолептичних, реологічних та мікробіологічних показників розробленого низьколактозного йогурту обґрунтовано режими та терміни його зберігання: температура $4 \pm 2^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря 75...80%, термін зберігання – не більше 14 діб. Визначено, що розроблений йогурт характеризується більш високими вологоутримувальними властивостям, що обумовлено підвищеним вмістом сироваткових білків у склотинах. Встановлено, що протягом всього терміну зберігання вміст молочнокислих бактерій у розробленому йогурту зберігається на високому рівні.

Визначено, що комплексний показник якості низьколактозного йогурту позиціонується в інтервалі «відмінної якості» та на 5,96% перевищує комплексний показник якості контролю.

Здійснено оцінку ефективності функціонування розробленої технології низьколактозного йогурту на основі склотин. Показано, що розроблена технологія забезпечує виробництво продукції на основі вітчизняної ресурсної бази, включаючи не тільки вихідну локальну сировину, але й основні інгредієнти. Проведено розрахунок собівартості і відпускної ціни низьколактозного йогурту на основі склотин. Встановлено, що відпускна ціна розроблених йогуртів на 15% нижча за відпускну ціну аналогічної продукції, яка реалізується на ринку, що є резервом зростання прибутковості та джерелом конкурентної переваги. Соціальний ефект від розробленого продукту полягає у

розширенні вітчизняного асортименту низьколактозних молочних продуктів підвищеної харчової цінності за рахунок раціонального використання харчового потенціалу вторинної молочної сировини.

Ключові слова: вторинна молочна сировина, сколотини, непереносимість лактози, лактаза, лактазна недостатність, ферментні препарати β -галактозидази, гідроліз лактози, концентрат молочних білків, молочна сироватка суха демінералізована, заквашувальні препарати, низьколактозний йогурт, харчова цінність, біологічна цінність, мікробіологічні показники, реологічні властивості.

ANNOTATION

SERENKO A. Technology of low-lactose fermented milk drinks based on buttermilk. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining scientific degree of PhD (field of study: 18 Production and Technology, major: 181 Food Technology) – STATE UNIVERSITY OF TRADE AND ECONOMICS, KYIV 2024.

This dissertation is dedicated to the scientific substantiation and development of technology for low-lactose fermented milk drinks based on buttermilk for individuals with lactose intolerance.

The relevance and appropriateness of the dissertation research are conditioned by the increased demand for dairy products with reduced lactose content. According to statistical data, about 11% of the world's population suffers from lactase deficiency, with this figure being 15-35% for the adult population in Ukraine. However, the assortment of lactose-free and low-lactose products of domestic production remains quite narrow, and to meet consumer demand, products of foreign production are involved. The complex situation in the dairy products market today is exacerbated by the fact that after two years of military actions on the territory of Ukraine, some dairy processing enterprises ceased to function, and as a result, the volumes of milk production have decreased by almost 13% over two years, leading to an increase in prices for domestic dairy products. The dominant problem becomes the

attraction and use of the food potential of secondary dairy raw materials (skimmed milk, whey, buttermilk) formed during the traditional processing of milk into cream, cheese, fermented milk butter, and cream butter. Therefore, under these conditions, the development of scientifically based technologies for fermented milk drinks based on secondary dairy raw materials with a regulated carbohydrate composition for people with lactase deficiency in the context of state policy on resource conservation and deep processing of food raw materials is a relevant and timely task.

Based on theoretical and experimental studies, the scientific hypothesis has been formulated and proven – the use of buttermilk as a milk base for the production of low-lactose yogurt, under the conditions of targeted regulation of their functional and technological properties in the fermentation process, will make it possible to obtain a new product with predicted quality indicators for people with lactase deficiency.

The feasibility of using secondary dairy raw materials in the production of low-lactose fermented milk drinks has been proven. Based on the analysis of the chemical composition and functional-technological properties, the technological appropriateness of using buttermilk obtained during butter production by the churning method as a dairy base for the production of low-lactose yogurts has been substantiated.

It has been established that the use of dry milk protein concentrate (MPC-85) in the amount of 6.5...8% for normalizing buttermilk in terms of dry substances will allow obtaining low-lactose yogurt with the desired rheological properties.

Based on experimental studies, it was determined that the efficiency of lactose hydrolysis in buttermilk with an increased content of dry substances is 70-75% under such rational parameters: concentration of the enzyme preparation β -galactosidase GODO-YNL2 – 0.03...0.05%, duration of the process – 90...150 min, temperature $40\pm 2^\circ\text{C}$.

The regularities of the influence of technological parameters of souring on the formation of a fermented milk clot of low-lactose yogurt have been established. Through a multifactorial experiment, it was determined that the formation of a stable

fermented milk clot with a normalized titratable acidity within the range of 80...140°T occurs under such parameters: dose of the yogurt starter culture YC-X11 – 2.6 mg/100 g, souring temperature - $40\pm 2^{\circ}\text{C}$, duration of the process – 210 min.

A recipe and technological scheme for obtaining low-lactose yogurt based on buttermilk have been developed. A Ukrainian patent for a utility model confirms the novelty of the proposed technical solutions.

A set of data characterizing the quality of the developed low-lactose yogurt has been obtained, proving its high nutritional and biological value. It has been determined that in terms of protein content, low-lactose yogurt based on buttermilk exceeds the lactose-free yogurt "Na zdorov'ya" (control) by 3.3 times. The fat content in the studied sample decreased threefold. The total carbohydrate content in 100 g of low-lactose yogurt is 4.43%, including lactose – 0.73%, which meets the requirements of the European Food Safety Authority for its content in low-lactose dairy products.

The developed low-lactose yogurt is characterized by a high content of minerals and vitamins. Thus, the content of Calcium and Magnesium increased by 33% and 20%, respectively. The use of buttermilk as a dairy base for the production of low-lactose yogurt contributed to an increase in vitamin E (tocopherol) content by 14.8 times, retinol by 5 times, thiamine by 4.3 times, niacin by 3.2 times, and vitamin B5 by 3 times. The increase in protein content in the developed low-lactose yogurt leads to a 27.9% increase in its energy value compared to the control.

The analysis of the amino acid composition of proteins in low-lactose yogurt based on buttermilk indicates that it is characterized by a significant increase in essential and non-essential amino acids by 3.4 and 3.1 times, respectively, compared to the control sample. The proportion of essential amino acids out of the total amino acids in the proteins of the developed fermented milk drink is 43.64%, with non-essential amino acids making up 56.36%. Among the essential amino acids, the content of phenylalanine and methionine significantly increased by 3.9 and 3.8 times, respectively. There was a slightly less increase in the content of valine and threonine

by 3.2 and 3.3 times, respectively. There is an increase in the content of leucine and lysine by almost 3.5 times compared to the control.

The proteins of low-lactose yogurt lack limiting amino acids. The content of all essential amino acids exceeds the norms established by FAO/WHO, which is an indicator of the high biological value of the developed product. The proteins of the developed product are characterized by a high degree of hydrolysis by trypsin and a lesser degree by pepsin. Overall, the digestibility of proteins in the developed low-lactose yogurt exceeds the control, indicating a high level of its biological value.

It has been established that in terms of safety indicators, low-lactose yogurt based on buttermilk complies with the requirements of regulatory documentation. Based on the research on changes in physicochemical, organoleptic, rheological, and microbiological indicators of the developed low-lactose yogurt, the modes and terms of its storage have been substantiated: temperature $4\pm 2^{\circ}\text{C}$, relative air humidity 75...80%, storage term – 14 days. It has been determined that the developed yogurt is characterized by higher moisture-retention properties, which is due to the increased content of whey proteins in buttermilk. It has been established that throughout the entire storage period, the content of lactic acid bacteria in the developed yogurt remains at a high level.

It has been determined that the comprehensive quality indicator of low-lactose yogurt is positioned in the interval of "excellent quality" and exceeds the comprehensive quality indicator of the control by 59.6%.

An assessment of the effectiveness of the functioning of the developed technology for low-lactose yogurt based on buttermilk has been carried out. It has been shown that the developed technology ensures the production of products based on the domestic resource base, including not only the initial local raw materials but also the main ingredients. A calculation of the cost price and selling price of low-lactose yogurt based on buttermilk has been conducted. It has been established that the selling price of the developed yogurts is 15% lower than the selling price of similar products on the market, which is a reserve for increasing profitability and a source of competitive advantage. The social effect of the developed product lies in

expanding the domestic assortment of low-lactose dairy products of increased nutritional value through the rational use of the food potential of secondary dairy raw materials.

Keywords: secondary milk raw materials, buttermilk, lactose intolerance, lactase, lactase deficiency, β -galactosidase enzyme preparations, lactose hydrolysis, milk protein concentrate, dry demineralized whey, leavening preparations, low-lactose yogurt, nutritional value, biological value, microbiological indicators, rheological properties.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Юдіна Т., Серенко А. Формування вітчизняного ринку безлактозних і низьколактозних молочних продуктів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2021. № 2 (38). С.34-43 DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)03) (*Особистий внесок: проаналізовано стан світового ринку молочних продуктів вільних від лактози, визначено перспективи розвитку ринку безлактозної та низьколактозної молочної продукції в Україні*).
2. Серенко А.А., Моїсеєва Л.О., Юдіна Т.І. Використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозних йогуртів. Обладнання та технології харчових виробництв: збірник наукових праць. 2021. №2. С. 5-12. DOI: <https://doi.org:10.33274/2079-4827-2021-42-1-5-12> (*Особистий внесок: досліджено доцільність та можливість використання вторинної молочної сировини в технологіях низьколактозних йогуртів*)
3. Романчук І. О., Юдіна Т. І., Мінорова А. В., Моїсеєва Л. О., Серенко А. А., Бабко Д. Є. Ефективність гідролізу лактози у вторинній молочній сировині. *Зб. наук. пр. «Продовольчі ресурси»*. 2021. Т. 8 №17. С. 129-136 DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-13> (*Особистий внесок: досліджено вплив дози ферментних препаратів та тривалості процесу на ефективність гідролізу лактози у вторинній молочній сировині*)
4. Юдіна Т., Серенко А. Технологія низьколактозних молочних сумішей для йогуртів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2022. № 3 (43). С.108-116. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)09) (*Особистий внесок: досліджено процес гідролізу лактози у молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин на основі сколотин*)
5. Серенко А.А. Теоретичні та практичні аспекти виробництва низьколактозних кисломолочних напоїв. *Sustainable food chain and safety*

through science, knowledge and business: Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. P. 227-246. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-11>

(Особистий внесок: визначено напрями розширення вітчизняного асортименту низьколактозних кисломолочних напоїв, обґрунтовано доцільність нормалізації сколотин з використанням концентрату сухого молочного білку, визначено раціональні параметри гідролізу лактози в сколотинах з підвищеним вмістом сухих речовин).

6. Юдіна Т., Серенко А. Обґрунтування параметрів сквашування молочних сумішей для низьколактозних йогуртів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2023. №. 5. С. 205-211.

DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-325-5-205-211>

(Особистий внесок: досліджено процес утворення кисломолочних згустків у молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин, обґрунтовано параметри процесу сквашування молочних сумішей для виробництва низьколактозних йогуртів).

7. Юдіна Т.І., Серенко А.А., Харчова та біологічна цінність низьколактозного йогурту на основі сколотин. Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки». 2024. №1 (49). С. 107-116.

DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2024\(49\)07](https://doi.org/10.31617/2.2024(49)07) *(Особистий внесок: розроблено технологію низьколактозного йогурту на основі сколотин, досліджено його харчову та біологічну цінність, зміни показників якості в процесі зберігання).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

Тези доповідей та матеріали конференцій

1. А. Серенко, Т. Юдіна Технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин. Матеріали 87-Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 16 квітня 2021 р.). Київ: НУХТ. – Ч.1. – С. 315. *(Особистий внесок: розроблено технологію низьколактозного кисломолочного напою на основі сколотин).*

2. Юдіна Т.І., Серенко А.А. Технологія низьколактозного концентрату сколотин. *«Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції»* (м. Прага, Чехія, 30 квітня 2021 р.). Прага: Oktan Prints.r.o., 2021. - С. 233. DOI: <https://doi.org/10.46489/IDOHAR-310509> (Особистий внесок: обґрунтовано раціональні параметри одержання концентрату сколотин із підвищеним вмістом сухих речовин).

3. Т.І. Юдіна, А.А. Серенко Обґрунтування вибору вторинної молочної сировини у технології низьколактозних кисломолочних напоїв. *«Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнародна науково-практична конференція»* (м. Харків, 18 травня 2021 р.). Харків: ХДУХТ, 2021. Ч. 2. С. 131-132. (Особистий внесок: досліджено можливість використання сколотин як молочної основи для виробництва низьколактозних кисломолочних напоїв)

4. Т.І. Юдіна, А.А. Серенко Крафтові кисломолочні напої оздоровчого призначення. *«Глобалізаційні виклики розвитку національних економік: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції»* (м. Київ, 19 жовтня 2021 р.). Київ: КНТЕУ. 2021. С. 533-536.

DOI: <http://doi.org/10.31617/k.knute.2021-10-19> (Особистий внесок: розроблено рецептуру та технологічну схему одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин).

5. Yudina T., Serenko A. Enzymatic hydrolysis of lactose in buttermilk. The 13 th International scientific and practical conference *«International scientific innovations in human life»* (Manchester, July 6-8, 2022). United Kingdom, Manchester: Cognum Publishing House. 2022. P.148-151. (Особистий внесок: досліджено процес ферментативного гідролізу лактози у сколотинах).

6. Т. Юдіна, А. Серенко Ферментоліз лактози у молочних сумішах на основі сколотин із підвищеним вмістом сухих речовин. *Матеріали 89-ої Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI*

столітті» (м. Київ, 3–7 квітня 2023 р.). Київ: НУХТ. Ч.1. С. 322. (Особистий внесок: досліджено процес ферментолізу лактози в молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин для виробництва низьколактозного йогурту).

7. Юдіна Т.І., Серенко А.А. Ферментативний гідроліз лактози у сколотинах із підвищеним вмістом сухих речовин. *«Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока: програма та тези матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції» (м. Київ, 21 вересня 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023р. С. 31. (Особистий внесок: визначено раціональні параметри гідролізу лактози у сколотинах з підвищеним вмістом сухих речовин для виробництва)*

8. Серенко А., Юдіна Т. Технологія низьколактозних йогуртів оздоровчого призначення. *Збірник наукових матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи» (м. Київ, 26-27 жовтня 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023. С. 97-99. (Особистий внесок: розроблено технологію низьколактозного йогурту оздоровчого призначення на основі сколотин)*

9. Юдіна Т.І., Серенко А.А., Ляшко С.Г., Показники безпеки низьколактозного йогурту на основі сколотин. *«Якість і безпека харчових продуктів: збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції» (м. Київ, 9-10 листопада 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023. С. 164-165. (Особистий внесок: досліджено зміну показників безпечності низьколактозного йогурту при зберіганні).*

ЗМІСТ

	Сторінки
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ НА ОСНОВІ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ	26
1.1. Формування вітчизняного ринку низьколактозних та безлактозних молочних продуктів.....	26
1.2. Обґрунтування вибору вторинної молочної сировини у технології низьколактозних кисломолочних напоїв	36
1.3. Аналіз способів гідролізу лактози в молочній сировині.....	43
1.4. Сучасні технології низьколактозних і безлактозних молочних продуктів	51
Висновки за розділом 1.....	63
Список використаних джерел за розділом 1.....	64
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, ПРЕДМЕТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	83
2.1. Об'єкти і предмети досліджень.....	84
2.2. Методи і методики досліджень.....	89
2.3. Статистична обробка експериментальних даних.....	91
Висновки за розділом 2.....	96
Список використаних джерел за розділом 2.....	97
РОЗДІЛ 3. ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СКЛАДУ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ.....	100
3.1. Інноваційний задум технології низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин.....	100
3.2. Дослідження процесу гідролізу лактози у сколотинах.....	106

3.3. Дослідження процесу сквашування склотин з гідролізованою лактозою.....	117
3.4. Оптимізація процесу сквашування склотин з підвищеним вмістом сухих речовин та гідролізованою лактозою.....	126
Висновки за розділом 3.....	133
Список використаних джерел за розділом 3.....	134
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТУ НА ОСНОВІ СКОЛОТИН ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ЯКОСТІ.....	137
4.1. Технологічна схема виробництва низьколактозного йогурту на основі склотин.....	137
4.2. Харчова та біологічна цінність низьколактозного йогурту.....	140
4.3. Безпечність та зміна показників якості низьколактозних кисломолочних напоїв при зберіганні.....	150
4.4. Комплексна оцінка якості низьколактозного йогурту на основі склотин.....	158
Висновки за розділом 4.....	164
Список використаних джерел за розділом 4.....	165
РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	167
5.1. Заходи із практичного впровадження результатів дослідження.....	167
5.2. Розрахунок ефективності наукової розробки	168
Висновки за розділом 5.....	173
Список використаних джерел за розділом 5.....	174
ВИСНОВКИ.....	175
ДОДАТКИ.....	177
ДОДАТОК А. Сертифікати якості сировини.....	178
ДОДАТОК Б. Оптимізація процесу сквашування склотин з гідролізованою лактозою.....	183
ДОДАТОК В. Деклараційні патенти України на корисну модель.....	186

	17
ДОДАТОК Г. Протоколи дослідження хімічного складу.....	187
ДОДАТОК Д. Протоколи досліджень вуглеводного складу.....	191
ДОДАТОК Е. Протоколи лабораторних випробувань якості низьколактозного йогурту на основі сколотин.....	193
ДОДАТОК Ж. Протоколи лабораторних випробувань мікробіологічних показників низьколактозного йогурту на основі сколотин.....	197
ДОДАТОК К. Вагомість показників якості.....	201
ДОДАТОК Л. Довідки про впровадження результатів дослідження	203
ДОДАТОК М. Протоколи та акти дегустацій.....	206
ДОДАТОК Н. Акти впровадження	216
ДОДАТОК П. Список опублікованих праць за темою дисертації.....	220

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АК	-	амінокислота
АС	-	амінокислотний скор
ВМС	-	вторинна молочна сировина
ВООЗ	-	Всесвітня Організація Охорони Здоров'я
ВУЗ	-	вологоутримувальна здатність
ЗП	-	заквашувальний препарат
КМБ	-	концентрат молочних білків
КПЯ	-	комплексний показник якості
СЗМ	-	сухе знежирене молоко
СР	-	сухі речовини
ССД	-	сироватка суха демінералізована
ФП	-	ферментний препарат

ВСТУП

Актуальність теми. Процеси глобалізації та інтеграції України до світової спільноти, боротьба за ресурси та доступ до нових ринків збуту стали рушійною силою запровадження інноваційних технологій харчової продукції, спрямованих на покращення здоров'я нації, що обумовлено зростаючим інтересом до концепції здорового способу життя серед населення країни.

Програмою «Десятиліття дій ООН з проблем харчування на 2016-2025 роки», затвердженою Генеральною асамблеєю ООН, одним із стратегічних завдань передбачено зменшення кількості аліментарних захворювань серед усіх вікових груп. У зв'язку із цим, перед науковцями та підприємствами постає питання розроблення та розширення асортименту спеціальних харчових продуктів, зокрема для осіб із захворюваннями, пов'язаними із непереносимістю окремих нутрієнтів.

Аналіз міжнародного й вітчизняного ринків молочних продуктів свідчить про актуальність розроблення інноваційних технологій низьколактозних кисломолочних напоїв на основі вторинної молочної сировини з метою розширення асортименту продукції для осіб з частковою або повною несприйнятливістю до лактози. Підвищення попиту на молочну продукцію зі зниженим вмістом лактози пов'язано зі збільшенням кількості випадків неаліментарних хронічних захворювань, серед яких найбільш поширеним є лактазна недостатність – нездатність організму людини засвоювати лактозу, яка міститься в молочних продуктах. На сьогодні, за статистичними даними, на лактазну недостатність страждає близько 11% населення світу, для України цей показник становить 15-35% дорослого населення.

Основним методом профілактики лактазної недостатності є дієтотерапія, яка передбачає повне виключення або обмежене споживання молочних продуктів. Однак виключення з раціону харчування молока та молочних продуктів як цінного джерела повноцінних білків, вітамінів та мінеральних речовин призведе до споживання недостатньої кількості есенційних нутрієнтів,

що може стати причиною зниження рівня працездатності й опірності організму захворюванням та іншим негативним факторам докiлля.

Молокопереробні підприємства певною мірою вирішують цю проблему завдяки виробництву безлактозного молока та кисломолочних продуктів. Проте асортимент безлактозних і низьколактозних продуктів вітчизняного виробництва залишається досить вузьким, а для задоволення попиту споживачів залучаються продукти закордонного виробництва.

Складна ситуація на ринку молочних продуктів сьогодні загострюється через те, що після двох років бойових дій на території України частина молокопереробних підприємств перестали функціонувати і, як наслідок, обсяги виробництва молока за два роки знизилися майже на 13%, що призвело до підвищення цін на молочні продукти вітчизняного виробництва. Домінантною постає проблема залучення та використання харчового потенціалу вторинної молочної сировини (знежиреного молока, сироватки молочної, сколотин), що утворюється під час традиційного перероблення молока на вершки, сир кисломолочний, масло вершкове.

Теоретичним та практичним аспектам виробництва молочних продуктів із зниженим вмістом лактози присвячено праці вітчизняних та закордонних вчених: Болгової Н.В., Гніцевич В. А., Даниленко С.Г., Дідух Н. А., Мінорової А. В., Романчук І. О., Поліщук Г.Є., Трубнікової А. А., Чагаровського О. П., Шарахматової Т. С., Corgneau M., Neuman M., Lomer M.

Попри велику кількість наукових досліджень, роботи в цьому напрямі продовжуються і спрямовані на створення нових технологій та розширення асортименту молочних продуктів зі зниженим вмістом лактози завдяки залученню нової сировини, яка є природним джерелом есенційних нутрієнтів і має широкий спектр технологічних властивостей. Водночас встановлено, що системні дослідження, що мають на меті вивчення процесу гідролізу лактози у сколотинах та розроблення технологій низьколактозних молочних продуктів на їх основі, відсутні.

Отже, розроблення науково обґрунтованих технологій кисломолочних напоїв на основі вторинної молочної сировини із регульованим вуглеводним складом для осіб із лактазною недостатністю у контексті державної політики щодо ресурсозбереження, глибокої переробки харчової сировини, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва є актуальним та своєчасним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась згідно з тематичними планами наукових досліджень кафедри ресторанних і крафтових технологій Державного торговельно-економічного університету: науково-дослідна робота «Технологія молочних продуктів з регульованим вуглеводним складом» (номер держреєстрації 0121U109360).

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування і розроблення технології низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин.

Згідно з цією метою та вибраними напрямками досліджень, у процесі роботи необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати технологічну доцільність використання вторинної молочної сировини, зокрема сколотин, отриманих при виробництві масла методом збивання вершків, у технології кисломолочних напоїв для осіб із лактазною недостатністю;
- дослідити процес ферментативного гідролізу лактози сколотин з підвищеним вмістом сухих речовин та визначити раціональні параметри процесу;
- визначити оптимальні параметри процесу сквашування сколотин з гідролізованою лактозою та умови дії заквашувального препарату прямого внесення;
- обґрунтувати технологію низьколактозного йогурту на основі сколотин, комплексно дослідити якість розробленої продукції, а також її зміни в процесі зберігання;

- здійснити комплекс заходів щодо практичного впровадження результатів досліджень; оцінити соціальну і економічну ефективність наукової розробки.

Об'єкт дослідження – технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин.

Предмет дослідження – сколотини, концентрат молочних білків, ферментний препарат β -галактозидази, заквашувальний препарат для йогурту прямого внесення, органолептичні, фізико-хімічні показники, структурно-механічні та мікробіологічні властивості модельних харчових систем, що містять вищевказані види сировини, якість низьколактозних кисломолочних напоїв виробів.

Методи дослідження – стандартні загальноприйняті та спеціальні фізико-хімічні, органолептичні, мікробіологічні, структурно-механічні, кваліметричні, системного аналізу, методи моделювання та математично-статистичні обробки експериментальних даних з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень сформульовано й доведено *наукову гіпотезу* – використання сколотин, як молочної основи для виробництва низьколактозного йогурту, за умов спрямованого регулювання їх функціонально-технологічних властивостей в процесі ферментування уможливить отримати новий продукт з прогнозованими показниками якості для осіб із лактазною недостатністю.

Уперше:

- встановлено, що використання сухого концентрату молочних білків (КМБ-85) у кількості 6,5...8% для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин дозволить отримати низьколактозний йогурт підвищеної харчової цінності із заданими реологічними властивостями;

- визначено ефективність гідролізу лактози у сколотинах із підвищеним вмістом сухих речовин до її залишкового вмісту 20-25% за умови дозування ферментного препарату β -галактозидази GODO-YNL2 у кількості 0,03...0,05%, при температурі $40 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 90...150 хв.;

- встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сквашування на формування кисломолочного згустку низьколактозного йогурту. Шляхом багатофакторного експерименту визначено, що утворення стабільного кисломолочного згустку із нормованою титрованою кислотністю в межах 80...140°Т відбувається за таких параметрів: доза заквашувального препарату для йогурту YC-X11 – 2,6 мг/100 г, температура сквашування - 40±2°С, тривалість процесу – 210 хв.;

- отримано комплекс даних, що характеризує якість розробленого продукту, доведено його підвищену харчову та біологічну цінність.

Удосконалено:

- теоретичні засади щодо використання концентратів молочних білків для регулювання функціонально-технологічних властивостей, підвищення харчової цінності і формування заданих реологічних властивостей низьколактозних йогуртів.

- принципи розробки технологій низьколактозних йогуртів на основі сколотин.

Набули подальшого розвитку:

- теоретичні підходи щодо створення інноваційних технологій низьколактозних кисломолочних напоїв для осіб із лактазною недостатністю шляхом застосування біотехнологічних методів модифікації білково-вуглеводного складу вторинної молочної сировини.

Новизна запропонованих технічних рішень підтверджена патентом України на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію низьколактозного йогурту на основі сколотин.

Результати роботи впроваджені у навчальний процес Державного торговельно-економічного університету» та можуть бути використані у науково-дослідній роботі здобувачів освіти.

Впровадження науково-технічних розробок і випуск експериментальних партій низьколактозного йогурту на основі сколотин здійснено у виробничих умовах ТОВ «МПС-ПРОДУКТ» м. Київ (акт від 23.11.2023р.); ТОВ «УКРРЕСТ» кафе-сироварня «Мацоні» (акт від 27.11.2023р.); ТОВ «КПІ ПРО» м. Київ (акт від 07.12.2023р.).

Особистий внесок автора в ході виконання дисертаційної роботи полягає у плануванні експерименту, проведенні наукових експериментальних досліджень, моделюванні технологічних процесів, аналізі та теоретичному обґрунтуванні результатів, підготовці матеріалів до публікації отриманих даних, розробці патентної документації, впровадженні нових технологій у виробництво, формулюванні висновків.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень обговорювалися протягом 2020-2023 рр. і отримали позитивні оцінки на: 87 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» (м. Київ, НУХТ, 2021 р.); II Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв» (м. Кривий Ріг, ДонНУЕТ, м. Прага, Чехія, 2021 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, ХДУХТ, 2021 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізаційні виклики розвитку національної економіки» (м. Київ, КНТЕУ, 2021 р.); 13th International scientific and practical conference «International scientific innovations in human life» (United Kingdom, Manchester, 2022); 89 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» (м. Київ, НУХТ, 2023 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока» (м. Київ, НУХТ, 2023 р.); III Міжнародній

науково-практичній конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи» (м. Київ, НУХТ, 2023 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Якість і безпека харчових продуктів» (м. Київ, НУХТ, 2023).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: 7 статей, серед яких 6 – у затверджених фахових виданнях України, 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави з напрямку дослідження; 9 тез доповідей – у матеріалах наукових конференцій

Структура і обсяг наукової роботи. Дисертація складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків та 12 додатків. Роботу викладено на 176 сторінках друкованого тексту, містить 45 таблиць, 34 рисунка.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ НА ОСНОВІ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

1.1. Формування вітчизняного ринку низьколактозних та безлактозних молочних продуктів

Проблема харчування включена ООН до найважливіших глобальних проблем людства. Згідно з оцінками експертів ВООЗ здоров'я людей майже на 75% залежить від способу життя, найважливішою складовою якого є харчування. Аналіз наукових програм та напрямів досліджень Європейської комісії, зокрема проєктів «Про затвердження Вимог до тверджень про поживну цінність харчових продуктів та тверджень про користь для здоров'я харчових продуктів», «Низьковитратні технології і традиційні інгредієнти для виробництва доступних, поживних продуктів, що поліпшують здоров'я груп населення», «Промисловий симбіоз для підвищення цінності відходів і побічних продуктів сироватки для виробництва нових харчових продуктів» свідчить про актуальність наукових досліджень щодо розвитку технологій спеціальних харчових продуктів, зокрема продуктів для осіб із хронічними захворюваннями, ферментопатіями, харчовими алергіями, що пов'язані з «непереносимістю» певних нутрієнтів. До таких продуктів відноситься молочна продукція з регульованим нутрієнтним складом для людей з частковою або повною лактазною недостатністю.

За даними ВООЗ, на лактазну недостатність страждає 12–17% населення Європи, для України цей показник становить 15–35 % дорослого населення [1-3]. Загалом у світі близько 70–75 % населення не здатні нормально сприймати лактозу, яка міститься в харчових продуктах [4-8].

Лактазна недостатність як функціональний розлад шлунково-кишкового тракту, викликана порушенням розщеплення лактози в тонкому кишківнику ферментом лактазою [9]. Відповідно до міжнародної класифікації лактазна недостатність поділяється на первинну та вторинну [10,11].

Первинна лактазна недостатність викликана зниженням активності лактази при незміненому ентероциті (клітин кишківника). Вона буває вродженою (генетично зумовленою), транзиторною (у новонароджених) та конституційною (дорослого типу).

Вторинна лактазна недостатність викликана пошкодженням ентероциту, що призводить до зниження активності лактази. Причиною вторинної лактазної недостатності може бути протікання хронічних захворювань, наявність алергії, дисбіоз кишківника, наслідки операцій на ньому, а також приймання медикаментів, які пошкоджують слизову оболонку тонкого кишківника [12-15].

Враховуючи вищезазначене, виділяють наступні види дефіциту ферменту лактази, що може бути причиною лактазної недостатності [16-19].

- Первинний дефіцит, що є найбільш поширеним видом лактазної недостатності. Також він називається нестаціонарною лактазою. У людей із цим типом продукування лактази в організмі з віком зменшується.

- Вторинний дефіцит лактази викликаний пошкодженням слизової оболонки тонкого кишківника в результаті протікання хронічних захворювань, алергії або вживанням медикаментів. Лікування основної причини зазвичай покращує сприйняття лактози організмом.

- Транзиторна лактазна недостатність, яка зустрічається в основному у недоношених дітей. Цей вид лактазної недостатності триває короткий час після народження і з віком організм може повноцінно сприймати лактозу.

- Вроджена лактазна недостатність є генетичним захворюванням і зустрічається дуже рідко. При цьому типі лактазної недостатності організм виробляє мало або взагалі не здатен продукувати лактозу від народження.

Лактазна недостатність – це нездатність організму людини засвоювати лактозу, що міститься в молоці та молочних продуктах. Залежно від ступеня всмоктування лактози в тонкому кишківнику виділяють мальабсорбцію – часткова несприйнятливості до лактози, яка характеризується неповним її всмоктуванням стінками кишківника, та інтолерантність до лактози – повна несприйнятливості до неї організму [19]. За активності ферменту лактази більш

ніж 50 % зазвичай не проявляються симптоми лактазної недостатності. Такий стан характерний для людей із мальабсорбцією, які спокійно можуть споживати до 12 г лактози на добу, що еквівалентно 250 мл молока, без будь-яких порушень у роботі шлунково-кишкового тракту [20]. Основним методом лікування лактазної недостатності є дієтотерапія, яка передбачає повне виключення або обмежене споживання продуктів, що містять лактозу [21,22].

Молоко та молочні продукти вважаються цінним джерелом незамінних нутрієнтів необхідних для організму людини, зокрема білків тваринного походження, кальцію, фосфору, вітамінів *B*₂ (рибофлавін) та *D* (кальциферол) [23]. Окрім цього, відсутність у раціоні молочних продуктів негативно впливає на мікрофлору товстого кишківника [23]. Недостатня кількість споживання молочних продуктів протягом життя людини призводить до збільшення частки хронічних захворювань, зокрема серцево-судинної та опорно-рухової систем.

Включення до раціону безлактозних молочних продуктів є прийнятним для людей, що мають виражену інтолерантність до лактози, однак для людей із мальабсорбцією з часом стан може погіршуватися і набувати ознак інтолерантності до лактози [24].

Оскільки молоко і молочні продукти є цінним джерелом незамінних нутрієнтів, виключення їх із раціону харчування призведе до споживання недостатньої кількості багатьох корисних речовин і, як наслідок, до зниження рівня працездатності й опірності організму захворюванням та іншим негативним факторам довкілля [25]. Саме тому перспективним напрямом розв'язання цієї проблеми є створення технологій молочних продуктів, вільних від лактози або зі зниженим її вмістом.

Аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду, сучасних наукових програм і напрямів досліджень Європейської комісії свідчить про актуальність вивчення питання розвитку технологій харчових продуктів для осіб із ферментопатіями, харчовими алергіями, хронічними захворюваннями, що пов'язані з нетерпимістю до певних нутрієнтів (Codex Alimentarius, директиви та

регламенти Європейського агентства з безпеки харчових продуктів, IDF) [26-30].

Питанням розроблення технології безлактозних та низьколактозних харчових продуктів присвячено праці дослідників багатьох країн світу, зокрема й провідних українських науковців, а саме: Болгової Н.В., Гніцевич В. А., Даниленко С.Г., Мінорової А. В., Романчук І. О., Трубнікової А. А., Чагаровського О. П., Шарахматової Т. С. [31-35]. Їхні роботи пов'язані з вивченням методів видалення лактози та розроблення ресурсоощадних технологій безлактозних (низьколактозних) молочних продуктів. Використання таких продуктів у харчуванні людей із лактазною недостатністю дає змогу наповнити раціон незамінними нутрієнтами молока без можливості погіршення стану здоров'я.

Подальших досліджень й аналізу потребує сучасний стан ринку безлактозної та низьколактозної молочної продукції в контексті розвитку економіки України в умовах глобалізації виробничих процесів.

Молочні продукти, вільні від лактози або зі зниженим її вмістом, належать до категорії харчових продуктів оздоровчого призначення, які виробляються з використанням технологічного прийому вилучення небажаного компонента. Відповідно до вимог Європейського агентства з безпеки харчових продуктів залежно від вмісту лактози молочні продукти в країнах ЄС поділяють на [36]:

- *низьколактозні* – вміст лактози в яких не більше ніж 1 г на 100 г готового продукту; вони можуть бути призначені для споживання особам з мальабсорбцією лактози;
- *безлактозні* – вміст лактози в яких не більше ніж 0,1 г на 100 г готового продукту; такі продукти призначені для споживання особам, які мають інтолерантність до лактози.

На жаль, в Україні нормативи щодо вмісту лактози у безлактозних та низьколактозних молочних продуктах не прийняті.

Останнім часом на ринку набувають популярності так звані безлактозні рослинні продукти, які виготовляються з білка злакових культур та горіхів (вівса, рису, гречки, сої, кокоса, мигдалю тощо) з нульовим вмістом лактози [37].

Світовий ринок безлактозних і низьколактозних молочних продуктів сегментується за видом продукції та географією. За першою ознакою сегментації розрізняють молочні продукти, представлені на рис. 1.1 [38, 39].

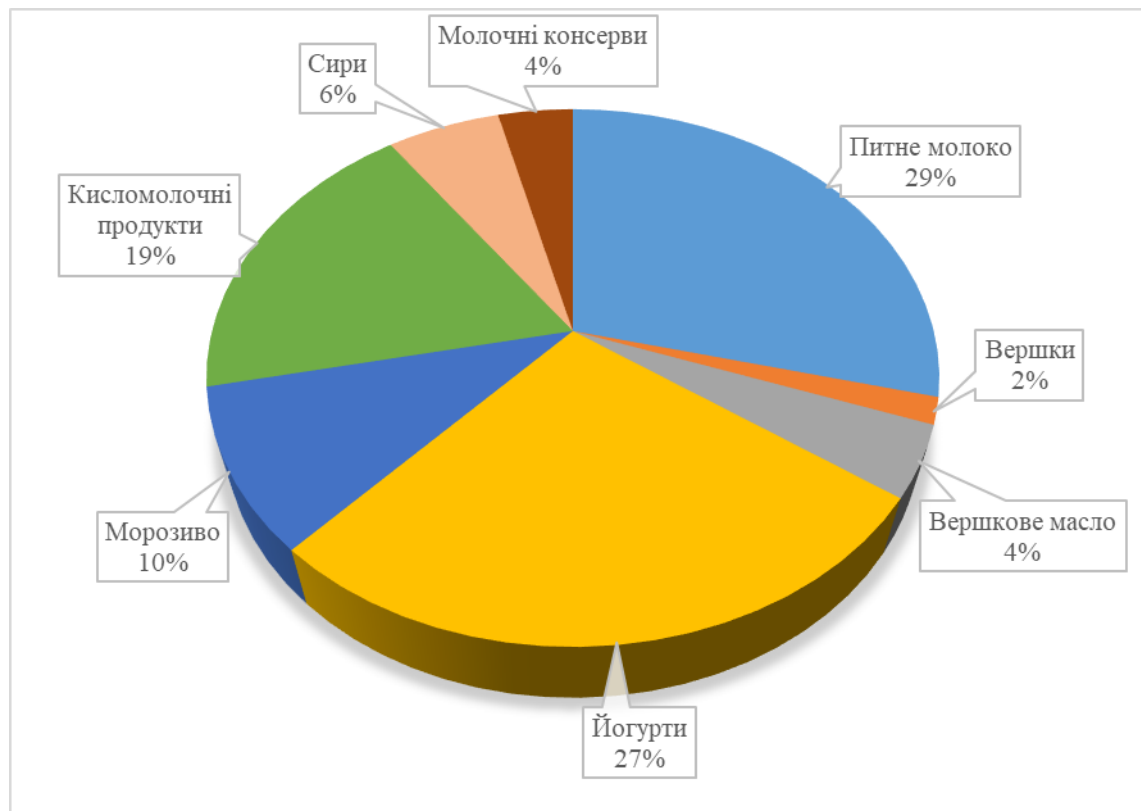


Рис. 1.1 Сегментація світового ринку безлактозної та низьколактозної молочної продукції за видом

Джерело: складене автором за [38;39]

За результатами аналізу споживчого ринку визначено, що у 2020 р. найбільший попит серед осіб із мальабсорбцією або інтолерантністю до лактози мали питне молоко, йогурти та кисломолочні продукти. Ринок молочних продуктів, вільних від лактози або зі зниженим її вмістом, динамічно розвивається. Щороку він зростає на 7,3 % і станом на кінець 2020 р. оцінювався у 12,1 млрд дол. США. Таке нарощування обсягів виробництва пов'язують із поширенням лактазної недостатності серед демографічних груп,

збільшенням медичних показань, розповсюдженням інформації для споживачів, загальним трендом здорового харчування [39].

Поміж виробників безлактозних і низьколактозних молочних продуктів домінують США (26,48 %) та Канада (19,18 %). Велика кількість підприємств галузі й наявність у регіоні інноваційних ліній виробництва стимулюють зростання ринку в цих країнах. Наступними після США та Канади за обсягами виробництва йдуть: Італія – 14,38 %, країни СНД – 10,95, Австралія – 6,85, Нова Зеландія – 6,39 і Фінляндія – 4,12 % [38, 39]. Серед найбільших світових виробників на ринку безлактозних та низьколактозних молочних продуктів можна виділити компанії, як-от: The Coca-Cola Company (США), Nestlé (Швейцарія), Danone Company SA (Франція), Valio Ltd. (Фінляндія), General Mills (США), Johnson & Johnson Services, Inc. (США), Organic Valley (США), Saputo Inc. (Канада), Prairie Farms Dairy (США), Agri-Mark, Inc. (США), SmithFoods, Inc. (США), Meggle Group GmbH (Німеччина), Granlatta Societa Cooperativa Agricola ARL (Італія). Високий попит на безлактозні (низьколактозні) молочні продукти стимулює зростання ринку. Останніми роками така продукція стала частиною культури харчування у розвинених країнах.

Проте в Україні цей ринок ще перебуває на стадії формування. Так, у період 2017–2019 рр. виробництво безлактозних та низьколактозних молочних продуктів у нашій країні здійснювали підприємства ТОВ "Люстдорф" під торговельною маркою "На здоров'я" та ТОВ "Мілкіленд-Україна" (ТМ Latter). У 2020-2023 рр. основними виробниками лінійки таких товарів були вже чотири вітчизняні підприємства: ТОВ "Люстдорф" (ТМ "На здоров'я"), ТОВ Молочна компанія "Волошкове поле", ТОВ Молочна компанія "Галичина", ТОВ "Мілкіленд-Україна" (ТМ Latter).

Характеристику асортименту безлактозної і низьколактозної молочної продукції провідних вітчизняних виробників та роздрібних цін на неї на грудень 2023 р. наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Асортимент і діапазон цін безлактозної та низьколактозної молочної продукції провідних вітчизняних виробників

Торгова марка	Продукція / роздрібна ціна за 100 г продукту				
	Молоко	Вершки	Йогурт	Кефір	Сметана
«На здоров'я»	Молоко безлактозне, 0,5% жиру Молоко питне безлактозне 2,5% жиру / 4,64 – 5,40 грн	Вершки безлактозні, 10% жиру / 12,10 – 14,73 грн	Йогурт питний безлактозний, 1,5% жиру, Йогурт питний безлактозний «Персик», 1,3% жиру, Йогурт питний безлактозний «Полуниця», 1,3% жиру / 7,78 – 8,53 грн	Кефір безлактозний, 2,5% жиру / 5,79 – 6,21 грн	Сметана безлактозна, 15% жиру / 10,57 – 12,14 грн
«Волошкове поле»	Молоко безлактозне 2,5% жиру / 5,02 – 5,32 грн	–	Біфідойогурт безлактозний «Ананас», 1,5% жиру, Біфідойогурт безлактозний «Вишня», 1,5% жиру, Біфідойогурт безлактозний «Полуниця», 1,5% жиру / 8,54 – 10,51 грн	Кефір безлактозний, 2,5% жиру / 5,53-6,18 грн	Сметана безлактозна, 15% жиру / 13,41 – 14,37 грн
«Галичина»	Молоко безлактозне 2,5% жиру / 5,19 – 6,32 грн	–	Йогурт «Карпатський» безлактозний питний, 2,2% жиру, Йогурт «Карпатський» безлактозний десертний, 3,0% жиру 8,82 – 10,07 грн	–	–
«Latter»	Молоко низьколактозне 1,5% жиру 4,5 – 5,69 грн	–	Йогурт питний безлактозний, 1,5% жиру, Йогурт по-грецьки безлактозний термостатний, 2,5% жиру 9,31 – 12,07 грн	Кефір термостатний безлактозний, 2,5% жиру 10,13-14,0 грн	Сметана безлактозна термостатна, 15% жиру / 13,76 – 16,63 грн

Джерело: складено автором за [40-43]

Як свідчать наведені у табл. 1.1 дані, роздрібні ціни на вітчизняну безлактозну та низьколактозну молочну продукцію різняться залежно від виробників у межах 25–31 %. Основними чинниками, що впливають на вартість таких товарів, є жирність продукту, використання додаткових сировинних компонентів, вид пакування.

Аналіз динаміки виробництва молочних продуктів, вільних від лактози або зі зниженим її вмістом, в Україні доводить тенденцію щодо його збільшення (табл. 1.2.).

Таблиця 1.2.

Обсяги виробництва безлактозних та низьколактозних молочних продуктів в Україні

Рік	Обсяг виробництва, тис. тонн	Частка від загального обсягу виробництва молочної продукції, %
2020	2,2	0,3
2021	3,5	0,4
2022	5,2	0,6
2023	7,5	0,8

Джерело: складено автором за [44-47]

Лідером на вітчизняному ринку залишається ТОВ «Люстдорф», яке випускає близько 50% всієї безлактозної (низьколактозної) молочної продукції. Водночас варто зазначити, що українські виробники забезпечують тільки внутрішні потреби споживачів у таких товарах і не експортують їх за кордон.

Основну частину ринку низьколактозних молочних продуктів в Україні займають товари закордонного виробництва торгових марок «Mescovita» (Польща), «Valio» (Фінляндія), «Ecomil» (Іспанія); серед виробників рослинних напоїв – це торговельні марки «Alpro» (Бельгія) та «Joja» (Австрія). Але вони пропонують для осіб із лактазною недостатністю асортимент продуктів за значно вищими цінами, ніж на продукти вітчизняного виробництва. На сьогодні в Україні представлено 160 одиниць найменувань безлактозної та низьколактозної молочної продукції й рослинних напоїв. Обсяг імпортованих

товарів у загальному асортиментному ряді такої продукції становить 68,13 %, з яких 43,12 % належить рослинним аналогам молока (рис. 1.2).

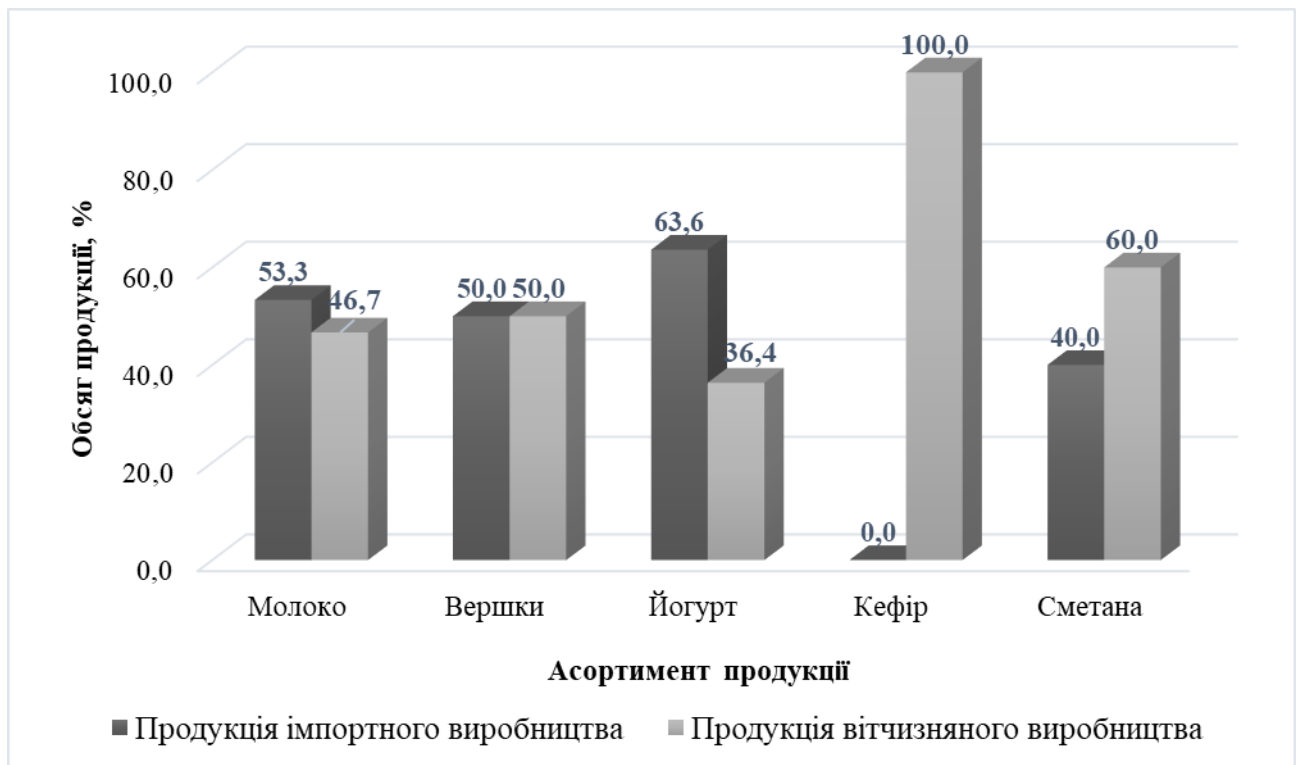


Рис. 1.2 Формування ринку безлактозних, низьколактозних молочних продуктів в Україні, %

Джерело: складено автором за [44-48]

Аналіз представлених даних доводить, що у формуванні ринку безлактозних і низьколактозних молочних продуктів України найбільша частка належить вітчизняним товарам, як-от кефір та сметана, найменша – йогуртам. Проте споживання йогуртів забезпечує організм корисними біологічно активними речовинами, продуктами метаболізму кисломолочних і біфідобактерій, сприяє кращому засвоєнню кальцію, зниженню рівня холестерину в крові, забезпечує нормалізацію мікрофлори кишківника [49]. Вони мають високий попит серед споживачів та займають значний сегмент ринку молочних продуктів (27%), тому насичення його йогуртами вітчизняного виробництва, вільними від лактози або зі зниженим її вмістом, є актуальним напрямом розвитку підприємств молокопереробної промисловості країни.

На формування вітчизняного ринку безлактозної та низьколактозної молочної продукції негативно впливає обмеження природних продовольчих ресурсів. За статистичними даними [50], у 2023 р. обсяги виробництва молока знизилися приблизно на 6%, що пояснюється нестабільною економічною ситуацією, спричиненою військовими діями на території України. Падіння виробництва молока через економічну нестабільність, зменшення поголів'я корів, закриття молокопереробних господарств призвело до збільшення цін на молочну продукцію, зокрема безлактозну та низьколактозну. Тому на сьогодні домінує проблема повного збору та раціонального використання вторинної молочної сировини: знежиреного молока, скотин, сироватки, що отримують за традиційною технологією промислової переробки молока на вершкове масло, сири та казеїнати – у виробництві харчових продуктів, зокрема молочних категорії *freefrom*.

Сучасні тенденції формування ринку здорового харчування в Україні характеризуються зростанням попиту на продукцію з регульованим нутрієнтним складом та комплексом прогнозованих споживних властивостей, зокрема молочну продукцію, вільну від лактози або зі зниженим її вмістом. Необхідність створення нових технологій безлактозних або низьколактозних молочних продуктів із використанням локальної біодоступної сировини обумовлена насамперед високим попитом та вузьким асортиментом таких товарів вітчизняного виробництва. У контексті державної політики щодо ресурсоощадження, посилення орієнтації українських підприємств на розвиток виробництва імпортозамінних продуктів запропоновано напрями щодо розвитку вітчизняного ринку безлактозної та низьколактозної молочної продукції, а саме: нарощування обсягів виробництва високоякісної кисломолочної продукції, вільної від лактози або зі зниженим її вмістом, розроблення інноваційних технологій безлактозних і низьколактозних йогуртів на основі вторинної молочної сировини (знежирене молоко, скотини, молочна сироватка).

1.2. Обґрунтування вибору вторинної молочної сировини у технології низьколактозних кисломолочних напоїв

Створенню науково-практичних засад використання вторинної молочної сировини у технології харчових продуктів із регульованим нутрієнтним складом присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних вчених: Гніцевич В.А., Дейниченко Г.В., Дідух Г.В., Єреська Г.О., Мінорової А.В., Поліщук Г.Є., Романчук І.О., Трубнікової А.А., Чагаровського О.П., Юдіної Т.І., Dekker P. та ін. [32-35, 51-57].

Незважаючи на велику кількість наукових досліджень, роботи в даному напрямку постійно продовжуються й, з одного боку, лежать в площині використання харчових добавок та їх сумішей, а, з іншого, - передбачають залучення до технологічного циклу нової сировини, яка є природним джерелом есенціальних речовин та має широкий спектр технологічних властивостей. Водночас виявлено, що системні дослідження, спрямовані на одержання низьколактозних молочних продуктів, зокрема йогуртів, на основі вторинної молочної сировини, відсутні.

На загальному ринку молочних продуктів йогурти займають значний сегмент (27%) та користуються попитом серед споживачів. Споживання йогуртів забезпечує організм корисними біологічно активними речовинами, продуктами метаболізму кисломолочних і біфідобактерій, сприяє кращому засвоєнню кальцію, зниженню рівня холестерину в крові, забезпечує нормалізацію мікрофлори кишківника. При цьому, йогурти містять дещо нижчий рівень лактози – близько 3%, що пояснюється її частковим гідролізом молочнокислими бактеріями при виробництві йогурту. Проте, такий вміст молочного цукру все одно не дає змогу споживати цю продукцію особам, що страждають на лактазну недостатність.

Тому науковий і практичний інтерес становить розроблення інноваційних технологій безлактозних та низьколактозних йогуртів на основі вторинної молочної сировини. Це дозволить розширити асортимент вітчизняної молочної продукції оздоровчого призначення та забезпечити повноцінним харчуванням

осіб з частковою або повною лактазною недостатністю.

Загальні ресурси вторинної молочної сировини в Україні становлять 70% від обсягу молока, що переробляється, і досягають щороку 2,9...3,2 млн т. Значний обсяг та висока харчова цінність білково-вуглеводної молочної сировини обумовлюють необхідність її повного збору та раціонального використання, зокрема у виробництві харчових продуктів.

Одним з видів вторинної молочної сировини, що отримують при виробництві вершкового масла, є сколотини. У загальному обсязі виробленої ВМС сколотини займають відносно невисоку частку (до 5%) [58]. Однак за вмістом біологічно активних речовин сколотини є особливо цінною молочною сировиною.

Сколотини містять всі основні компоненти молока (крім жиру) у тих же кількостях (табл. 1.3.), а по вмісту фосфоліпідів перевершують його, завдяки чому можуть вживатися без обмежень людьми будь-яких вікових категорій [58-60].

Таблиця 1.3

Хімічний склад білково-вуглеводної молочної сировини, %

Найменування сировини	Компоненти				
	сухі речовини	молочний жир	білки	лактоза	мінеральні речовини
Незбиране молоко	12,3	3,6	3,2	4,8	0,7
Знежирене молоко	8,8	0,05	3,2	4,8	0,75
Молочна сироватка	6,3	0,2	0,8	4,8	0,5
Сколотини	9,1	0,5	3,2	4,7	0,7

Слід зазначити, що хімічний склад і властивості сколотин залежать від способу виробництва вершкового масла. В залежності від виду масла, що виробляється, виділяють такі види сколотин:

– сколотини, що одержують при виробництві вершкового масла методом збивання вершків на масловиготовлювачах періодичної (I) та безперервної дії (II);

– сколотини, що отримують при виробництві вершкового масла методом

перетворення високожирних вершків (III);

– сколотини, отримані при виробництві солодковершкового масла, і сколотини, отримані при виробництві кисловершкового масла.

Тому, з метою обґрунтування вибору виду сколотин для подальшого використання у технології низьколактозних кисломолочних напоїв, проведено порівняльний аналіз їх хімічного складу (табл.1.4).

Таблиця 1.4

Хімічний склад сколотин (у порівнянні зі знежиреним молоком)

Показники	Сколотини I	Сколотини II	Сколотини III	Знежирене молоко
Масова частка сухих речовин, %, в тому числі:	9,01	8,99	8,61	8,45
Білки	2,99	2,89	2,66	3,00
Жири	0,7	0,7	0,4	0,05
Лактоза	4,57	4,77	4,93	4,70
Мінеральних речовин, в т. ч.:	0,75	0,63	0,62	0,70
Фосфор	0,104	0,094	0,089	0,071
Кальцій	0,106	0,109	1,13	1,26

З даних наведених у табл. 1.4. видно, що спосіб виготовлення масла впливає на хімічний склад сколотин. Слід відмітити, що сколотини, отримані при виготовленні масла способами збивання (періодичного та безперервного) відрізняється від сколотин способу перетворення високожирних вершків більш значним вмістом білку, жиру, мінеральних речовин та вітамінів [61].

Так, сколотини I і II містять у своєму складі білка на 11%, жиру на 43%, мінеральних речовин на 17% більше, ніж сколотини III. Однак, найбільший інтерес у цій сировині представляють білкові речовини, що обумовлюють біологічну цінність сколотин [62, 63].

Білки сколотин відрізняються від білків цільного й знежиреного молока по складу і фізико-хімічних властивостях. Вони представлені казеїном (близько 70%) і сироватковими білками. Казеїнових білків у сколотинах міститься приблизно

стільки ж, скільки у вершках, і на 10% менше, ніж у знежиреному й незбираному молоці [64]. Казеїнові білки цільного, знежиреного молока, вершків і сколотин представлені чотирма основними фракціями - α , β , χ , γ , кількісне співвідношення яких у процесі переробки молока практично не міняється.

При переробці молока на вершкове масло методом перетворення високожирних вершків у результаті впливу ряду фізико-хімічних факторів у сколотинах підвищується вміст сироваткових білків у порівнянні з вихідним незбираним молоком на 8,6%, із знежиреним молоком – на 10,5% [65, 66].

Сироваткові білки за своїм амінокислотним складом є повноцінними, оскільки містять у кращому сполученні незамінні амінокислоти, чим інші білки тваринного походження, а їхня біологічна цінність перевищує біологічну цінність білків курячого яйця. Сироваткові білки виконують в організмі людини важливі біологічні функції. Так, імуноглобулін виконує захисну функцію, він є носієм пасивного імунітету, лактоферін і лізоцим, що відносяться до ферментів сколотин, мають антибактеріологічні функції.

Відмінною рисою білкового складу сколотин є наявність білків оболонки жирових кульок, що переходять у них при фізико-хімічних і механічних впливах на молоко і вершки в процесі виробництва масла, у кількості 55% від їхнього вмісту в оболонках. По своїх електрофоретичних властивостях білки оболонки жирових кульок ідентичні сироватковим білкам. Ізоелектрична точка їх знаходиться в межах рН 3,9...4,0 [67, 68].

Амінокислотний склад білків оболонки жирових кульок відрізняється підвищеним вмістом аргініну, фенілаланіну і треоніну, що грають істотну роль у забезпеченні нормального росту і розвитку дітей; вміст метіоніну +цистину вищий, ніж в основному білку молока – казеїні [69].

Загальна кількість амінокислот у сколотинах (3103 мг%) приблизно така ж, як і в незбираному молоці (3144 мг%). Вміст вільних амінокислот у сколотинах (1757 мг%) знаходиться на рівні їхнього вмісту в знежиреному молоці [70].

Таким чином, білки, що містяться в сколотинах, особливо сироваткові, володіють підвищеною біологічною цінністю і при їхньому використанні в

харчуванні можуть відігравати значну роль у рішенні проблеми білкового дефіциту.

Вміст молочного жиру в сколотинах невеликий і складає 0,4...0,7%, але його харчова цінність досить висока, оскільки він є носієм біологічно активних речовин і незамінних жирних кислот [71]. Молочний жир у сколотинах перебуває у диспергованому стані, значна частинка жирових кульок має розміри менше 1 мкм, що сприяє кращому його засвоєнню організмом. Жир сколотин також характеризується вмістом цінних поліненасичених жирних кислот: лінолевої, ліноленової, арахідонової, які володіють антисклеротичними властивостями. Ці поліненасичені жирні кислоти, загальний вміст яких не перевищує 5%, утворюють біологічний комплекс, що бере участь у нормалізації жирового та холестеринового обмінів, а також сприяє зміцненню стінок кровоносних судин.

У сколотинах виявлено шість основних фракцій ліпідів: фосфоліпіди, моно-, дигліцериди, вільні жирні кислоти, тригліцериди, вуглеводи й стерини.

Сколотини відрізняються від цільного молока і вершків підвищеним вмістом окремих фракцій ліпідів, у той час як вміст жиру в них незначний. У їх складі – біологічно цінні компоненти, наприклад, протисклеротичні речовини (оболонковий білково-жировий комплекс і його фосфоліпіди). Сколотини більш багаті фосфоліпідами, чим цільне й знежирене молоко і навіть вершки. Вміст їх у сколотинах перевищує вміст у цільному й знежиреному молоці відповідно в 1,4 і 11 разів [72]. Фосфоліпіди складають 35...45% від загальної кількості ліпідів, що входять до складу оболонок жирових кульок. Вони є біологічно активними речовинами і беруть участь у багатьох процесах життєдіяльності організму.

Вміст холестерину й фосфоліпідів у сколотинах, отриманих при різноманітних засобах виробництва вершкового масла, приведений в табл. 1.5 [72].

Таблиця 1.5

Вміст холестерину й фосфоліпідів у сколотинах, мг %

Зразки сколотин	Вміст	
	холестерину	фосфоліпідів
Сколотини I	39,0	210,4
Сколотини II	23,0	185,8
Сколотини III	20,3	150,0

Менший вміст фосфоліпідів у сколотинах III (табл. 1.5), отриманих при виробництві масла способом перетворення високожирних вершків, можна пояснити в основному умовами виробництва. Очевидно, велика частина фосфоліпідів разом із незруйнованими оболонками жирових кульок у період сепарування переходить у високожирні вершки. При виробництві масла способом збивання відбувається найбільш інтенсивне руйнування оболонок жирових кульок під дією фізичного дозрівання вершків і механічного впливу, у результаті чого велика частина ліпопротеїну переходить із поверхні жирової кульки в сколотини. Враховуючи це, саме сколотини, отримані методом збивання, є більш кращими для наступної переробки в харчові продукти [73].

Особливу цінність сколотини представляють як джерело лецитину, що зв'язаний з білком і утворює високоактивний білковолецитиновий комплекс. Останній знаходиться тільки в оболонці, що покриває жирову кульку сколотин. Ліпопротеїновий комплекс сколотин бере участь у жировому обміні речовин. У сколотинах усіх способів виробництва масла міститься 20,3...39,0 мг% холестерину [74]. У незначних кількостях він необхідний для нормального функціонування організму в цілому, оскільки підтримує процеси обміну в клітинах організму і зберігає їхню пружність.

Вуглеводний склад сколотин подібний до складу незбираного молока та продуктів його переробки. Він представлений головним чином лактозою й продуктами її гідролізу – глюкозою й галактозою [74]. Вміст лактози в сколотинах складає до 5%. Вона сприяє нормалізації у кишківнику процесів бродіння і попереджає інтенсивний розвиток гнильних процесів. Лактоза сприяє не тільки

підвищенню енергетичної цінності молочних продуктів, протіканню в організмі біохімічних і фізіологічних процесів, але і слугує субстратом для розвитку молочнокислих бактерій і дріжджів, що має важливе значення при виробництві кисломолочних продуктів, зокрема йогуртів.

Сколотини містять повний комплекс мінеральних речовин, у тому числі й мікроелементів незбираного молока. За рівнем вмісту основних зольних елементів і фосфору сколотини, отримані при виробництві масла збиванням вершків, перевершують сколотини III і знежирене молоко, хоча вміст кальцію в них дещо менший (табл. 1.4).

Вітаміни в сколотинах містяться в значних кількостях і представлені групою водорозчинних вітамінів – С; В₁; В₂; В₆; В₁₂; РР і групою жиророзчинних вітамінів – А; Е. Вітамінний склад сколотин (у порівнянні з незбираним молоком) приведений у табл. 1.6 [75].

Таблиця 1.6

Вітамінний склад сколотин (у порівнянні з незбираним молоком)

Вітаміни	Вміст		
	у незбираному молоці, мкг/кг	у сколотинах	
		мкг/кг	% від вмісту в незбираному молоці
Тіамін (В ₁)	400	300	75
Рибофлавін (В ₂)	1500	1500	100
Ніацин (РР)	1000	1400	140
Піридоксин (В ₆)	500	200	40
Ціанокобаламін (В ₁₂)	0,4	0,42	105
Фолацин (В ₉)	5,0	-	-
Ретинол (А)	70	50	71
Аскорбінова кислота (С)	15000	3000	20
Токоферол (Е)	0,09	0,01	11
Кальциферол (D)	0,05	-	-

Як видно з табл. 1.6, жиророзчинні вітаміни в сколотинах містяться в малій кількості, що пояснюється виділенням жирової фракції з незбираного молока при одержанні сколотин. У сколотинах, отриманих методом збивання вершків, вітаміну А міститься в 1,3 рази, Е - у 1,8 разів більше, ніж у сколотинах, отриманих методом перетворення високожирних вершків [75, 76]. Вміст вітаміну

С у порівнянні з незбираним молоком значно нижче, що обумовлено впливом високих температур на молоко і вершки в процесі виробництва вершкового масла. Однак, по загальному набору й абсолютному вмісту вітамінів сколотини є біологічно повноцінним продуктом.

Таким чином, на підставі проведених досліджень, можна зробити висновок, що сколотини, отримані при виробництві масла методом збивання вершків, мають підвищену біологічну цінність за рахунок високого вмісту повноцінних білків, вітамінів та мінеральних речовин, співвідношення яких є оптимальним для засвоєння організмом. Отже, саме цей вид сколотин і рекомендується використовувати як молочну основу у подальших дослідженнях щодо розроблення інноваційних технологій низьколактозних йогуртів.

1.3. Аналіз способів гідролізу лактози в молочній сировині

Лактоза – це вуглевод групи дисахаридів, який міститься у молоці та молочних продуктах. Вміст лактози в молочних продуктах коливається від 3,8 до 4,9%. Молочний цукор в організмі людини виконує головним чином енергетичну функцію, а також є стимулятором росту корисної мікрофлори кишківника. В процесі гідролізу лактоза розщеплюється на молекули глюкози і галактози (рис 1.3.) [77,79].

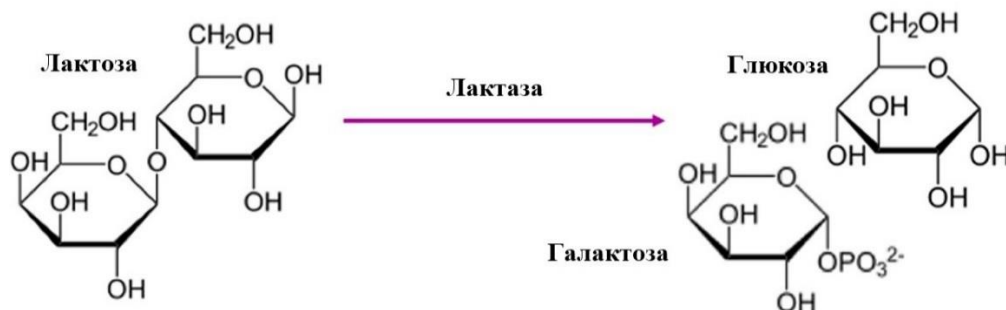


Рис.1.3 Схема ферментативного гідролізу лактози

В молоці, склотинах, молочній сироватці лактоза знаходиться в двох формах: α і β . Причому α -форма менш активна, ніж β -форма, обидві форми можуть переходити одна в одну, обертаючи площину поляризації вправо. Із водних розчинів лактоза кристалізується з однією молекулою кристалізаційної води у α -гідратній формі [79].

При нагріванні до температури вище 100°C (особливо при стерилізації та високотемпературній обробці) молочний цукор частково перетворюється у лактулозу. Лактулоза відрізняється від лактози тим, що замість залишку молекули глюкози містить залишок молекули фруктози [80].

Лактоза під дією розчинених кислот, ферментів та іонообмінних смол гідролізується. При цьому відбувається її розчеплення на глюкозу і галактозу, які потім перетворюються в альдегіди та кислоти. Також молочний цукор гідролізується під дією лактази, яка продукується бактеріями, дріжджами та іншими мікроорганізмами. Вплив високих температур прискорює гідроліз та може бути причиною побічних реакцій: зміна кольору, утворення стороннього присмаку і запаху [81].

В процесі виробництва низьколактозних молочних продуктів, зокрема кисломолочних напоїв, одним з основних етапів є вилучення лактози. Відомо декілька способів видалення лактози з молока та молочних продуктів: зброджування молочнокислими бактеріями до молочної кислоти; розділення компонентів молока з вивільненням лактози, що передбачає подальше з'єднання компонентів молока; гідроліз лактози до моноцукрів – глюкози і галактози [82].

Наведені вище способи передбачають застосування таких методів видалення молочного цукру: хімічний метод: із застосуванням іонообмінних смол при рН 1,5 і температурі 95°C , із застосуванням ензимів – вільних ферментів, що знаходяться безпосередньо в середовищі або іммобілізовані; біологічний метод: із застосуванням вільних або іммобілізованих клітин мікроорганізмів (грибів, дріжджів, бактерій), що здатні продукувати β -галактозидазу; фізичні або безреагентні методи (фільтрація, діаліз, осадження);

комбіновані методи – передбачають поєднання вище наведених методів, наприклад, обробка молока β -галактозидазою та ультрафільтрацією.

Проте, найбільш поширеним способом видалення лактози з молока та молочних продуктів є метод гідролізу. Гідроліз лактози у молочній сировині (табл. 1.7) поділяється на кислотний (гетерогенний – із з використанням іонообмінних реакцій, гомогенний – із застосуванням мінеральних кислот) та ферментативний (з використанням розчинних β -галактозидаз).

Таблиця 1.7.

Характеристика способів гідролізу лактози у молочній сировині

Характеристика	Сутність процесу	Переваги	Недоліки	Застосування в харчовій промисловості
Ферментативний гідроліз	Гідроліз лактози під дією препаратів, які володіють β -галактозидазною активністю	Висока швидкість та ефективність; безпечність не змінює органолептичні властивості кінцевого продукту	Висока вартість ферментних препаратів	Виробництво безлактозних та низьколактозних молочних продуктів
Кислотний гідроліз	Розчеплення лактози із застосуванням кислот, зазвичай неорганічних (HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃)	Невисока вартість, не вимагає застосування спеціального обладнання	Можливе утворення побічних продуктів; зміна органолептичних властивостей продукту; вимагає ретельного контролю та дозування кислот	Виробництва безлактозного сухого молока, молочних консервів; продуктів на основі молочної сироватки
Термічний гідроліз	Процес гідролізу відбувається під дією високих (понад 100°C) температур	Прости у застосуванні, не потребує спеціального обладнання; невисока вартість	Призводить до зміни структурно-механічних та органолептичних показників; можлива часткова денатурація білкових речовин	Виробництво безлактозних молочних продуктів, молочних продуктів із модифікованим складом

Джерело: складено автором за [82-84]

Гетерогенний спосіб кислотного гідролізу здійснюється за високих температур (97...100°C) з використанням сильноокислих іонообмінних смол.

Застосування цього методу дозволяє регулювати величину рН-середовища гідролізатів, проводити досить глибоку їх демінералізацію [84].

Недоліком даного способу є те, що в процесі гідролізу іонообмінна смола вкривається темним осадом – сумішшю карамелізованої лактози і продуктів реакції Маяра, що в свою чергу потребує періодичного відновлення смоли. Відновлення ускладнює технологічних процес і потребує значних витрат на нейтралізацію та очищення стічних вод, що утворюють у великих кількостях, а це призводить до збільшення собівартості процесу гідролізу [85].

Гомогенний кислотний гідроліз лактози відрізняється від гетерогенного тим, що у якості каталізатора процесу застосовуються мінеральні кислоти, зокрема соляна. Гомогенний кислотний гідроліз проходить як реакція першого порядку, яка залежить від значення рН-середовища, температури, вмісту лактози та тривалості процесу [86]. Переважаючим недоліком цього методу є те, що при температурі вище 130°C гідролізат набуває коричневого кольору за рахунок протікання реакції меланоїдиноутворення. Високий вміст меланоїдинів в гідролізатах, отриманих гомогенним методом та їх висока зольність після нейтралізації лугом призводять до непридатності кінцевого продукту для подальшого використання у виробництві молочних продуктів без додаткового очищення.

Лактоза легко піддається дії ферментів, що продукуються мікроорганізмами. Тому найбільш перспективним методом видалення лактози при виробництві молочних продуктів з технологічної точки зору є застосування ферментних препаратів β -галактозидази. Розщеплення лактози гідролізом за участі ферментів мікробного походження β -галактозидаз дозволяє обробляти будь-яку сировину, що містить лактозу, виключити можливість деструкції моноцукрів під дією високих температур, а також забезпечує збереження усіх поживних речовин вихідної сировини.

Проведення гідролізу лактози на глюкозу і галактозу з використанням ферментних препаратів β -галактозидази широко застосовується у харчовій промисловості та має важливе технологічне значення. Застосування ферментів

дозволяє підвищити швидкість та специфічність перебігу хімічних реакцій, що в свою чергу скорочує тривалість багатьох технологічних процесів.

Джерелом походження лактаз можуть бути тварини, рослини і мікроорганізми (бактерії, гриби, дріжджі). Лактази тваринного і рослинного походження мають низьку активність і високу вартість, тому на практиці застосовуються досить рідко.

Більшого застосування при виробництві безлактозної та низьколактозної молочної продукції набули ферменти, отримані з мікроорганізмів, зокрема бактерій та дріжджів, що в свою чергу обумовлює їх властивості та застосування. Так, β -галактозидази поділяють на дві групи [87]:

- нейтральні лактази дріжджові та бактеріальні – застосовують для гідролізу лактози в молоці та молочних продуктах;
- кислі грибні лактази – використовуються для гідролізу лактози сироватки.

Ферментні препарати грибного походження більш термостабільні, їх температурний оптимум дії становить 30...50°C, на відміну від ферментних препаратів лактази дріжджового походження із температурним оптимумом 30...35°C. Грибні лактази мають більшу стійкість до зміни рН середовища: рекомендовані значення рН для грибних лактаз – 4...5, для дріжджових та бактеріальних – 6...7,2 [88].

β -галактозидазу мікробного походження активно продукують бактерії: *Bac. subtilis*, *Bac. megatherium*, *Bac. stearothermophilus*, *Bac. coagulans*; молочнокислі бактерії, які широко застосовуються в молочній промисловості: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricum*, *Lactobacillus helveticus* [89]. Для отримання дріжджових лактаз використовують дріжджі: *Sacharomyces fragilis*, *Saccharomyces kluyveromyces*, *Fabospora fragilis*, *Saccharomyces lactis*, *Candida pseudotropikalis*, *Torulopsis versatilis*, *Torulopsis spaerica* [90]. Серед мікроскопічних грибів найбільшими продуцентами лактази є *Penicillium multicolor*, *Mucor pusillus*, *Penicillium terlikowskii*, *Alternaria tenuis* [91, 92].

При виробництві молока для гідролізу лактози застосовують препарати, які отримують з дріжджів *Sacharomyces fragilis*, *Saccharomyces lactis*, *Torulopsis sphaerica*; для гідролізу лактози в молочній сироватці використовують ферментні препарати мікроскопічних грибів *Penicillium multicolor*, *Mucor pusillus*, *Penicillium terlikowskii*, *Alternaria tenuis* [93, 94]. Для гідролізу лактози в кислій сироватці використовують ферментні препарати міцеліальних грибів *Aspergillus niger*, *Aspergillus saryzae*. Ферментативний гідроліз лактози в підсирній сироватці здійснюють з використанням препаратів дріжджового (*Kluuveromyces Lactis*, *Kluuveromyces sfragilis*) або бактеріального походження (*Lactobacillus thermophilus*, *Leuconostocci trovorum*) [95].

На ринку представлені такі ферментні препарати лактази: «Maxilact» (DSM Food Specialties, Голандія), «Ha-Lactase» (Chr. Hansen, Данія), «Dairvzimes», «Validase Yest Laktase» (National Enzyme Company, США), «GODO-YNL2» (Shusei Company Limited, Японія), «Лактозим» (Novozymes, Данія). Характеристики ферментних препаратів лактази наведено у табл. 1.8.

У роботі Моїсеєвої Л.О. [99] визначено оптимальні параметри гідролізу лактози молочних сумішей на основі знежиреного молока ферментним препаратом дріжджового походження «GODO-YNL2» для виробництва кисломолочних напоїв: доза ферменту – 0,1%, тривалість процесу – 4 год. при температурі $45 \pm 1^\circ\text{C}$.

Визначено [100] параметри гідролізу лактози у знежиреному молоці ферментним препаратом дріжджового походження «Ha-Lactase»: доза препарату – 0,04%, температура процесу $37 \pm 1^\circ\text{C}$, тривалість $3,0 \pm 0,5$ год.

За результатами досліджень [101] встановлено, що параметрами гідролізу знежиреного молока ферментним препаратом дріжджового походження «Максілакт» є температура $37 \pm 1^\circ\text{C}$, тривалість $4,0 \pm 0,5$ год., рН середовища ферментації $6,5 \pm 0,5$ од.

Таблиця 1.8.

Характеристика ферментних препаратів лактази

Назва ферментного препарату	Виробник	Тип лактази	pH-діапазон стабільності	Температурний оптимум, °C	Форма випуску	Активність, NLU/г	Рекомендована доза, %	Вартість, грн/100г
Maxilact	DSM Food Specialties (Голандія)	Дріжджова (Saccharomyces lactis)	5,7...6,8	35...37	Рідина	5000-6000	0,1	2000
Maxilact A4	DSM Food Specialties (Голандія)	Грибкова (Aspergillus lactis)	4,5...5,7	45...55	Порошок	5000-6000	0,1	2000
«Ha-Lactase»	Chr. Hansen (Данія)	Дріжджова (Kluveromyces lactis)	5,7...6,2	37...40	Порошок	4000-5000	0,1	1800
«GODO-YNL2»	Shusei Company Limited (Японія)	Дріжджова (Kluveromyces lactis)	5,5...6,5	20...45	Рідина	5000-10000	0,1	1600
«Лактозим»	Novozymes (Данія)	Грибкова (Aspergillus lactis)	6,5...8,0	35...45	Гранули	4000-5000	0,1	2100

Джерело: складено автором за [96-98]

У роботі Погосян А.С. [102] було встановлено, що ступінь гідролізу лактози 70...80% досягається при внесення дози ферментного препарату у кількості 0,5 см³ на 1 дм³ молока при тривалості процесу 14...20 год. за температури 8±2°C, та 2 год. за температури 40±2°C.

Науковцями Інституту продовольчих ресурсів НААН України [103] для виробництва молока знежиреного гідролізованого згущеного використовувався ферментний препарат «GODO-YNL2» у кількості 0,01...0,02%, тривалість процесу 18-20 год. при температурі 6...8°C.

Дослідженнями науковців ОНАХТ [104-105] встановлено раціональні умови для проведення гідролізу в пастеризованому молоці: доза ферменту – 0,04...0,06%, тривалість процесу 1,5...2,5 год. при температурі 35-45°C.

Авторами [106] визначено, що для проведення гідролізу сироватки ферментним препаратом із дріжджів роду *K. Fragilis* оптимальними умовами є: доза препарату – 0,04...0,06%, рН середовища – 6,12 од., температура процесу - 45±1°C, тривалість – 4 год.

За результатами досліджень [107] параметрами гідролізу молочної суміші для морозива ферментним препаратом «Ha-Lactase» були: доза ферменту – 0,4...0,5 мл/л, температура 40±2°C, тривалість 4±0,2 год.

Авторами [108] встановлено параметри проведення ферментативного гідролізу лактози в підсирній сироватці ферментним препаратом «Максілакт»: доза внесення ферменту – 0,1...0,3%, рН середовища – 6,5...7,5 од., тривалість 4 год. за температури 37±2°C.

При розробленні технології йогурту низьколактозного маложирного [109] авторами досліджено процес гідролізу лактози у молочних сумішах (незбиране молоко, знежирене молоко, сухе знежирене молоко) ферментним препаратом Лактозим. На основі досліджень встановлено параметри проведення гідролізу лактози у молочній суміші: концентрація ферменту – 0,1%, тривалість гідролізу – 3,5...4 год., температура – 40±2°C.

На сьогодні для виробництва безлактозних та низьколактозних молочних продуктів вітчизняними підприємствами молочної промисловості широкого

використання набуло застосування ферментного препарату лактази «GODO-YNL2» (Shusei Company Limited, Японія), який отримують із дріжджів *Kluveromyces lactis*. Він характеризується (табл. 1.8.) високою ферментативною активністю (5000-10000 NLU/г), що дає змогу досягти необхідного ступеню гідролізу лактози при більш низьких дозах препарату; широким температурним діапазоном (20...45°C), що дозволяє застосовувати його при невисоких температурах; високий ступінь очистки від домішок інших ферментів унеможливорює утворення побічних продуктів при його використанні; відсутністю запаху та смаку, що можуть вплинути на якість і органолептичні властивості готового продукту. Ферментний препарат випускається у вигляді рідини, він не потребує додаткових операцій перед використанням, що дає змогу вносити його безпосередньо у продукт. Його вартість відносно менше порівняно з іншими препаратами, що у свою чергу зменшує собівартість готової продукції.

Також, наведені вище результати досліджень науковців, свідчать про ефективність використання ферментного препарату «GODO-YNL2» у виробництві молочних продуктів на основі вторинної молочної сировини, зокрема знежиреного молока та молочної сироватки.

Тому, враховуючи переваги та попередній досвід науковців для подальших досліджень процесу гідролізу лактози у скотинах для виробництва низьколактозних кисломолочних напоїв на їх основі обрано ферментний препарат «GODO-YNL2» виробництва Shusei Company Limited (Японія).

1.4. Сучасні технології низьколактозних і безлактозних молочних продуктів

Виробництво безлактозних молочних продуктів здійснюється в більшості країн Західної Європи, США, Канаді, Фінляндії, Аргентині, Австралії, Японії. Так, компанія Valio (Фінляндія) випускає широкий асортимент продуктів із гідролізованою лактозою: молоко, кисломолочні продукти, сири, морозиво [110, 111].

В США виробляють безлактозні питне молоко, сири, йогурти, продукти для дитячого харчування під торговельною маркою «LactAid».

В Нідерландах під торговельною маркою «Lactalac» випускають питне молоко, сухе знежирене молоко, продукти з сироватки з гідролізованою лактозою [112].

Серед виробників безлактозного молока на світовому ринку домінують бренди «Valio Zero Lactose» (Фінляндія) та «Tine Lactosefree» (Норвегія). В основу технології безлактозного молока покладена розробка компанії «Valio», яка полягає у безпосередньому внесенні ферментних препаратів в тару, призначену для фасування молока. Проте цей спосіб є більш тривалим, оскільки процес гідролізу здійснюється при температурі 8-10°C. Подібний спосіб виробництва застосовує підприємство «Organic Valley» (США) [113].

Разом з ферментативним гідролізом для вилучення лактози при виробництві безлактозних молочних продуктів також використовуються мембранні методи обробки молока. Компанія «Valio» запропонувала технологію отримання безлактозного молочного продукту, яка передбачає ультрафільтрацію молока, нанофільтрацію отриманого пермеату, концентрування УФ-пермеату зворотнім осмосом і гідроліз молочного продукту за допомогою ферменту лактази. Гідроліз здійснюється протягом 1...36 год. при температурі від 5 до 70°C. Така технологія дозволяє вилучити лактозу з молока без погіршення його органолептичних властивостей [114]. На даний час компанія виробляє низькожирне (1,5% жиру) ультрапастеризоване молоко, йогурт з різними наповнювачами, ультрапастеризовані вершки (38% жиру). Гідроліз лактози при виробництві зазначених продуктів здійснюється іммобілізованою на фенолформальдегідній смолі β -галактозидазою. Солодкість молока з гідролізованою на 80% лактозою відповідає натуральному молоку з додаванням до нього 1,5...2,0% цукру. При цьому енергетична цінність молокопродуктів не збільшується, що дозволяє використовувати їх в дієтичному харчуванні [114].

Розроблена технологія отримання молока з використанням розчинного ферменту β -галактозидази «Лактозим», що дозволяє отримувати гомогенізоване нежирне, напівжирне і незбиране молоко з гідролізованою на 60% лактозою [115, 116].

Зниження вмісту лактози в морозиві за рахунок часткового її гідролізу призводить до підвищення солодкості продукту при зниженій кількості сахарози на 1...2% та дозволяє уникнути кристалізації молочного цукру при підвищеному (до 16%) вмісту сухих речовин. Такий продукт може бути рекомендований для харчування людей з лактазною недостатністю [117, 118].

Американськими вченими розроблена технологія морозива, в якій на 75% знижено вміст лактози та на 50% збільшено вміст білку порівняно із традиційними видами морозива. Концентрат, отриманий при ультрафільтрації молока, з'єднують з вершками, при цьому в готовому продукті збільшується вміст кальцію [119]. У Франції при виробництві морозива використовують сироватковий сироп після проведення гідролізу лактози. Близько 50% сухих речовин знежиреного молока замінюють сухими речовинами гідролізованої сироватки, при цьому гідроліз лактози значно покращує структуру продукту [120].

Ферментативний гідроліз лактози використовується при виробництві безлактозних стерилізованих та згущених молочних консервів. Застосування β -галактозидази при виробництві згущеного молока зменшує витрати цукру на 30% [121]. Проведені дослідження з використанням дріжджової лактази для гідролізу лактози в згущеному молоці з цукром, що дозволяє уникнути кристалізації лактози у процесі зберігання [122].

Виробництво сиру із молока з частково гідролізованою лактозою обумовлює прискорення технологічного процесу. В сирі інтенсифікується процес перетворення цукрів, скорочується час обробки згустку, збільшується кількість кислотоутворюючих протеолітичних бактерій, за рахунок чого посилюється протеоліз сиру. Вихід готового продукту збільшується на 10%, а час дозрівання сиру скорочується на місяць [123].

Розроблена технологія твердих сирів, що передбачає гідроліз лактози в молоці ферментним препаратом «Лактозим». Завдяки більш швидкому і стабільному падінню рН (на 20-25% швидше) утворюється більш твердий сирний згусток. Це призводить до меншого дроблення сирних зерен та зниження вмісту вологи в сирній масі. Також відбувається зниження втрат білкових сполук із сироваткою, збільшується ефективність використання сироваткових білків. Регулювання вмісту вологи в сирній масі при другому нагріванні збільшує вихід продукту на 10% [123].

Проведені дослідження з використання ферментного препарату галактозидази грибового походження при виробництві розсільних сирів з метою інтенсифікації процесу дозрівання та покращення якості продукції [124]. Сироватка, отримана при виробництві сиру, містить частково гідролізовану лактозу, що спрощує переробку сироватки в згущений гідролізований концентрат.

За результатами досліджень [125] розроблено технологію біологічно активного продукту із молочної сироватки із вмістом сухих речовин 13...20% при рН 6,73...6,77 і температурі 30°C, за якої в молочну сироватку вносять першу частину ферменту лактази та додають першу частину закваски, витримують 20 хв. та вносять другу частину ферменту та закваски. Гідролізовану сироватку концентрують у вакуум-випарних установках до вмісту сухих речовин не менше 40%.

Авторами запропоновано спосіб виробництва [126] ферментованого напівфабрикату на основі молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози методом ферментативного гідролізу лактози шляхом внесення до молочної сировини активатора процесу ферментативного гідролізу лактози – ферментного препарату спрямованої дії, продукованого культурою мікроорганізмів. Технологічний процес включає оптимізацію сепарованої чи несепарованої молочної сировини до значення рН середовища в межах 5,0...5,5 розчином NH_4OH . Вносять ферментний препарат спрямованої дії у концентрації 0,03 г/л та розчин каталізатора в охолоджену після

високотемпературної пастеризації до 55...65°C підготовлену сироватку. Витримують отриманий гідролізат в термостаті при температурі 50±2°C, протягом 12 год. В результаті процесу гідролізу лактози її масова частка зменшується з 5,7...5,8% до 2,0...2,2%. Отриманий низьколактозний напівфабрикат на основі сироватки використовують в якості основи для виробництва соусів.

Широким попитом серед споживачів користуються низьколактозні кисломолочні напої, зокрема йогурти, що мають специфічну «живу» мікрофлору та корисні властивості:

- живі йогуртові культури (*Lactobacillus bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*) позитивно впливають на роботу шлунково-кишкового тракту;
- споживання йогуртів покращує процес травлення, підтримує баланс кишкової мікрофлори;
- йогурти – цінне джерело вітамінів, зокрема B₂ та B₁₂, кальцію та інших мінеральних речовин [127, 128].

Аналіз доробок науковців щодо розроблення технології низьколактозних йогуртів [129-132], доводить, що одним з етапів їх виробництва є нормалізація молочної основи за вмістом сухих речовин.

Відповідно до ДСТУ 4343:2004 [133] йогурт – це кисломолочний продукт з підвищеним вмістом сухих речовин, який виробляють сквашуванням молока культурами видів *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Вміст сухих речовин у готових йогуртах повинен становити не менше 9,5%. Чим вище вміст сухих речовин у вихідній суміші, тим вище в'язкість кінцевого продукту [134]. Збільшення вмісту сухих речовин у молочній суміші для виробництва йогурту до 12...14% призводить до покращення щільності згустку та зниженню тенденції до синерезису під час зберігання [135].

Підвищення вмісту сухих речовин більше 18...20% є недоцільним, що пов'язано із складністю отримання згустків із щільною структурою. Причиною

цього є збільшення концентрації іонів кальцію. При досягненні ними певної концентрації декальцинація під дією іонів водню зупиняється і згусток не утворюється. В більш концентрованому середовищі молекули розчинної речовини перешкоджають роботі молекулам ферменту, тому високий вміст сухих речовин в молочній суміші буде перешкоджати більш глибокому процесу гідролізу лактози, швидкість ферментації при цьому знижується [135].

Також відомо, що вміст сухих речовин впливає на кількість та життєздатність бактеріальних клітин в йогурті. Так, для розвитку молочнокислих бактерій *Lactobacillus bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*, які використовуються для виробництва йогуртів, раціональний вмістом сухих речовин є 12...14% [136].

При виробництві йогуртів для отримання продукту високої якості можуть використовуватися наступні способи підвищення сухих речовин у вихідній сировині [137]:

- концентрування випарюванням у вакуум-апаратах;
- використання сухого знежиреного молока (СЗМ): масова частка сухих речовин – 94,8%, білка – 33,2%, жиру – 1,0%, лактози – 52,6%;
- застосування концентрату сироваткових білків (КСБ): масова частка сухих речовин – 95,5%, білка – 81,0%, жиру – 6,5%, лактози – 5,0%;
- додавання сироватки сухої демінералізованої (ССД): масова частка сухих речовин – 97,0%, білка – 27,02%, жиру – 1,0%, лактози – 65,92%;
- використання концентрату молочних білків (КМБ): масова частка сухих речовин – 94,0%, білка – 85,0%, жиру – 2,0%, лактози – 5,5%.

При збільшенні вмісту сухих речовин у молоці для виробництва йогурту методом концентрування, його поміщають у спеціальну камеру і під вакуумом випаровують зайву вологу. Перед концентруванням молоко нормалізують за вмістом жиру. При концентруванні з молока видаляється до 25% вологи, що дає можливість підвищити вміст сухих речовин до 16-18%. Недоліком даного методу є необхідність використання випарної установки та довга тривалість

процесу, що призводить до значних енергозатрат, тим самим підвищує вартість готової продукції [137].

Сухе знежирене молоко використовують для підвищення вмісту сухих речовин при виробництві густого однорідного йогурту. Його використовують при виробництві низькожирних йогуртів, оскільки вміст жиру у СЗМ становить до 1,0% [138]. Кількість сухого знежиреного молока, яке додають при виробництві йогуртів коливається від 1 до 6% від маси молока, але рекомендується додавати 3...4%, оскільки збільшення кількості СЗМ призводить до погіршення органолептичних властивостей готового продукту. Високий вміст лактози (55%) в сухому знежиреному молоці обмежує його використання у великій кількості для виробництва безлактозних та низьколактозних йогуртів [139].

При використанні сухої сироватки демінералізованої для нормалізації молочної основи за вмістом сухих речовин для виробництва йогуртів її додають у кількості 0,6...4,0%. Додавання ССД при виробництві йогуртів покращує органолептичні властивості готового продукту, збільшує в'язкість та знижує здатність до синерезису. Але значний вміст лактози (65%) у сухій сироватці не дозволяє використовувати її у великій кількості для виробництва йогуртів, призначених для осіб із лактазною недостатністю [140].

Концентрат сироваткових білків дозволяє не тільки підвищити вміст сухих речовин у молочній основі для йогурту, але підвищити біологічну цінність готового продукту за рахунок високого вмісту білків. Додавання КСБ значно впливає на процес гелеутворення, скорочує тривалість стадій прихованої ферментації та флокуляції. Це свідчить про те, що додавання КСБ прискорює процес утворення згустку. Проте використання концентрату сироваткових білків знижує ріст та активність бактерій *Lactobacillus bulgaricus*, які разом з *Streptococcus thermophilus* входять до складу заквашувального препарату для йогурту [141].

Концентрат молочного білку широко використовується як джерело натурального молочного білка при виробництві молочних продуктів, зокрема

йогуртів. Найбільш оптимально та економічно ефективно використовувати концентрат із вмістом білку 85% у сухій речовині (КМБ-85%). Загальний вміст білку при цьому повторює співвідношення білків незбираного молока: казеїнів, альбумінів, глобулінів, що дозволяє отримувати кінцевий продукт високої якості. Додавання КМБ стимулює ріст штамів *Streptococcus thermophilus* завдяки збільшенню вмісту амінокислот. Використання концентрату молочних білків при виробництві йогурту сприяє покращенню органолептичних властивостей продукту, запобігає синерезису та дозволяє отримати продукт із стабільною консистенцією, а також збільшує вихід готового продукту [142; 143].

Таким чином, враховуючи вищезазначене, для подальших досліджень та нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин обрано концентрат молочних білків (КМБ-85%).

У виробництві кисломолочних напоїв, зокрема йогуртів, обов'язковим технологічним етапом є застосування заквашувальних препаратів.

Закваски – це чисті культури або суміші різних штамів мікроорганізмів, які використовуються для виробництва кисломолочних продуктів, зокрема йогуртів [144].

При виробництві кисломолочних напоїв використовуються наступні види мікроорганізмів: мезофільні з оптимальною температурою розвитку 30...35°C та термофільні з оптимумом дії 40...45°C. Для надання згустку необхідної консистенції та аромату до складу бактеріальних заквасок вводять стрептокок, який в процесі життєдіяльності окрім молочної кислоти, утворюють леткі кислоти, спирти, ефіри, діацетил, які утворюють специфічний аромат готовому продукту [145].

Заквашувальні препарати для виробництва йогуртів відрізняються бактеріальним складом, способом внесення, а також тривалістю сквашування. Цей показник є найбільш важливим при виборі необхідної заквашувального препарату. На ринку представлений широкий асортимент заквашувальних препаратів таких вітчизняних та закордонних виробників: «Іпровіт» (Україна),

«VIVO» (Україна), «Yogurton» (Україна) «Chr. Hansen» (Данія), «Danisco» (Франція), «Sacco» (Італія), «BIOPROX» (Франція). Характеристика заквашувальних препаратів для виробництва йогурту наведена у табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Характеристика заквашувальних препаратів для виробництва йогурту

Назва препарату	Виробник	Бактеріальний склад закваски	Параметри сквашування	
			t°, °C	тривалість, год.
Закваска для йогурту «Іпровіт-СІ 1»	«Іпровіт» (Україна)	Streptococcus thermophilus Lactobacillus bulgaricus	37...40	6,5...7,0
Закваска «Йогурт»	«VIVO» (Україна)	Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus; Bifidobacterium lactis; Streptococcus thermophiles	40...42	8,0...10,0
Закваска «Йогурт класичний»	«Yogurton» (Україна)	Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus Lactobacillus acidophilus Streptococcus thermophilus	38...41	7,0...8,0
Закваска для йогурту «УС-Х11»	«Chr. Hansen» (Данія)	Lactobacillus Bulgaricus; Streptococcus thermophilus	35...45	4,0...5,0
Закваска «УО-МІХ 495»	«Danisco» (Франція)	Lactobacillus Bulgaricus; Streptococcus thermophilus	37...45	5,0...6,0
Закваска для йогурту «У050 В 10U»	«Sacco» (Італія)	Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus.	40...43	6,0...7,0
Закваска для йогурту «УО-PROX 860»	«BIOPROX» (Франція)	Streptococcus thermophilus; Lactobacillus bulgaricus	40...43	6,0...8,0

Джерело: складено автором за [146-152]

Культуру *Str. Thermophilus* доцільно застосовувати разом з термофільними молочнокислими паличками, які мають кислотоутворюючу здатність. Молочнокислі палички включають термо-, стрепто- і бета-бактерії. *L. bulgaricus* та *L. Acidophilus* належать до гомоферментних молочнокислих паличок [153; 154].

Штами болгарської палички утворюють ацетальдегід, який надає продуктам характерний смак і аромат, а також антибіотичні речовини, які пригнічують негативну мікрофлору кишківника [155].

Штами *Str. Thermophilus* и *L. Bulgaricus* використовуються як вихідний матеріал при створенні симбіотичних заквасок для йогурту. Основною умовою для підбору штамів *Str. Thermophilus* и *L. Bulgaricus* – симбіотичний зв'язок між ними, який характеризується такими факторами [156-160]:

- *Str. Thermophilus* та *L. Bulgaricus* при окремому використанні сквашують молоко при температурі 45°C протягом 6...10 годин, а при комбінованому використанні – за 2-3 години;
- молоко, ферментоване під дією одного штаму *Str. Thermophilus* або *L. Bulgaricus* характеризується іншою консистенцією, ніж молоко ферментоване поєднанням цих мікроорганізмів. При сумісному використанні штамів в готовому продукті згусток має більш щільну консистенцію, з яскраво вираженим смаком і ароматом.
- при сумісному розвитку в молоці *Str. Thermophilus* та *L. Bulgaricus* утворюється більше ароматичних речовин, ніж при окремому їх використанні;
- при сумісному використанні штамів обидва мікроорганізми мають більш високу кислотостійкість. Так, при окремому використанні *Str. Thermophilus* максимальна кислотність для нього становить 110...120°Т. А у поєднанні з *L. Bulgaricus* він витримує кислотність 180...190°Т.

Симбіотична дія між *Str. Thermophilus* та *L. Bulgaricus* пояснюється особливостями їх метаболізму. *L. Bulgaricus* має виражену протеолітичну активність, накопичуючи при своєму розвитку в продукті амінокислоти (від 50 до 80 мг%). *Str. Thermophilus* із амінокислот продукує лише пролін та розщеплює решту амінокислот, що утворюються [161].

За результатами досліджень [162] продукти обміну *L. Bulgaricus*, зокрема валін, стимулює розвиток *Str. Thermophilus*. В свою чергу, *Str. Thermophilus* сприяє активному розвитку *L. Bulgaricus* за рахунок мурашиної кислоти, яка утворюється у процесі кисломолочного бродіння.

При виробництві кисломолочних продуктів для людей, які страждають на лактазну недостатність особливе значення має характеристика мікроорганізмів, що застосовуються, за β -галактозидазною активністю [163].

Відомо, що в кисломолочних продуктах вміст лактози менший, але в них більший вміст біологічно активних речовин (вітаміни, амінокислоти, органічні кислоти, ферменти), що підвищують їх біологічну цінність, надають їм пробіотичних властивостей [164].

Більшість штамів мікроорганізмів, які входять до складу заквашувальних препаратів, володіють вибірковою ферментативною активністю по відношенню до лактози. У процесі життєдіяльності мікроорганізмів відбувається незначний ферментоліз лактози (0,4-0,8%). За рахунок використання молочнокислих бактерій можливо гідролізувати до 20% початкового вмісту лактози [165,166].

При виробництві кисломолочних напоїв окрім молочнокислого бродіння, протікають побічні процеси, в результаті яких відбувається накопичення продуктів розпаду лактози - леткі кислоти, органічні кислоти, спирти, діацетил. Бродіння припиняється коли частина лактози (до 20%) зброджується ферментами мікроорганізмів, оскільки молочна кислота, яка утворюється, інактивує їх діяльність [167, 168].

Молочнокислі культури володіють досить високою β -галактозидазною активністю [169] порівняно з іншими мікроорганізмами. У мезофільних молочнокислих паличок і пропіоновокислих бактерій β -галактозидазна активність низька, оскільки фермент лактаза синтезується цими мікроорганізмами у незначних кількостях.

Найбільшою β -галактозидазною активністю володіє болгарська паличка, яка перевищує даний показник на 15% і 64% відповідно термофільного стрептокока та біфідобактерій [170; 171].

Серед молочнокислих бактерій найбільшою активністю до зброджування лактози володіють термофільні молочнокислі стрептококи. Фермент β -галактозидаза термофільного стрептокока більш активно здійснює гідроліз лактози, проявляючи при цьому високу активність і стабільність при рН 6,7, причому катіони молока проявляють стимулюючу дію на активність цього ферменту [172].

Ці властивості є ключовими для використання штамів мікроорганізмів: болгарської палички (*L. Bulgaricus*) та термофільного стрептокока (*Str. Thermophilus*), які є традиційними заквашувальними культурами при виробництві йогурту. Консорціум цих мікроорганізмів утворює згусток з високою вологоутримуючою здатністю, який володіє антагоністичною властивістю до умовно-патогенної та шкідливою мікрофлори [173].

Дані досліджень властивостей молочнокислих бактерій [174] свідчать про те, що вони є джерелом фолієвої кислоти, ніацину, вітаміну B_{12} , B_6 та ферментів, які є необхідними для організму людини. Молочнокислі бактерії підвищують ступінь засвоєння білків та жирів, сприяють утворенню коротколанцюгових жирних кислот, які є незамінним джерелом енергії для організму. Застосування даних заквашувальних композицій при виробництві йогурту дозволяє забезпечити не тільки отримання продукту з високими органолептичними показниками, але й обумовлюють його пробіотичні властивості за рахунок вмісту корисних для мікрофлори кишківника мікроорганізмів.

Враховуючи вище наведені особливості штамів мікроорганізмів молочнокислих бактерій та характеристику заквашувальних препаратів, найбільш доцільним для виробництва йогурту є використання заквашувального препарату «УС-Х11» виробника «Chr. Hansen» (Данія), який характеризується високою швидкістю кислотоутворення - формування кисломолочного згустка відбувається протягом 4-5 годин, що на 20-30% швидше порівняно із заквашувальними препаратами інших виробників. При використанні даної закваски готові йогурти характеризуються стабільністю до синерезису та

низьким рівнем наростання кислотності у процесі зберігання, що відіграє важливе значення у формуванні органолептичних показників продукту.

Враховуючи вищезазначене для подальших дослідження та розроблення технології низьколактозного йогурту на основі сколотин обрано заквашувальний препарат «YC-X11» на основі культур мікроорганізмів *Str. Thermophilus* та *L. Bulgaricus*, виготовлений компанією «Chr. Hansen» (Данія).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I

1. За результатами огляду літературних та патентних джерел доведено, що розроблення нових технологій низьколактозних молочних продуктів є актуальним та своєчасним завданням, що пояснюється високим попитом і вузьким асортиментом означеної продукції вітчизняного виробництва. Встановлено, що на вітчизняному ринку безлактозної та низьколактозної молочної продукції значний сегмент (27%) займають йогурти, які користуються значним попитом серед споживачів.

2. Визначено перспективність використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозних молочних продуктів. Наведено характеристику хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей сколотин. Обґрунтовано доцільність їх використання як молочної основи для виробництва низьколактозних йогуртів.

3. За результатами порівняльного аналізу існуючих способів гідролізу запропоновано застосування ферментативного гідролізу лактози у сколотинах ферментним препаратом β -галактозидази GODO-YNL2» (Shusei Company Limited, Японія), який отримують із дріжджів *Kluveromyces lactis*.

4. Проведений аналіз існуючих заквашувальних препаратів, які застосовуються у молочній промисловості для виробництва йогуртів. Перспективним для виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин визначено застосування заквашувального препарату «YC-X11» на основі культур мікроорганізмів *Str. Thermophilus* та *L. Bulgaricus* («Chr. Hansen», Данія).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 1

1. Delacour H., Leduc A., Louçano-Perdriat A., Plantamura J., Ceppa F. Diagnosis of genetic high resolution melting analysis. *Ann Biol Clin (Paris)*. 2017. Feb.1. N 75(1), P. 67–74.
2. Corgneau M., Scher J., Ritie-Pertusa L., Le D. T., 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. Vol. 57. №. 15. P. 3344– 3356.
3. Suchy F. J., Brannon P. M., Carpenter T. O., Fernandez J. R., Gilsanz V., Gould J. B., Miller N. J. NIH consensus development conference statement: lactose intolerance and health. *NIH Consensus and State-of-the-science Statements*. 2010. Vol.27. №.2. P. 1– 27.
4. Heyman M. B. Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. *Pediatrics.*, 2006. Vol. 118. №3. P.1279–1286.
5. Lomer M. C. E., Parkes G. C., Sanderson J. D. Lactose intolerance in clinical practice—myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2008. Vol.27. №.2. P. 93–103.
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 алергіїв дітей раннього віку. *Перинатологія та педіатрія*. 2015. № 3. С. 84-88.
8. Пабат, В.А. Винничук, Д.Т Чагаровський, В.П. Лактоза молока у здоров'ї людини. *Молочна промисловість*. 2004. №1(10). С. 28-29.
9. Марушко Ю.В. Клініко - лабораторна характеристика лактазної недостатності у дітей грудного віку / Ю.В. Марушко, Т.В. Іовіца, Ю.І. Тодика // *Сучасна педіатрія*. 2016. № 7 (79). С. 98 – 101
10. Шадрін О.Г. Хомутовська К.О. Проблеми діагностики лактазної недостатності у дітей раннього віку. *Дитячийлікар*. 2014. №34(5). С.5-9.

11. Coelho A. I., Berryb 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>
12. Клінічні форми лактазної недостатності в дітей / Т. В. Сорокман, Н. О. Попелюк, Л. В. Швиґар // *Гастроентерологія*. - 2018. - Т. 52, № 2. - С. 93-97.
13. Anania, C; Pacifico, L; Olivero, G; Osborn, JF; Bonaiuto, E; Chiesa, C. Breath tests in pediatrics. *Clin Chim Acta*. 2008. Vol. 397. №1-2. P. 1-12.
14. Gijbers, CF; Kneepkens, CM; Büller, HA. Lactose and fructose malabsorption in children with recurrent abdominal pain: results of doubleblinded testing. *Acta Paediatr*. 2012. Vol. 101(9). P. 411.
15. Lezhenko, G.A; Gladun, E.V. The role of osteopontin and adiponectin in the development of insulin resistance and arterial hypertension in adolescents with obesity. *Georgian Medical News*.2013. Vol. 214.P. 44-48.
16. Roehr, CC.; Edenharter, G; Reimann, S, et al. Food allergy and nonallergic food hypersensitivity in children and adolescents. *Clin Exp Allergy*. 2004. Vol. 34(10). P. 41. DOI:10.1111/j.1365-2222.2004.02080.
17. Shaukat, A.; Levitt, MD.; Taylor, B.C. Systematicreview: effective management strategies for lactose intolerance. *Ann Intern Med* 2010. Vol. 12(152).P. 797-803. DOI: 10.7326/0003-4819-152-12-201006150-00241.
18. Waisbren S. E., Potter N. L., Gordon C. M., Green R. C., Greenstein P., Gubbels, C. S., RubioGozalbo E., Schomer D., Welt C., Anastasoie V. et all. The adult galactosemic phenotype. *J Inherit Metab Dis* .2012 . 35(2). P. 279-286. <https://doi.org/10.1007/s10545-011-9372-y>.
19. Ткач С. М., Сизенко А. К. Синдром мальабсорбції: нова класифікація, основні причини та механізми розвитку. *Сучасна гастроентерологія*. 2012. № 3 (65). С. 114-121.
20. Слободян Л. М. Синдром мальабсорбції, діагностика і реабілітація. Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. 114 с.

21. 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>
22. Проблемні питання перебігу та терапії лактазної недостатності у дітей раннього віку / Шадрін О. Г., Марушко Т. Л., Місник В. П. [та ін.] // *Сучасна педіатрія*. — 2011. — № 6. — С. 157—161.
23. Deng, Y., Misselwitz, B., Dai, N. & Fox, M. 2015, "Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management", *Nutrients*, vol. 7, no. 9, pp. 8020-8035.
24. Сідора А. О. Лактазна недостатність / А. О. Сідора, А. О. Курбель, Н. В. Ярмиш // *Актуальні проблеми експериментальної та клінічної біохімії: матеріали VI Міжвузівської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Харків, 22 травня 2017 г. – Харків : ХНМУ, 2017. – С. 103–106.
25. Єгоров Б., Мардар М. Формування харчових раціонів населення. *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. 2011. № 1. С. 140-147.
26. Storhaug, C. L., Fosse, S. K., & Fadnes, L. T. (2017). Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: a systematic review and meta-analysis. *The lancet. Gastroenterology & hepatology*, 2(10), 738–746.
27. Leavitt M., Wilt T, Shaukat A. Clinical implication of lactose malabsorption versus lactose intolerance. *Journal of Clinical Gastroenterology*. 2013. Vol. 47. P. 471.
28. Babu, J., Kumar, S., Babu, P., Prasad, J. H., & Ghoshal, U. C. (2010). Frequency of lactose malabsorption among healthy southern and northern Indian populations by genetic analysis and lactose hydrogen breath and tolerance tests. *The American journal of clinical nutrition*, 91(1), 140–146.
29. Misselwitz, B., & Fox, M. (2017). What is normal and abnormal in lactose digestion?. *The lancet. Gastroenterology & hepatology*, 2(10), 696–697.
30. Misselwitz, B., Butter, M., Verbeke, K., & Fox, M. R. (2019). Update on lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and clinical management. *Gut*, 68(11), 2080–2091.

31. Болгова, Н., Самілик, М., Назаренко, Ю., & Соколенко, В. (2021). Технологія виробництва безлактозного йогурту з дотриманням принципів системи НАССР. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (4), 33-46.
32. Гніцевич В. А., Юдіна Т. І., Гончар Ю. М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та пюре гарбуза. Міжнар. наук.-практ. журнал "Товари і ринки". 2018. № 4. С. 105-117. DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)10](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)10).
33. Мінорова, А., Романчук, І., Даниленко, С., Рудакова, Т., Крушельницька, Н., Потемська, О., Наріжний, С. (2022). Підбір та дослідження ефективності заквашувальних препаратів з підвищеною β -галактозидазною активністю. *Продовольчі ресурси*, 10(19), 88–98.
34. Шарахматова Т. Є., Трубнікова А. А., Мамінтова К. О., Цупра О. С. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ "ХПІ", 2018. № 9 (1285). С. 243-255.
35. Чагаровский О. П., Погосян А. С. Ферментативний гідроліз лактози препаратами β -галактозидази – новий напрямок підвищення ефективності виробництва морозива та заморожених десертів. Світ морозива та холоду. 2006. № 5 (17). С. 36-39.
36. European Food Safety Authority (2010). Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies Scientific opinion on lactose thresholds in lactose intolerance and galactosaemia. *EFSA J*, 8, 1777.
URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2010.1777>
37. Гончар Ю. М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки: дис... доктора філософії: 181 "Харчові технології". Київ: КНТЕУ, 2021. 255 с.
38. Ринок безлактозних продуктів за типом, формою, категорією та регіоном – глобальний прогноз до 2025 року. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/lactose-free-products-market-4457397.html>.

39. Lactose Free Dairy Products Market: Global Industry Analysis (2012–2016) and Opportunity Assessment (2017–2027) – Future Market Insights. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/lactose-free-dairy-products-market>.

40. Продукція ТМ "На здоров'я". URL: <https://www.loostdorf.com/ru/our-brands/na-zdorovie>.

41. Продукція ТМ "Волошкове поле". URL: <https://voloshkovepole.com.ua>.

42. Продукція ТМ "Галичина". URL: <https://galychyna.com.ua/production>.

43. Продукція ТМ Latter. URL: <https://latter.ua/produkcija>.

44. Виробництво молочної продукції в Україні. Спілка молочних підприємств України. URL: <https://uadairy.com/vyrobnytstvo-molokoproduktiv-u-2021-roczy/>

45. Експорт молочної продукції. URL: <https://agropolit.com/news/18100-eksport-ukrayinskoji-molochnoji-produktsiyi-zmenshivsya-na-20>.

46. Україна в цифрах. Статистичний збірник. Державна служба статистики. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/07/zb_Ukraine%20in%20figures_u.pdf.

47. Інформаційно-аналітичний звіт по ринках молока. U-Food Association. URL: <https://issuu.com/ukrainian-food/docs/2019.68daab18b224a9>.

48. Річний звіт по ринках молока. U-Food Association. URL: <https://issuu.com/ukrainian-food/docs/2019>.

49. Могилянська Н. О. Розробка технологій ферментованих молочних напоїв діабетичного призначення з використанням комплексів синбіотиків: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.16. Одеса: ОНАХТ, 2008. 212 с.

50. Зміни у молочній галузі за рік війни. URL: https://export.gov.ua/news/4644-zmini_u_molochnii_galuzi_za_rik_viini_rezultati_pershoi_ekspertnoi_zustrichi

51. Дейниченко Г. В. Наукове обґрунтування та розробка технологій продуктів харчування підвищеної харчової цінності на основі нежирного молока: дис. ... д-ра техн наук: 05.18.16. Харків. 1997. 327 с.

52. Дідух, Г.В. Використання вторинної молочної сировини у виробництві молочних геропродуктів. Молочна справа. 2011. № 7. С. 21-24.
53. Єресько, Г. О.; Романчук, І. О.; Калініна, О. Д.; Мінорова, А. В.; Козуб, Ю. Г. (Технологічний інститут молока та м'яса УААН). Спосіб виробництва молока знежиреного згущеного гідролізованого з цукром. Патент України на винахід 83886, Серп 26, 2008.
54. Polishchuk, G., Breus, N., Shevchenko, I. et al. (2020). Determining the effect of casein on the quality indicators of cream with different fat content. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11(106)), 24-30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208954>
55. Трубнікова А.А. Розроблення технології безлактозного концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Одеська національна академія харчових технологій. Одеса. 2019. 253 с.
56. Юдіна Т.І. Наукове обґрунтування технологій структурованої кулінарної продукції з використанням концентрату сколотин: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.16 / Київський національний торговельно – економічний університет. Київ, 2016. 405 с.
57. Dekker P. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits / P. Dekker, D. Koenders, M.J. Bruins. *Nutrients*. 2019. 11(3). P. 551. <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
58. Дейниченко Г. В. Золотухіна І.В. Білково-вуглеводна молочна сировина як основа десертної продукції. Food safety. resouces. energy- efficiency and mnovarite technologies the collection of material of the International conference. Notember 28-30. 2019 Namangan city. 2019. P. 220-223
59. Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., & Jiménez-Flores, R. (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. *Journal of dairy science*, 89(2), 525–536.
60. Золотухіна І.В. Технологія напівфабрикатів на основі сколотин для виробництва збитої десертної продукції: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 / Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків, 2006. 305с.

61. Sakkas, L., Evageliou, V., Igoumenidis, P. E., & Moatsou, G. (2022). Properties of Sweet Buttermilk Released from the Churning of Cream Separated from Sheep or Cow Milk or Sheep Cheese Whey: Effect of Heat Treatment and Storage of Cream. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(3), 465.

62. Дейниченко, Г., Гузенко, В., Дмитревський, Д., Золотухіна, І., & Перекрест, В. (2022). Впровадження безвідходних технологій переробки вторинної молочної сировини. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*, 5(1). С 82–96. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.1.2022.260878>

63. Olabi, A., Jinjara, S., Jiménez-Flores, R., Walker, J. H., & Daroub, H. (2015). Compositional and sensory differences of products of sweet-cream and whey buttermilk produced by microfiltration, diafiltration, and supercritical CO₂. *Journal of dairy science*, 98(6), 3590–3598. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9141>

64. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія / Гніцевич В. А. [та ін.]; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. – Донецьк. 2014. 336 с.

65. Дмитриков, В. П., Горбенко, О. В., & Антонов, А. В. (2019). Особливості переробки вторинної молочної сировини: екологічні інновації. *Екологія плюс*, №1(70). С. 7–11.

66. Conway V., Gauthier S. F., Pouliot Y. Antioxidant activities of buttermilk proteins, whey proteins, and their enzymatic hydrolysates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2012. Vol. 61. №. 2, С. 364-372.

67. Dewettinck, K., Rombaut R., Thienpont N., Le T.T., Messens K., Van Camp J. Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *International dairy journal*, 2008, T. 18, №. 5, С. 436-457.

68. Vanderghem C., Bodson P., Danthine S., Paquot M., Deroanne C., Blecker C. Milk fat globule membrane and buttermilks: from composition to valorization. *Base*, 2010.

69. Astaire J.C., Ward R., German J.B., Jiménez-Flores R. Concentration of polar MFGM lipids from buttermilk by microfiltration and supercritical fluid extraction. *Journal of dairy science*, 2003. Vol. 86. №. 7. С. 2297-2307.

70. Contarini G., Povolo M. Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013. Vol. 14, №. 2, С. 2808-2831.

71. Konrad G., Kleinschmidt T., Lorenz C. Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate. *International Dairy Journal*, 2013, Т. 30, №. 1, С. 39-44.

72. Дейниченко Г.В., Юдіна Т.І., Ветров В.М. Нові види копреципітатів та їх використання в харчових технологіях: Монографія. – Донецьк: Донеччина, 2010. 176 с.

73. Золотухіна І.В. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі цільового використання нутрієнтів білково-вуглеводної молочної сировини: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.16 / Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків. 2021. 400с.

74. Barukčić, I., Lisak, K., & Božanić, R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food Technol Biotechnol*, 57(4), 448–460.

75. Svanborg, S., Johansen, A. G., Abrahamsen, R. K., & Skeie, S. B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *Journal of dairy science*, 98(9), 5829–5840. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9039>

76. Guine, R., & Lemos, E. T. (2018). Development of New Dairy Products with Functional Ingredients. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(3), 159–176.

77. Михалевич, А. Дослідження процесу ферментативного гідролізу лактози в технології кисломолочного морозива / А. Михалевич, Г. Поліщук // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в

контексті Євроінтеграції : програма та тези матеріалів ІХ-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 09-10 листопада 2021 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2021. – С. 169-171

78. Suchy, F. J., Brannon, P. M., Carpenter, T. O., Fernandez, J. R., Gilsanz, V., Gould, J. B., ...& Wactawski-Wende, J. (2010). National Institutes of Health Consensus Development Conference: Lactose intolerance and health. *Annals of internal medicine*, 152(9), 792-796.

79. 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*, 7(11), 7312-7331.

80. Lactose hydrolysis in milk, whey, and secondary dairy raw materials: A review / S.K. Sharma, D.K. Saini, S.K. Dhull, S.K. Sharma // *Journal of Dairy Science*. – 2022. – Vol. 105(3). – P. 2955-2970.

81. Hydrolysis of lactose in milk and dairy products: A review / M.C. Misselwitz, D. Pohl, H. Frühauf, M. Fried, K. Vavricka, M.W. Fox // *Journal of Dairy Science*. – 2013. – Vol. 96(8). – P. 4819-4832.

82. Порівняльний аналіз методів гідролізу лактози у молочній сироватці. / А.П. Кіщенко, В.В. Осипенко, О.А. Кіщенко // *Науковий вісник НТУ «ХП»*. Серія: Хімічна технологія та екологія. – 2012. – № 2. – С. 94-98.

83. Красуля О.О. Ферментовані сироваткові напої з харчовими волокнами та гідролізованою лактозою / О.О. Красуля, О.В. Грек // «Наука і бізнес – основа розвитку економіки»: тези доповідей Міжнародного науковопрактичного форуму / Д.: ДНУ, 2012. – С. 202-203.

84. Lactose hydrolysis in dairy products: Methods, challenges and opportunities / M. Sharma, S.K. Dhull, S.K. Saini // *Trends in Food Science & Technology*. – 2022. – Vol. 120. – P. 1009.

85. Lactose hydrolysis in dairy products: A review of recent developments / A.M. de Castro, M.T. de Moraes, M.A.M.S. Pereira, A.M. de Oliveira // *Food Science & Nutrition*. – 2022. – Vol. 10(11). – P. 4845-4861.

86. Li, A.; Zheng, J.; Han, X.; Yang, S.; Cheng, S.; Zhao, J.; Zhou, W.; Lu, Y. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. *Foods* 2023, *12*, 2553. <https://doi.org/10.3390/foods12132553>
87. Boyaci, I.H.; Bas, D.; Dudak, F.C.; Topçu, A.; Saldamli, I.; Özgür, U. et al. Statistical modeling of β -galactosidase inhibition during lactose hydrolysis. *Food Biotechnol* 2006, *20*, pp 79-91.
88. Douglas, H.; Juers Brian, W.; Matthews Reuben, E. Huber LacZ β -galactosidase: Structure and function of an enzyme of historical and molecular biological importance. *Protein Sci* 2012, *21*(12), pp 1792-1807.
89. Bu, G.H.; Luo, Y.K.; Zheng, Y.; Chen, F.S. Effects of fermentation by lactic acid bacteria on the antigenicity of bovine whey proteins. *J Sci Food Agric* 2010, *90*, pp 2015-2020
90. 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*, pp 1469-1484.
91. Erich, S.; Kuschel, B.; Schwarz, T; Ewert, J; Bohmer, N.; Niehaus, F.; Eck, J.; Lutz-Wahl; S.; Stressler; T.; Fischer, L. Novel high-performance metagenome beta-galactosidases for lactose hydrolysis in the dairy industry. *Journal of biotechnology* 2015, pp 76.
92. Maksimainen, M. M.; Lampio, A.; Mertanen, M.; Turunen, O.; Rouvinen, J. The crystal structure of acidic β -galactosidase from *Aspergillus oryzae*. *International Journal of Biological Macromolecules* 2013, pp 109-115.
93. Panesar, P. S. et al. Microbial production, immobilization and applications of β -D-galactosidase. *J. Chem. Technol. Biotechnol* 2006, pp 530-543.
94. Panesar, P.S.; Kumari, S.; Panesar, R. Potential applications of immobilized β -galactosidase in food processing industries. *Enzyme Res.* 2010, ID 473137, 16.
95. Saqib, S.; Akram, A.; Halim, S.A.; Tassaduq, R. Sources of β -galactosidase and its applications in food industry. *Biotech* 2017. №7. P. 79.

96. Ферментний препарат розчинної бета-галактозидази Maxilact. URL: <https://galean.com.ua/upload/files/Maxilact%20Instructions%20Rus.pdf>
97. Ферментний препарат розчинної бета-галактозидази «Ha-Lactase». URL: <https://www.chr-hansen.com/ru/food-cultures-and-enzymes/fresh-dairy/cards/product-cards/ha-lactase>
98. Ферментний препарат розчинної бета-галактозидази «GODO-YNL2» URL: <https://www.ulprospector.com/en/na/Food/Detail/3882/398667/GODO-YNL2-Lactase>.
99. Моїсеєва Л.О. Розроблення технології низьколактозного кисломолочного продукту: дис. канд. техн. наук 03.00.20. Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2021. 183 с.
100. Красуля О. О., Грек О.В. Гідроліз лактози молочної сироватки з харчовими волокнами. Продовольча індустрія АПК, 2013. №1. С. 38-40.
101. Чагаровський, О. П.; Погосян, А. С. Вплив ферментативного гідролізу лактози за допомогою препарату β-галактозидази на органолептичні та фізико-хімічні показники молока. Молочна промисловість. 2006, 8(33), С 32-35.
102. Погосян, А. С. Розробка технології низьколактозних молочних продуктів з використанням ферментних препаратів β-галактозидази: автореферат дисертації канд. техн. наук, Одеська державна академія харчових технологій. Одеса, 2007.
103. Мінорова, А. В., Романчук І. О., Рудакова, Т. В., Моїсеєва, Л. О. (2020). Закономірності ферментативного гідролізу лактози в молочної сировині. Продовольчі ресурси, №14, 165-174.
104. Дідух, Н.А.; Чагаровська, А.С. (Одеська національна академія харчових технологій) Спосіб виробництва низьколактозного біфідовмісного кисломолочного напою. Патент України на корисну модель 37766, Груд 10, 2008.
105. Дідух, Н.А. (Одеська національна академія харчових технологій) Спосіб виробництва низьколактозного біфідовмісного йогурту

функціонального призначення. Патент України на корисну модель 60116, Чер 10, 2011.

106. Єресько, Г. О.; Романчук, І. О.; Мінорова, А. В.; Недорізанюк, О. П. (Технологічний інститут молока та м'яса). Спосіб виробництва сироватки молочної гідролізованої згущеної. Патент на корисну модель 38784, Січ 26, 2009.

107. Trubnikova, A. Grounding and Development of Low-Lactose Biologically Active Milk Ice Cream Formula /Trubnikova A. et al // Path of Science. – 2018. – Т. 4. – №.9. – С. 3001-3021

108. Bondar, S. Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved / S. Bondar et al. // *Food science and technology* – 2018. – Т. 12. – №. 1. – P. 90-98

109. Ibarra, A., Acha, R., Calleja, M. T., Chiralt-Boix, A., & Wittig, E. (2012). Optimization and shelf life of a low-lactose yogurt with *Lactobacillus rhamnosus* HN001. *Journal of dairy science*, 95(7), 3536–3548.

110. Vesa T. H. Lactose Intolerance/ T. H. Vesa, P. Marteau, R. Korpela // *Journal of the American College of Nutrition*. – 2000. V. 19. – P. 165-175.

111. Swallow, D. M. Genetics of lactase persistence and lactose intolerance/ D. M. Swallow, A. R. Genet // *Adv Hum Genet*. – 2003. V. 37 – P. 197-219

112. Jäger A. C. Laktose-intoleranz: Gentest for laktose-intoleranz – hurtig og billig diagnostik/ A. C. Jäger // *DSKB-NYT*. 2006. №. 1 (February). P. 832-838

113. Robert S. Igoe, Hui Y.H. Dictionary of food ingredients. USA: Chapman & Hall.-2006. 203 p.

114. Vrese M. Probiotics – compensation for lactase insufficiency / M. Vrese, A. Stegelmann, B. Richter, S. Fenselau, C. Laue and J. Schrezenmeir // *American Journal of Clinical Nutrition*, February. – 2001. V. 73 (2). – P. 421-424

115. Погосян А. С. До питання ферментативного гідролізу лактози за допомогою β -галактозидази. Молочна промисловість. 2006. № 3(28). С.44-45.

116. Свириденко Ю.Я., Смуригін В.Ю. Гідроліз лактози: світовий досвід //Молочна промисловість. 2006, № 7. С. 21-22.

117. Panseri S, Pavlovic R, Castrica M, Nobile M, Di Cesare F, Chiesa LM. Determination of Carbohydrates in Lactose-Free Dairy Products to Support Food Labelling. *Foods*. 2021 May 28;10(6):1219. doi: 10.3390/foods10061219
118. Пат. 11225864 Канада. Харчові продукти, що містять гідролізовану лактозу. Ho Guan-nucci, Miller Van, Miller Vladimir, Choy Edward. Заявл. 18.07.04, №459172, опубл. 25.08.07.МКИ А21Д13/08, П23Б222/38ПКИ 99-41.
119. Driessen F.M. New development in the manufacture of fermented milk //Bull. of IDF. 2008. N 227. P.129 -137.
120. Harju M, Kallioinen H, Tossavainen O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: technological aspects. *Int Dairy*. 2012. 22(2). P.104–109. doi: 10.1016/j.idairyj.2011.09.011
121. Калініна О. Д.; Романчук І. О. Застосування ферменту лактази для гідролізу молочного цукру під час виробництва згущеного знежиреного молока. *Збірник наук. праць ЛНАУ 2005*, 49/72, с 224-228.
122. Єресько, Г. О.; Романчук, І. О.; Мінорова, А. В.; Калініна, О. Д (Технологічний інститут молока та м'яса НААН). Спосіб виробництва молока незбираного гідролізованого згущеного. Патент України на винахід 94151, бюл.№ 11, 2011.
123. Azab, Wedad & Khider, Manal & Yassin, Fathia. (2017). Low Lactose White Soft Cheese Made with Bioprocessing Treats and Ultrafiltration Technique. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 8. 435-443. 10.21608/jfds.2017.38945..
124. F. Cincotta, C. Conduurso, G. Tripodi, M. Merlino, O. Prestia, C. Stanton, A. Verzera. Comparison of lactose free and traditional mozzarella cheese during shelf-life by aroma compounds and sensory analysis. *LWT*. Vol. 140, 2021, 110845, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110845>.
125. Yang, J., Rainville, P., Liu, K., & Pointer, B. (2021). Determination of lactose in low-lactose and lactose-free dairy products using LC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. №100. P. 1038–1057.

126. Спосіб виробництва ферментованої молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози: патент 129641 Україна: МПК 2017:01 A23C 21/00; заявл. 12.04.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. №21. 4 с.

127. Дідух, Н.А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення. Дисертація доктора. техн. наук, Одеська національна академія харчових технологій МОН України,. Одеса, 2008.

128. Ibrahim SA, Gyawali R, Awaisheh SS, Ayivi RD, Silva RC, Subedi K, Aljaloud SO, Anusha Siddiqui S, Krastanov A. Fermented foods and probiotics: An approach to lactose intolerance. *J Dairy Res.* 2021 Aug;88(3):357-365.

129. Ферментований молочний напій геродієтичного призначення: патент 36650 Україна: МПК 2006 A23C 21/00; заявл. 11.10.2007; опубл. 10.11.2018, Бюл. №21. 5 с.

130. Спосіб виробництва низьколактозного біфідовмісного йогурту функціонального призначення: патент 60116 Україна: МПК 2011:01 A23C 21/00; заявл. 25.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11. 6 с.

131. Спосіб виробництва продукту кисломолочного низьколактозного: патент 115612 Україна: МПК 2006:01 A23C 9/12, A23C 9/127; заявл. 09.03.2016; опубл. 27.11.2017, Бюл. №22. 5 с.

132. Passos M, Baumgartner CG, Sereno AB, Krüger CCH, Cândido LMB. Application of Lactose-Free Whey Protein to Greek Yogurts: Potential Health Benefits and Impact on Rheological Aspects and Sensory Attributes. *Foods.* 2022 Nov 29;11(23):3861. doi: 10.3390/foods11233861.

133. ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» [Чинний від 20.09.2004]. Київ, 2005. 11 с.

134. Романчук, І.О.; Моїсеєва, Л.О.; Гондар, О.П.; Рудакова, Т.В. Закономірності формування кисломолочних згустків в молочних сумішах з гідролізованою лактозою та підвищеним вмістом сухих речовин. *Продовольчі ресурси. Збірник наукових праць* 2016. №6. С 107-112.

135. Stanton C, Ross RP, Fitzgerald GF, Van Sinderen D. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Curr Opin Biotechnol* 2005; №16. PP. 198-203.

136. Lactic acid bacteria: from starter cultures to producers of chemicals / Rajni Hatti-Kaul et al. // *FEMS Microbiology Letters*. – 2018. – Vol. 365, Is. 20.

137. Sumarmono, Juni & Setyawardani, Triana & Rahardjo, Agustinus. (2019). Yield and Processing Properties of Concentrated Yogurt Manufactured from Cow's Milk: Effects of Enzyme and Thickening Agents. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 372 p.

138. 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>.

139. Романчук, І. О. Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 "Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів" / Ірина Олегівна Романчук ; НУХТ – Київ, 2020. – 290 с.

140. Могутова В.Ф. Передумови використання концентрату сироваткових білків при виробництві молочних продуктів. Програма і матеріали четвертої міжнародної науково-технічної конференції “Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції“, 24-25 березня 2015 р. – К.: НУХТ, 2015 р. – С. 91-92.

141. Сливка Н.Б., Білик О.Я., Михайлицька О.Р., Гачак Ю.Р. Дослідження змін окремих фізико-хімічних показників йогуртів при використанні концентратів сироваткових білків. *Науковий вісник Львівського університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С.З. Гжицького: серія «Харчові технології»*. 2019. №91. С. 162-166.

142. Дослідження впливу використання білкових концентратів на реологічні показники кисломолочних продуктів та терміни їх зберігання/ В. П.

Рудюк, В. М. Пасічний, Т. О. Хорунжа, О. О. Красуля // Харчова промисловість. – Київ : НУХТ, 2019. – № 25. – С. 70–77.

143. Грек, О. Вплив концентрату білка – регулятора в'язкісних характеристик на консистенцію кисломолочного напою / О. Грек, О. Красуля, Т. Пшенична // Продовольча індустрія АПК. – 2016. – № 4. – С. 27-31.

144. Marchwińska, K.; Gwiazdowska, D.; Juś, K.; Gluzińska, P.; Gwiazdowska, J.; Pawlak-Lemańska, K. Innovative Functional Lactic Acid Bacteria Fermented Oat Beverages with the Addition of Fruit Extracts and Lyophilisates. *Appl. Sci.* 2022, 13, 12707. <https://doi.org/10.3390/app132312707>

145. Біотехнологічні аспекти застосування штамів з β -галактозидазною активністю у виробництві ферментованих молочних продуктів / А. В. Мінорова, Т. В. Рудакова, Н. Л. Крушельницька та ін. // Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. 2021. - Т. 9, №16. – С. 117 - 134. doi.org/10.31073/foodresources2021-16-12

146. Закваска для йогурту «Іпровіт-СІ». URL:<https://www.iprovit-shop.com.ua/ru-4538770/zakvaska-iprovit-CI-1-dlya-proizvodstva-yogyrta-d20.htm>

147. Закваска «Йогурт» ТМ VIVO. URL: <https://www.zakvaski.com/production/yoghurt-new-vivo.html>

148. Закваска «Йогурт класичний» ТМ Yogurton. URL: <http://yogurton.com.ua/ru/catalog/yog/10>

149. Закваска для йогурту «YC-X11» ТМ Chr. Hansen. URL:https://www.thecheesemaker.com/content/specs_YC_X11.pdf

150. Закваска «YO-MIX 495» ТМ Danisco. URL:<https://dom-gastronom.com.ua/uk-ua/kislomolochnye-zakvaski/zakvaski-dlja-kislomolochnoj-produkcii/termofilnaja-zakvaska-yo-mix-495>

151. Закваска для йогурту «Y050 B 10U» ТМ Sacco. URL:<https://dom-gastronom.com.ua/uk-ua/zakvaski-i-pleseni-dlja-sirodelija/zakvaski-sacco/termofilnaja-zakvaska-y-428-sacco>

152. Закваска для йогурту «YO-PROX 860» ТМ BIOPROX. URL:<https://prodservis.com.ua/p1405247889-zakvaska-dlya-ajrana.html>

153. Delorme, C. Safety assessment of dairy microorganisms: *Streptococcus thermophilus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2008. 126, 274–277.
154. Saubade, F.; Hemery, Y. M.; Guyot, J. P.; and Humblot, C. Lactic acid fermentation as a tool for increasing the folate content of foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016. doi: 10.1080/10408398.2016.1192986.
155. 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.
156. Кігель Н. Ф., Шульга Н. М. Заквашувальні культури для ферментованих молочних продуктів – сьогодення та перспективи. *Харчові технології*. 2007. №2. С. 24-26.
157. Han, X.; Yang, Z.; Jing, X.; Yu, P.; Zhang, Y.; Yi, H.; et al. Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *Biomed. Res. Int.* 2016. 2016:7945675. doi: 10.1155/2016/7945675..
158. 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>.
159. Zisu, B. Effects of pH, temperature, supplementation with whey protein concentrate, and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by *Streptococcus thermophilus*. *Journal of dairy science*. – 2003. – 86, № 11. – P. 3405-3415. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73944-7.
160. Nekrasov P., Tkachenko N. Innovative technology of combined bifidus containing fermented milk drinks of functional purpose. *Харчова наука і технологія* 2014. 2(27). P.49-56.
161. Баль-Прилипко Л.В.; Даниленко С.Г.; Потемська О.І.; Науменко О.В.; Крижська Т.А. Амінокислотний склад молочних продуктів ферментованих мікроорганізмами різних таксономічних груп. *Machinery & 187 Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine 2020, 11(2), С. 179-186.

162. Мінорова А. В., Рудакова Т. В., Крушельницька Н. Л., Моїсеєва Л. О., Наріжний С. А. (2023). Використання ферментно-бактеріальної композиції в біотехнології безлактозних молочних продуктів на основі вторинної молочної сировини. *Продовольчі ресурси*. №11(21). С. 93–102.
163. 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). Р. 35-40.
164. Yamamoto E, Watanabe R, Ichimura T, Ishida T, Kimura K. Effect of lactose hydrolysis on the milk-fermenting properties of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 2038 and *Streptococcus thermophilus* 1131. *J Dairy Sci*. 2021 Feb;104(2):1454-1464. doi: 10.3168/jds.2020-19244.
165. Li L, Zhou L, Liu X, Gong J, Xiao G. Physicochemical, microbiological, and sensory properties of low-lactose yogurt using *Streptococcus thermophilus* with high β -galactosidase activity. *J Sci Food Agric*. 2023 Dec;103(15):7374-7380.
166. Trojanová I, Vlková E, Rada V, Marounek M. Different utilization of glucose and raffinose in *Bifidobacterium breve* and *Bifidobacterium animalis*. *Folia Microbiol (Praha)*. 2006.51(4).P.320-324. doi: 10.1007/BF02931824
167. Ганіна В.І.; Калініна, Л.В.; Большакова, Е.В. β -галактозилазна активність молочнокислих бактерій та біфідобактерій. *Молочна промисловість*. 2002 № 8, С. 36-38.
168. Moller P.L., Jorgensen F., Hansen O.C. Madsen S. M., Stougaard P. Intra- and extracellular β -galactosidases from *Bifidobacterium bifidum* and *B. infantis*: molecular cloning, heterologous expression, and comparative characterization. *Appl. Environ. Microbiol*. 2001. 67(5). Р. 2276-2283
169. Романчук І.О.; Моїсеєва Л.О. Особливості ферментолізу вуглеводів заквашувальними мікроорганізмами під час виробництва кисломолочного низьколактозного продукту. В *Інноваційний розвиток харчової індустрії*, Збірник наукових праць за матеріалами VII Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, Україна, Лист 21, 2019; Боднарчук О.В., Вербицький С.Б. та ін., Ред.; К.: 2019. с 68-69.

170. Романчук І. О., Моїсеєва Л. О., Мінорова А. В., Рудакова Т. В., Крушельницька Н. Л. (2023). Дослідження лактазної активності заквашувальних препаратів у молочних сумішах на основі вторинної молочної сировині. *Продовольчі ресурси*, 11 (20), 119–129.

171. Karasova P., Spiwok V., Mala S., Kralova B., Russell N.J. Beta-galactosidase activity in psychrophilic microorganisms and their potential use in food industry. *Czech J Food Sci.* 2002. 20. P. 43-47.

172. Lbuquerque T.L., Sousa M., Gomes N.C., Chaves C.A., Barros Gonçalves L.R., Fernandez-Lafuente R., PonteRocha M.V. β -Galactosidase from *Kluyveromyces lactis*: Characterization, production, immobilization and applications – A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. Vol.191. P.881–898. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.133..>

173. Kanmani P., Satish K.R., Yuvaraj N., Paari K.A., Pattukumar V., Arul V. Probiotics and its functionally valuable products – A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2013. 53 (6). P. 641–658.

174. Потемська О.І. Розробка біотехнологій багатокomпонентних заквашувальних препаратів для виробництва кисломолочних продуктів : дис. ... канд. техн. наук : спец. 03.00.20 «Біотехнологія» / Оксана Іванівна Потемська; Ін-т прод. ресурсів НААН України. – Київ, 2021. – 220 с.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, ПРЕДМЕТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У розділі наведено програму аналітичних та експериментальних досліджень, надано характеристику предметів дослідження, наведено опис методів дослідження показників безпечності й якості сировини, модельних харчових систем і готових кисломолочних напоїв, планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних.

Теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи проводились на базі науково-дослідних лабораторій кафедр технології і організації ресторанного господарства, дизайну та інжинірингу, товарознавства, управління безпечністю та якістю Державного торговельно-економічного університету (2020-2023 рр.). Хімічний склад розроблених виробів визначали у науково-дослідній лабораторії випробувально-біологічного центру Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна Національної академії наук України (м. Київ). Фізико-хімічні показники розробленої продукції, вміст лактози, реологічні показники та ступінь перетравлення білків визначали в науково-дослідних лабораторіях відділу молочних продуктів та дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України (м. Київ). Мікробіологічні дослідження проводили в лабораторії відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України (м. Київ). Вміст токсичних елементів та мікотоксинів проводили в лабораторії ДУ «Вінницького обласного центру контролю та профілактики хвороб МОЗ України»

При виконанні роботи користувалися комплексом загальноприйнятих і спеціальних фізичних, хімічних, біохімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних, математичних методів.

2.1. Об'єкти і предмети досліджень

Теоретичні та експериментальні дослідження щодо наукового обґрунтування та розроблення технології низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин проводили з урахуванням методології системного аналізу, що полягає в дослідженні інтегративних характеристик об'єкта, виявленні різноманітних взаємозв'язків та механізмів, які зумовлюють взаємодію та взаємозалежність отриманих даних.

Для досягнення цілей дослідження був застосований поетапний механізм розв'язання проблеми, який передбачає координацію між взаємозалежними елементами в рамках загальної мети: I – теоретичного (аналіз) та II, III – експериментального етапів (синтез), IV – оцінки ефективності – покладених в основу програми теоретичних і експериментальних досліджень (рис. 2.1).

Цей підхід став основою для формулювання мети, визначення основних напрямів, конкретних завдань і методів проведення подальших досліджень.

Як основний об'єкт дослідження під час виконання дисертаційної роботи розглядалась технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин.

Предмет досліджень – сколотини, отримані методом збивання вершків на масловиготовлювачах; сухий концентрат молочних білків; молочна сироватка суха демінералізована; молочні суміші нормалізовані за вмістом сухих речовин; ферментний препарат лактази дріжджового походження; заквашувальні препарати прямого внесення для виробництва йогурту; харчові системи, що моделюють за складом низьколактозні йогурти, низьколактозні кисломолочні напої. Характеристику предметів досліджень наведено в табл. 2.1.

Сировина та матеріали, що використовувались при проведенні досліджень, відповідали вимогам діючої в Україні нормативної документації або сертифікату відповідності фірми-виробника (додаток А).

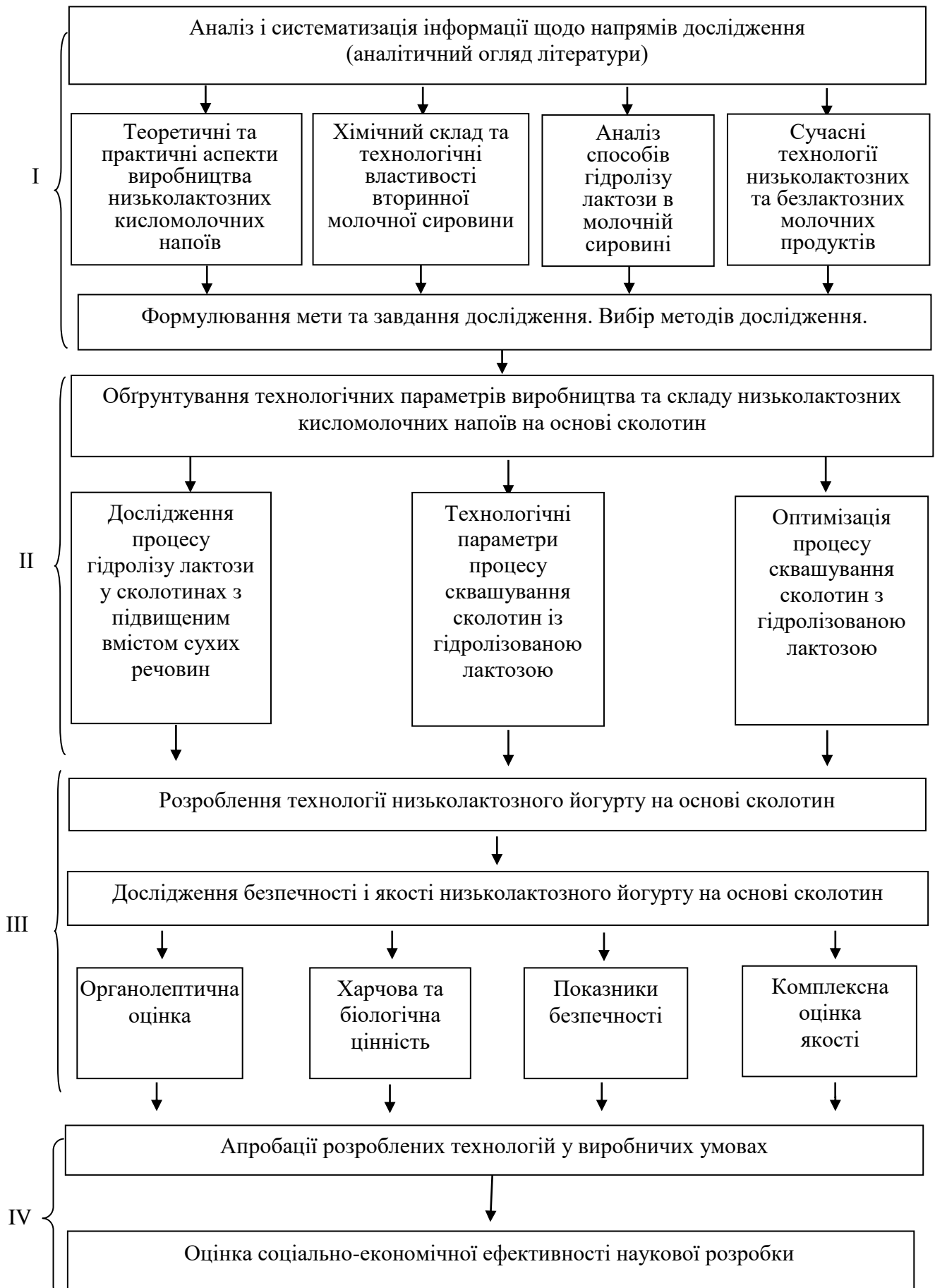


Рис. 2.1. Схема проведення теоретичних та експериментальних досліджень

Таблиця 2.1

Характеристика предметів дослідження

Назва предметів дослідження	Назва підприємства-виробника	Нормативна та/або інша документація, що регламентує показники якості та безпеки	Примітка
1	2	3	4
I. Харчова сировина			
Сколотини, отримані методом збивання вершків	ПрАТ «Звенигородський сироробний комбінат»	Сертифікат відповідності	Виробництво 2021-2023 рр.
Сухий концентрат молочних білків	PienasLT, Литва	Сертифікат відповідності	Виробництво 2020-2023 рр.
Молочна сироватка суха демінералізована	ВАТ «ТехМолПром», Україна	ТУ У 15.5 - 00419880 - 089:2009	Виробництво 2020-2023 рр.
Ферментний препарат лактази «GODO-YNL2»	ShuseiCompanyLimited, Японія	Сертифікат відповідності	Виробництво 2020-2023 рр.
Заквашувальний препарат прямого внесення для йогуртуУС-Х11	Chr. Hansen, Данія	Сертифікат відповідності	Виробництво 2021-2023 рр.
II. Модельні харчові системи			
Молочні суміші, нормалізовані за вмістом сухих речовин	Отримані в лабораторних умовах	-	-
III. Кисломолочні напої			
Йогурт низьколактозний	Україна, м. Київ ТОВ «Фудком», ТОВ «МПС-ПРОДУКТ», ТОВ «УКРРЕСТ»	-	Виробництво 2022-2023 рр.

Джерело: складено автором

Для проведення експериментальних досліджень було використано сколотини, отримані методом збивання вершків, фізико-хімічні показники яких наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Фізико-хімічні показники сколотин

Кислотність		Масова частка золи, %	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка жиру, %	Масова частка лактози, %
титрована, °Т	активна, од. рН				
16,0±0,3	6,67±0,01	0,64±0,02	8,22±0,03	0,40±0,05	4,5±0,04

Джерело: складено автором

Для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин було використано сухий концентрат молочних білків (КМБ) та сироватка суха демінералізована (ССД), фізико-хімічні показники яких наведено в табл. 2.3. та 2.4.

Таблиця 2.3

Фізико-хімічні показники сухого концентрату молочних білків*

Показник	Вміст
Масова частка сухих речовин, %	94,0
Масова частка лактози, %	5,5
Масова частка жиру, %	2,0
Масова частка білку, %	85,0

*Джерело: офіційний сайт виробника ТМ «PienasLT» <https://www.pienaslt.lt/>

Таблиця 2.4

Фізико-хімічні показники сироватки сухої демінералізованої*

Показник	Вміст
Масова частка сухих речовин, %	97,0
Масова частка лактози, %	65,92
Масова частка жиру, %	1,0
Масова частка білку, %	27,02

*Джерело: [1]

Визначення необхідної кількості концентрату молочних білків для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин здійснювали за формулою [2]:

$$M_k = \left(\frac{M_c * (C_{PN} - C_{PC})}{C_{PK} - C_{PC}} \right) \quad (2.1)$$

M_k – маса сировини, необхідна для нормалізації, г;

M_c – маса сколотин, г;

C_{PN} – необхідний вміст сухих речовин у молочній суміші, %;

C_{PC} – початковий вміст сухих речовин у сколотинах, %;

C_{PK} – вміст сухих речовин в сировині, яку використовують для нормалізації, %;

Для гідролізу лактози у молочній сировині використовували нейтральну лактазу – ферментний препарат β -галактозидази дріжджового походження GODO-YNL2, виробництва Японія. Характеристики ферментного препарату наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристика ферментного препарату лактази GODO-YNL2*

Показник	Значення/характеристика
Активність	50,000 ONPGU/г
Зовнішній вигляд	Рідина з жовтуватим відтінком
Розчинність	Повна розчинність у рідині
Питома вага	1,17
Оптимальна активна кислотність	5,5...6,5 од. рН
Оптимальна температура дії	20...45°C
Термостабільність за температури	до 55°C
Рекомендоване дозування	0,1 %

*Джерело: офіційний сайт виробника <https://optima-union.com/ferment-godo-ynl-2>

Для сквашування молочних сумішей із гідролізованою лактозою використовували заквашувальний препарат прямого внесення для виробництва йогурту YC-X11, характеристика якого наведена в табл. 2.6

Таблиця 2.6

Характеристика заквашувального препарату YC-X11*

Показник	Значення/характеристика
Зовнішній вигляд	Ліофілізовані культури у гранулах
Оптимальна температура дії	35...45°C
Тривалість сквашування	4-5 год
Рекомендоване дозування	3 мг/100г

*Джерело: офіційний сайт виробника <https://www.chr-hansen.com/en/food-cultures-and-enzymes/fresh-dairy/our-products-fresh-dairy>

В якості контролю обрано йогур безлактозний ТМ «На здоров'я» промислового виробництва, харчова цінність якого наведена в табл. 2.7

Таблиця 2.7

Харчова цінність безлактозного йогурту ТМ «На здоров'я»*

Показник	Значення
Білки, %	3,0
Жири, %	1,5
Вуглеводи, %	4,7
у т.ч.: лактоза, %	0,1

*Джерело: офіційний сайт виробника <https://www.loostdorf.com/our-products/>

2.2. Методи і методики досліджень

У роботі використано загальноприйняті та спеціальні методи досліджень, які забезпечили виконання поставлених завдань. За призначенням та суттю методи такі: методи дослідження хімічного складу, фізико-хімічних показників, структурно-механічних властивостей, методи мікробіологічних досліджень.

2.2.1 Загальноприйняті методи дослідження якості продуктів.

Характеристику загальноприйнятих у хіміко-технологічному контролі методів досліджень наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Характеристика використаних методів дослідження

Показник	Метод дослідження	Нормативний документ	Літературне джерело
1	2	3	4
Відбір проб		ДСТУ 4834:2007	[3]
Органолептичні			
Органолептична оцінка	Описувальний (якісний) Метод профільного аналізу	ДСТУ 4343:2004	[4]
Фізико-хімічні			
Активна кислотність, од рН	Потенціометричний метод	ДСТУ 8550:2015	[5]
Титрована кислотність	Метод титрування	ДСТУ ISO 6091:2007	[6]
Масова частка сухих речовин, %		ДСТУ ISO 6731:2007	[7]
Масова частку золи, %	Методом спалювання наважки в муфельній печі за температури 450...550°C;	ДСТУ 8552:2015	[8]
Масова частка жиру, %	Гравіметричний метод	ДСТУ ISO 11870:2007	[10]
Вміст амінокислот	Методом іонообмінної рідинно-колонної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 (виробництва «Мікротехна», Чехія)	–	[11]
Масова частка вітамінів, мг/100 г	Аскорбінову кислоту – титриметричним методом за Муррі, β-каротин – фотоелектроколориметричним методом за допомогою КФК-2.	–	[13]
Масова частка мінеральних речовин, %	Спектрометричний метод	ДСТУ ISO 9874:2005	[23]

Масова частка білка, %	Методом К'ельдаля	ДСТУ ISO 5983:2003	[15]
Перетравлюваність білка, In vitro, %	Метод Покровського О.О. і Єртанова І.Д. в модифікації Сторожука П.Г.	ДСТУ 7617:2014	[16]
Важкі метали	Метод атомно-абсорбційної спектроскопії	ДСТУ ISO/TS 6733 (IDF/RM 133):2015	[24]
Вміст мікотоксинів	Метод тонкошарової хроматографії	ДСТУ 7047:2009	[23]
Амінокислотний скор (АС)	Розрахунковий метод	–	[12]
Енергетична цінність, ккал	Розрахунковий метод за коефіцієнтами Атвотера	–	[17]
Реологічні			
Ефективна в'язкість, мПа*с	Ротаційним віскозиметром «RHEOTESTII»	–	[9]
Густина	Ареометричний метод	ДСТУ 6082:2009	[23]
Мікробіологічні			
Вміст молочнокислих бактерій, КУО/см ³	Посівом на поживні середовища	ДСТУ 7999:2015	[18]
БГКП (коліформ)		ДСТУ 7357:2013	[19]
Плісневі гриби, КУО/см ³		ДСТУ 8447:2015	[20]
Дріжджі, КУО/см ³		ДСТУ 8447:2015	[21]

Джерело: складено автором

2.2.2. *Визначення вуглеводного складу.* Вуглеводний склад сумішей та низьколактозного кисломолочного продукту визначали за допомогою високоефективного рідинного хроматографа LC-6A (виробництва «Shimadzu»). Метод ґрунтується на видаленні жиру та білка фільтрацією, визначення вуглеводів у фільтраті отриманих проб відносно стандартних проб, з відомою концентрацією внесених вуглеводів.

Ефективність гідролізу лактози визначали за формулою [20]:

$$E = \left(\frac{C_{\text{п}} - C_{\text{к}}}{C_{\text{к}}} \right) * 100\% \quad (2.2)$$

де, E – ефективність гідролізу лактози, %;

C_п – початкова концентрація лактози в сумішах до гідролізу г/100г;

C_к – концентрація лактози в гідролізаті молочної сировини г/100г.

2.2.3. *Вологоутримувальна здатність згустків.* Вологоутримувальну здатність кисломолочного згустку визначали методом центрифугування [25]. 10 см³ порушеного кисломолочного згустку вносили до центрифужної пластикової пробірки та проводили центрифугування за швидкості 1500 об/хв впродовж 5 хв. Після зупинки центрифуги у зразку визначали об'єм сироватки, що виділилася, шляхом декантації її до градуйованої скляної пробірки на 10 см³. Результати визначеної таким чином вологоутримувальної здатності кисломолочного згустку виражали в кількості см³ сироватки, отриманої з 10 см³ отриманої з 10 см³ згустку. Розрахунок проводили за формулою:

$$\text{ВУЗ} = \left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right) * 100\% \quad (2.3)$$

де, ВУЗ – вологоутримувальна здатність, %;

α – об'єм сироватки, що виділилась, мл;

β – об'єм йогурту, мл.

2.3. Статистична обробка експериментальних даних.

Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці методом найменших квадратів для визначення похибки отриманих даних. Повторність проведення всіх дослідів п'ятикратна.

По серії кожного дослідів розраховувалася середня величина показника і дисперсія:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (2.4)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (2.5)$$

де \bar{y} – середнє значення показника;

y_i – значення показника в кожному досліді;

n – кількість рівнобіжних дослідів.

Для розрахунку достовірності отриманих результатів досліджень використовували критерій Стюдента. Для перевірки розбіжностей між двома

середніми використовували формулу:

$$t = \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_b}{\sqrt{x_a^2 + x_b^2}}, \quad (2.6)$$

де t – критерій Стьюдента;

\bar{X}_a, \bar{X}_b – середнє значення вибірки А та В;

x_a, x_b – похибка середньоарифметичного вибірки А та В.

Розрахунки, оцінювання достовірності експериментальних даних та побудову графіків здійснювали методами математичної статистики за допомогою програм Statistica, Excel, MatCAD, MatLAB.

Згідно наукової методології (кваліметрії) *оцінка якості продукції* полягає у застосуванні узагальненого показника якості продукції. Даний показник являє собою функцію від одиничних показників та полягає у вираженні оцінки одним числом, яке отримують у результаті об'єднання вибраних одиничних показників в один комплексний показник [26, 27]. Методика визначення комплексної оцінки якості харчових продуктів приведена у роботах вітчизняних вчених [28-30].

Оцінювання якості низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин здійснювали на етапі «виробництва» та «зберігання» за сукупністю органолептичних, структурно-механічних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників і харчової цінності з урахуванням їх вагомості.

Одиничні показники якості кисломолочних напоїв на основі сколотин оцінювали з використанням функції бажаності Харрінгтона (рис. 2.2):

$$K_i = \exp[-\exp(-Y_i)], \quad (2.7)$$

де Y_i – кодоване значення безрозмірної шкали.

Комплексну оцінку показників якості розраховували за формулою:

$$K_j = \sum_{i=1}^{nj} K_{ij} \cdot m_{ij}, \quad (2.8)$$

де K_{ij} – оцінка одиничного показника;

m_{ij} – коефіцієнт вагомості i -го показника j -ої групи;

n – кількість показників, які враховуються в j -ій групі.

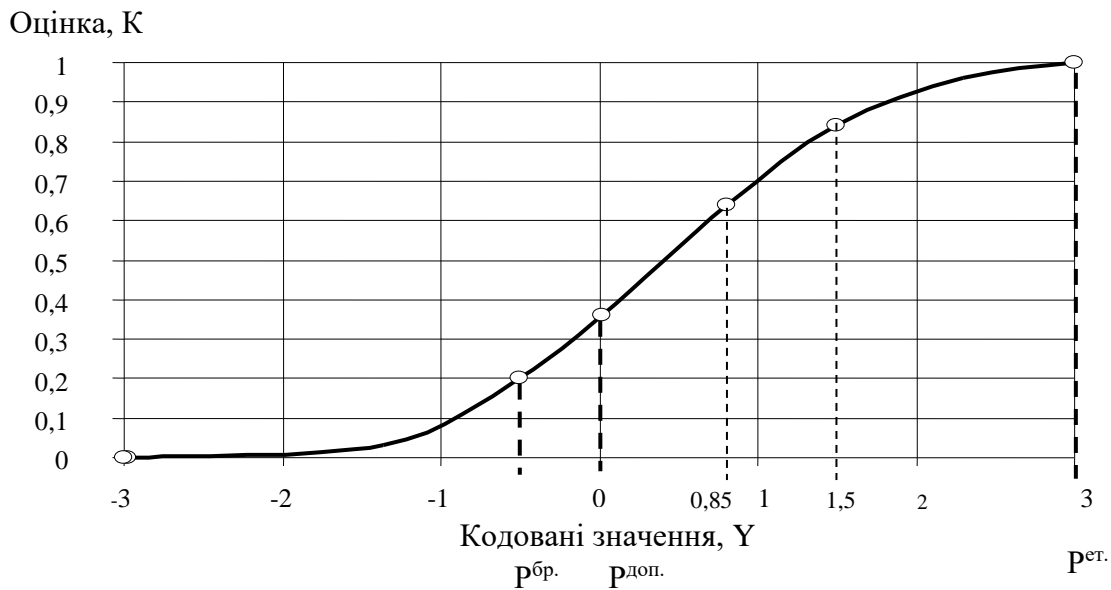


Рис. 2.2. Графік визначення оцінок нормованих показників якості

Джерело: складено автором

Коефіцієнти вагомості визначали експертним методом за умов:

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} = 1, \quad (2.9)$$

де m_{ij} – коефіцієнт вагомості i -го показника j -ої групи ($m_i > 0$);

n – число показників якості продукції.

Сутність експертного методу полягає в тому, що створюється група зі спеціалістів, які оцінюють вагомість всіх властивостей харчових продуктів, прийнявши, що сума властивостей дорівнює одиниці. Порядок оцінювання вагомості властивостей здійснюється експертами незалежно один від одного. Згідно з викладеною методикою кожний експерт, не спілкуючись з іншими експертами, повністю заповнює всі графи матриці. Потім у присутності всіх колег стисло обґрунтовує прийняті їм рішення (величини вагомості). З урахуванням обговорення кожний експерт повторно заповнює матриці.

Коефіцієнт вагомості m_{ij} розраховували за формулою:

$$m_{ij} = \frac{m_{ijcp}}{\sum_{i=1}^n m_{ijcp}}, \quad (2.10)$$

де m_{ijcp} – середнє арифметичне значення оцінок експертів i -го показника якості j -ої групи.

Середнє значення m_{ijcp} розраховували за формулою:

$$m_{ijcp} = \frac{1}{N} \sum_{z=1}^N m_{ijz}, \quad (z=1, 2, 3 \dots N) \quad (2.11)$$

де N – кількість експертів;

m_{ijz} – оцінка i -го показника якості j -ої групи, даного z -м експертом ($z = 1, 2, 3 \dots N$).

Середнє значення коефіцієнтів вагомості m_{ijcp} , які отримані на підставі повторних оцінок, приймаються у якості вихідних для подальших розрахунків.

Комплексний показник якості низьколактозного йогурту на основі сколотин на етапі «виробництва» та «зберігання» визначали за допомогою адитивної моделі:

$$K_{em} = (x_1 \wedge x_2) \sum_{j=1}^n M_j \cdot K_j, \quad (2.12)$$

де K_{em} – комплексний показник якості продукції на етапі життєвого циклу;

$x_1 \wedge x_2$ – функція вето, яка утворена показниками якості, що мають альтернативний характер – бактерії групи кишкових паличок, патогенні мікроорганізми, *Staphylococcus aureus* (при задоволенні вимоги x_1 та x_2 дорівнює 1, при незадоволенні – 0);

M_j – коефіцієнт вагомості j -ої групи показників;

K_j – групова оцінка показників.

Комплексний показник якості низьколактозного йогурту на основі сколотин визначали за допомогою адитивної моделі:

$$K_o = \sum_{j=1}^n M_{em} \cdot K_{em}, \quad (2.13)$$

де K_o – комплексний показник якості продукції;

M_{em} – коефіцієнт вагомості показників на етапі життєвого циклу;

K_{em} – комплексний показник якості продукції на етапі життєвого циклу;

n – кількість етапів життєвого циклу продукції.

Для оптимізації параметрів процесу сквашування у роботі застосовується метод математичного планування експерименту за ортогональним симетричним

планом Бокса і Вілсона для знаходження оптимальних параметрів процесів ферментативного гідролізу сколотин із підвищеним вмістом сухих речовин та процесу сквашування гідролізованих сколотин. Дані, отримані в результаті експериментів, оброблено математичними методами з метою виявлення регресійної залежності та знаходження функцій відклику по заданих параметрах. Розрахунки проводили за допомогою MS Excel. Для кожного процесу обробки було розроблено системи рівнянь, що характеризують процес та проведено пошук оптимальних параметрів обробки продуктів методом сполучених градієнтів за допомогою надбудови «Пошук рішень» пакету MS Excel. Дослідницькі дані наведено в одиницях міжнародної системи СІ.

Економічну ефективність від впровадження результатів визначали за чинними у галузі методиками розрахунку.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2

1. Для вирішення поставленої наукової задачі розроблено алгоритм проведення досліджень, що включає теоретичний аналіз, фізичний експеримент з розроблення технології низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин та практичну апробацію розроблених технологій у виробничих умовах.

2. Об'єктом дослідження було обрано технологію низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин. В якості предметів дослідження визначено сталу харчову сировину. Проаналізовано нормативні документи з визначення показників якості вихідної сировини.

3. Визначено загальноприйняті стандартні та спеціальні методи дослідження харчової цінності, органолептичних, фізико-хімічних та реологічних властивостей, показників безпеки низьколактозних йогуртів на основі сколотин. Обґрунтовано застосування комплексу методів дослідження, що дозволяють повною мірою оцінити та охарактеризувати якість розроблених кисломолочних напоїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Романчук, І. О. Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 "Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів" / Ірина Олегівна Романчук; НУХТ – Київ, 2020. – 290 с.
2. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с
3. ДСТУ 4834:2007 Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання [Чинний від 01.10.2008]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 17 с. – (Національний стандарт України).
4. Йогурт. Загальні технічні умови. ДСТУ 4343-2004 [Чинний від 01-10-2005]. – Київ : Держспоживстандарт України, 11 с. – (Національний стандарт України).
5. ДСТУ 8550:2015 Молоко та молочні продукти. Вимірювання рН потенціометричним методом. [Чинний від 01.01.2017]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2017. – 11 с. – (Національний стандарт України).
6. ДСТУ ISO 6091:2007 Молоко сухе. Визначання титрованої кислотності (контрольний метод).[Чинний від 01.01.2009]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
7. ДСТУ ISO 6731:2007 Молоко, вершки та згущене молоко. Визначення масової частки сухих речовин (контрольний метод). [Чинний від 01.01.2009]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
8. ДСТУ 8552:2015 Молоко та молочні продукти. Методи визначення вологи та сухої речовини. [Чинний від 01.01.2017]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2017. – 15 с. – (Національний стандарт України).

9. Лабораторний практикум з хімії і фізики молока і молочних продуктів/ Укладачі: В.П. Ясній, Т.А. Довбуш. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 182 с.

10. ДСТУ ISO 11870:2007 Молоко і молочні продукти. Визначення масової частки жиру. Загальні рекомендації щодо використання методів із застосуванням жиромірів. [Чинний від 01.01.2009]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с. – (Національний стандарт України).

11. Сорочан О.О., Штеменко Н.І. Методи аналізу амінокислот. Дніпро: ДНУ, 2005. – 35 с.

12. Нутриціологія : навч. посібник / Н. В. Дуденко, Л. Ф. Павлоцька, І. В. Цихановська та ін. – Харків : Світ книг, 2013. – 560 с.

13. Лабораторні та семінарські заняття з біологічної хімії: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Л.М. Вороніна [та ін.]. – Х.: Оригінал, 2004. – 383 с.

14. ДСТУ ISO 8070/IDF 119:2008 Молоко та молочні продукти. Визначення вмісту кальцію, натрію, калію та магнію спектрометричним методом атомної абсорбції. – [Чинний від 2008-09-01]. – Київ: УкрНДНЦ, 2008. – 19 с. – (Національний стандарт України).

15. Визначення вмісту азоту і обчислювання вмісту сирого білка. Метод К'ельдаля (ISO 5984:2002, IDT): ДСТУ ISO 5983:2003. – [Чинний від 2005-01-10]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 18 с. – (Національний стандарт України).

16. ДСТУ 7617:2014. Продукти харчові. Метод визначення засвоюваності білка. – [Чинний від 2015–07–01]. – Київ: УкрНДНЦ, 2015. – 8 с.

17. Методи контролю якості харчової продукції : навч. посібник / О. І. Черевко, Л. М. Крайнюк, Л. О. Касілова та ін.; за ред. Л. М. Крайнюка; Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Київ : Кондор, 2016. – 512 с.

18. ДСТУ 7999:2015 Продукти харчові. Методи визначення молочнокислих бактерій. – [Чинний від 2017-01-01]. – Київ: УкрНДНЦ, 2017. – 45 с. – (Національний стандарт України).

19. ДСТУ 7357:2013 Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання. – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 38 с. – (Національний стандарт України).

20. ДСТУ 8447:2015 Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів. – [Чинний від 2017-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2017. – 38 с. – (Національний стандарт України).

21. Моїсеєва Л.О., Романчук І.О., Мінорова А.В., Рудакова Т.В. Закономірності ферментативного гідролізу лактози у молочній сировині. Продовольчі ресурси. 2020.14.С.165-174.

22. ДСТУ 6082:2009. Молоко та молочні продукти. Методи визначення густини. – [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 16 с. – (Національний стандарт України).

23. ДСТУ 7047:2009 Молоко та молочні продукти. Визначання вмісту афлатоксину М1 методом рідинної хроматомас-спектрометрії. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 20 с. – (Національний стандарт України).

24. ДСТУ ISO/TS 6733 (IDF/RM 133):2015. Молоко та молочні продукти. Вимірювання масової частки важких металів методом атомно-абсорбційної спектрометрії із застосуванням графітової печі. – [Чинний від 2016-04-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 22 с. – (Національний стандарт України).

25. Моїсеєва Л.О. Розроблення технології низьколактозного кисломолочного продукту: дис. канд. техн. наук 03.00.20. Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2021. 183 с.

26. Обладнання закладів ресторанного господарства. Оцінка технічного рівня : навч. посіб. / [О.В. Кузьмін, В.В. Кійко, Л.М. Акімова, С.М. Бондарчук]. – Херсон : Олді-плюс, 2018. – 276 с.

27. Development of complex quantity assessment method of butter quality / [Niemirich O., Kuzmin O., Vasheka O., Zychuk T.] // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2018. – № 5 (45). – С.27-35.

28. Комплексна оцінка якості харчування / [Кузьмін О.В., Ільчук Н.В., Салтан Б.А., Сасник С.С.] // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — 2018. — Т. 1, № 11 (51). — С.69–76.

29. Кузьмін О.В. Методика визначення комплексного показника якості дріжджів / Кузьмін О.В., Шулак М.Я., Романченко Н.Н. // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2018. – Т. 1, № 3 (43). – С. 68-73.

30. Кваліметрична оцінка раціонів харчування / [Кузьмін О.В., Клец Д.О., Черняков І.С., Николайчук Ю.В.] // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — 2018. — № 10 (50), 2 т. — С. 20–33.

РОЗДІЛ 3

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СКЛАДУ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ

У даному розділі на підставі результатів аналітичних досліджень розроблено інноваційний задум та модель технологічного процесу одержання низьколактозного кисломолочного напою на основі сколотин, в рамках якої встановлено механізм регулювання параметрів процесу з метою забезпечення заданих функціонально-технологічних властивостей низьколактозного йогурту. Наведені результати досліджень технологічного процесу ферментолізу лактози сколотин із підвищеним вмістом сухих речовин; визначено та оптимізовано умови процесу сквашування сколотин із гідролізованою лактозою.

3.1. Інноваційний задум технології низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин

Прикладні аспекти розроблення та впровадження нових технологій харчових продуктів ґрунтуються на реалізації інновацій, які забезпечують конкурентопридатність продукції на вітчизняному ринку. Це також відноситься до науково-практичного напрямку вдосконалення процесів переробки молока в харчові продукти, який базується на фундаментальних та прикладних дослідженнях в галузі молокопереробного виробництва.

Молоко вважається одним з основних продуктів у харчуванні людини, цінним джерелом незамінних білків, ліпідів, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів, а також слугує сировиною базою для виробництва широкого асортименту молочних продуктів – кисломолочних напоїв, сметани, сиру кисломолочного, вершків, сирів, молока сухого, продуктів із пробіотичними властивостями, тощо [1,2].

Проте наразі існує проблема споживання молока та молочних продуктів окремими категоріями населення, зокрема особами які страждають на лактазну

недостатність. Це пов'язано з тим, що в організмі не виробляється у необхідній кількості фермент лактаза, що розщеплює лактозу у молочних продуктах.

За результатами досліджень (п. 1.1.) встановлено, що асортимент безлактозних та низьколактозних молочних продуктів вітчизняного виробництва досить обмежений. Визначено, що високим попитом серед споживачів користуються йогурти. Однак обсяг низьколактозних та безлактозних йогуртів вітчизняного виробництва на ринку молочних продуктів країни становить лише 36,4%, що майже у 2 рази менше порівняно з продукцією імпортного виробництва [3].

На формування ринку молочної продукції України негативно впливає обмеження природних продовольчих ресурсів. Зменшення обсягів виробництва молока-сировини через нестабільну економічну ситуацію спричинену військовими діями призвели до суттєвого збільшення вартості молочних продуктів, зокрема низьколактозних та безлактозних. Тому на сьогодні актуальною постає проблема раціонального використання вторинної молочної сировини, зокрема скотин як молочної основи у виробництві кисломолочних напоїв спеціального дієтичного призначення зі зниженим вмістом лактози [3].

На підставі результатів аналітичних досліджень (розділ 1) розроблено інноваційний задум нового низьколактозного кисломолочного напою (табл.3.1).

В інноваційному задумі низьколактозного кисломолочного напою враховано, що комплекс технологічних заходів з обґрунтування, розробки та виробництва нових продуктів відповідає світовому рівню наукових доробок, отриманий молочний продукт – соціальному запиту споживачів. Соціальний запит до харчових продуктів означає, що їх роль визначає харчовий статус споживачів, вплив на здоров'я нації та готовність споживачів платити за високоякісне харчування.

Соціальна відповідальність даного дослідження полягає у свідомому впровадженні у промисловість технологічних та організаційних заходів, що забезпечить створення нових продуктів, які відповідають сучасним вимогам нутриціології та купівельної спроможності населення.

**Інноваційний задум низьколактозного кисломолочного напою на основі
сколотин**

Показники	Характеристика інновацій
Найменування продукту	Низьколактозний йогурт на основі сколотин
Концепція продукту	Базується на консервативних та радикальних (мають та не мають аналогів на споживчому ринку) інноваціях. Технологічний процес реалізується на принципах ресурсозбереження – використання вторинної молочної сировини (сколотин). Продукт характеризується високими харчовою цінністю та органолептичними властивостями.
Екологічність	Досягається зменшенням навантаження на навколишнє середовище за рахунок залучення в технологічний процес вторинної молочної сировини (сколотин)
Конкурентні переваги	Формування нових ринків та каналів збуту продукції. Запровадження цінових стратегій з урахуванням споживчих властивостей продукту та цільового сегменту, доступна ціна для споживачів.
Сегмент споживачів	Реалізація бізнес-моделі «B2B»: HoReCa, заклади харчування у навчальних закладах, організація харчування зосереджених контингентів. Реалізація бізнес-моделі «B2C»: різні групи населення через ритейл (підприємства оптової та роздрібно торгівлі).
Органолептичні властивості	Характеризується щільним згустком, однорідним за всією масою; смак і запах чисті, характерні для кисломолочних продуктів; колір молочно-білий з жовтуватим відтінком. Продукт також має приємний солодкуватий смак, що пояснюється накопиченням продуктів гідролізу лактози – моноцукрів глюкози та галактози з вищим ступенем солодкості.
Маса продукту	Від 0,3 кг до 1,0 кг залежно від потужностей виробництва
Терміни зберігання	Не більше 14 діб
Прогнозована собівартість	58,7 грн за 1 кг
Прогнозована роздрібна ціна	77,5 грн за 1 кг

Сформульовано наступні принципи реалізації інноваційного задуму:

- використання вітчизняної вторинної молочної сировини з реалізацією її біопотенціалу, харчових та функціонально-технологічних властивостей;
- стабільність при зберіганні та поєднанні з іншими компонентами;
- можливість споживання особами із лактазною недостатністю;
- задоволення потреби організму у есенціальних нутрієнтах;
- доступність технологічного процесу виробництва для малопотужних підприємств, крафтових виробництв та закладів ресторанного господарства.

Відповідно інноваційного задуму нової продукції інновації спрямовано на раціональне використання вторинної молочної сировини (сколотин), покращення структури харчового раціону населення, забезпечення споживачів продуктами спеціального дієтичного призначення, зокрема для осіб із лактазною недостатністю. Також передбачено використання різних способів обробки вторинної молочної сировини у технологічному потоці – гідроліз ферментними препаратами, сквашування препаратами молочнокислих бактерій.

Однак інновації включають не тільки практичне застосування науково-технічних розробок, але й певні перетворення в продукції, процесах, маркетингу, організації. З урахуванням зазначеного визначено інновації, які прийнято до впровадження в технології низьколактозного йогурту на основі сколотин (табл. 3.2.)

На основі положень інноваційного задуму сформульовано робочу гіпотезу, яка полягає в тому, що використання сколотин, як молочної основи для виробництва низьколактозного йогурту, за умов спрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей в процесі ферментування уможливить отримати новий продукт з прогнозованими показниками якості для осіб із лактазною недостатністю.

Таблиця 3.2

Інновації, які прийнято до впровадження в технології низьколактозного йогурту на основі сколотин

Складова інноваційної стратегії	Інноваційні вимоги	Шляхи реалізації інновацій
Маркетингова	<p>Новий продукт із покращеними споживчими властивостями.</p> <p>Інтеграція продукту та сервісу.</p> <p>Задоволення потреб усіх верств населення, врахування їх переваг у смаках та запитів до якості та безпечності продуктів</p>	<p>Виробництво низьколактозного йогурту на основі сколотин.</p> <p>Завдяки обґрунтуванню рецептурного складу та оптимізації параметрів технологічного процесу сквашування реалізовано опцію сервісу – зручність у споживанні, розширення асортименту.</p>
Технологічна	<p>Високі органолептичні та поживні властивості продукту.</p> <p>Реалізація принципу ресурсозбереження (залучення вторинної молочної сировини)</p>	<p>Забезпечення стабільності технологічних властивостей (вміст лактози, кислотність, вологоутримувальна здатність та інші) під впливом технологічних чинників (пастеризація, гідроліз, сквашування, охолодження).</p> <p>Інтенсифіковано технологічний процес (скорочений час гідролізу лактози та сквашування молочної суміші)</p>
Організаційна	<p>Виробництво – підприємства молочної промисловості, крафтові підприємства, спеціалізовані цехи.</p> <p>Реалізація – ритейл (супермаркети, гіпермаркети, магазини та торгівельні точки), заклади ресторанного господарства</p>	<p>Впровадження організаційно-технологічних принципів виробництва, спрямованих на покращення ефективності функціонування ланцюга «молочна промисловість – ресторанний бізнес» та «молочна промисловість – ритейл» за рахунок міжгалузевої кооперації.</p>

В межах сформульованої гіпотези, використовуючи системний підхід до створення технології низьколактозного йогурту на основі сколотин, на рис. 3.1 запропонована модель технологічного процесу його одержання, яка визначає вихід з позначених підсистем як стратегію подальших досліджень.

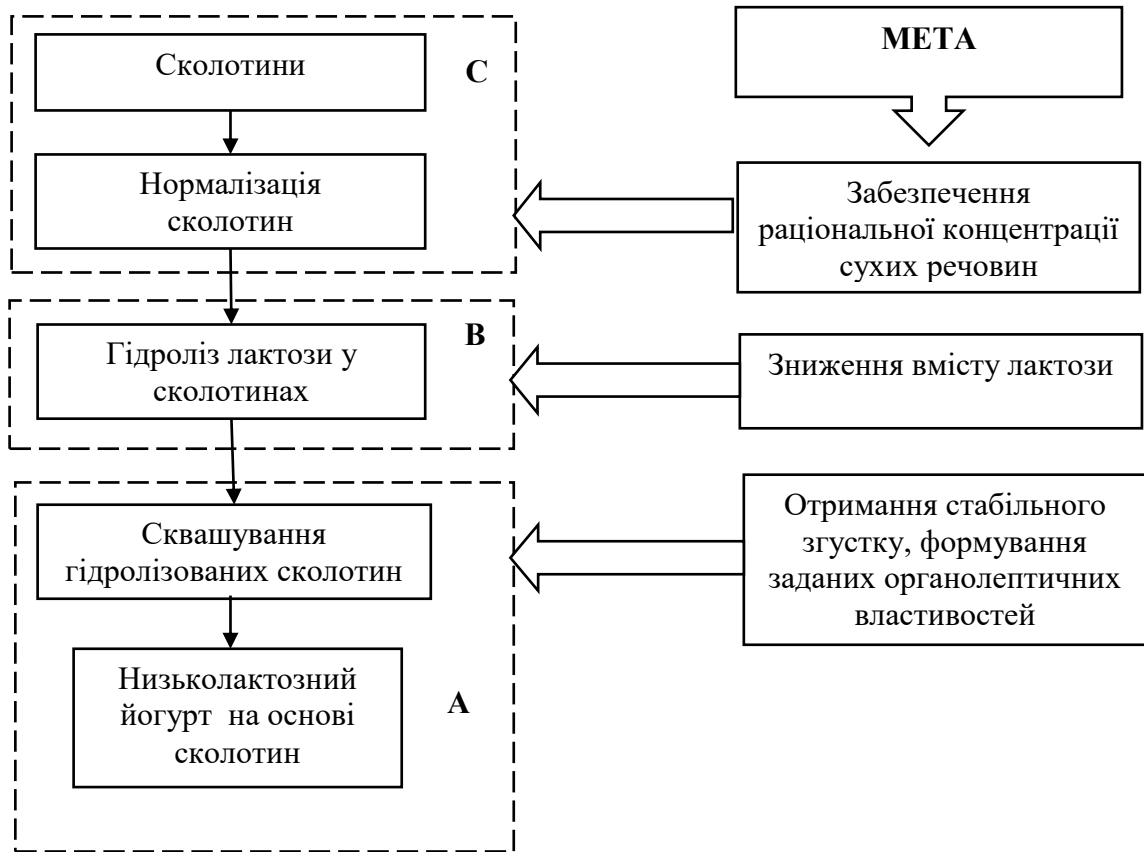


Рис. 3.1 Модель технологічного процесу одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин

Так, дана модель передбачає використання сколотин, отриманих методом збивання вершків (підсистема С) через їх підвищену біологічну цінність і функціонально-технологічний потенціал, та нормалізацію сколотин за вмістом сухих речовин, що саме обумовлюють щільність кисломолочного згустку та консистенцію готового напою.

Підсистема В є обґрунтуванням та регулюванням параметрів процесу гідролізу лактози сколотин з підвищеним вмістом сухих речовин, який здійснюється за рахунок використання ферментного препарату β -галактозидази GODO YNL-2, продукованої *Kluyveromyces lactis*.

При виробництві низьколактозних йогуртів, основним етапом виробництва є сквашування гідролізованої молочної основи, в результаті якого відбувається формування властивостей кисломолочного згустку та показників якості та безпечності готового продукту (підсистема А).

Визначення технологічних параметрів і режимів одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин проводили у декілька етапів, опис яких наведений у наступних параграфах.

3.2. Дослідження процесу гідролізу лактози у сколотинах

В процесі виробництва низьколактозних кисломолочних напоїв, зокрема йогуртів, одним з основних технологічних етапів є вилучення лактози. Найбільш ефективним способом вилучення лактози молока та молочних продуктів визнано метод ферментативного гідролізу до її складових - глюкози та галактози, що дозволяє не лише частково, але і за необхідності повністю вилучити лактозу з молочних продуктів, не впливаючи значно на інші складові молока [4].

Параметрами регулювання ефективності гідролізу лактози є значення таких показників як доза внесення ферментного препарату, тривалість процесу гідролізу, температура та кислотність середовища. Для дослідження процесу гідролізу лактози сколотин обрано ферментний препарат β -галактозидази «GODO-YNL2» виробництва Shusei Company Limited (виробництво Японія).

Проведені нами лабораторні дослідження щодо визначення ефективності гідролізу лактози сколотин за рекомендованими виробником параметрами (доза ферментного препарату GODO YNL-2 – 0,1%, температура – 40°C, тривалість – 180 хв.) довели високу активність ферментного препарату та ефективність гідролізу лактози на рівні 100%.

Йогурт, отриманий на основі гідролізованих сколотин (табл.3.3) характеризується нещільним кисломолочним згустком, неоднорідною консистенцією, невираженим смаком та ароматом.

Таблиця 3.3

Показники якості кисломолочного напою

Показники	Характеристика				
	Доза ЗП, мг	3,0	3,0	3,0	3,0
Тривалість сквашування, хв	60	120	180	240	300
Титрована кислотність, °Т	78,0	78,0	77,0	81,0	86,0
Консистенція	Неоднорідна, згусток з порушеною структурою; з виділенням сироватки				
Колір	Білий з легким жовтим відтінком				
Запах	Слабковиражений кисломолочний, без сторонніх запахів				
Смак	Невиражений, із солодкуватим смаком; без сторонніх присмаків				

Низька здатність сколотин до утворення кисломолочного згустку при сквашуванні пояснюються невисоким вмістом в них сухих речовин 8,22%, які є головним чинником, що впливає на щільність кисломолочного згустку та консистенцію готового напою [4, 5].

Відповідно до ДСТУ 4343:2004 вміст знежирених сухих речовин у йогуртах повинен становити не менше 9,5% [6]. За рекомендаціями дослідників, для забезпечення зазначеного вмісту сухих речовин, що позитивно впливає на реологічні властивості кисломолочного згустку та готового продукту, раціональна концентрація сухих речовин у молочній основі для його виробництва повинна бути в межах 14...16% [7,8].

Збільшення масової частки сухих речовин в молочній основі недоцільно, оскільки призведе до ускладнення отримання згустків із однорідною щільною консистенцією. Це обумовлено підвищенням вмісту іонів кальцію в системі, після досягнення якими певної концентрації декальцинування під дією іонів водню припиняється, кисломолочний згусток не утворюється. В більш концентрованому середовищі молекули розчиненого субстрату перешкоджають руху молекул ферменту, тому висока концентрація сухих речовин в молочній суміші буде перешкоджати протіканню гідролізу лактози, знижуючи швидкість процесу [9, 10].

Для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин при виробництві кисломолочних напоїв, зокрема йогуртів, використовують сироватку суху

демінералізовану із ступенем демінералізації 90% та сухий концентрат молочних білків [11]. Однак, за результатами аналізу фізико-хімічних показників ССД (табл. 2.4) та лабораторних досліджень [12] визначено, що високий вміст лактози унеможлиблює її використання у виробництві низьколактозних молочних продуктів. Тому у подальших дослідженнях для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин використовували концентрат молочних білків (КМБ-85).

У роботі розрахунковим шляхом (п.2.1) визначено необхідну кількість КМБ-85 для нормалізації сколотин, розроблено модельні композиції молочних сумішей з підвищеним вмістом сухих речовин (табл. 3.4), фізико-хімічні показники яких наведено у табл. 3.5. Вміст сухих речовин в розроблених молочних сумішах складає 14,1 та 15,3%, що корелює з рекомендаціями попередніх дослідників [4, 13, 14].

Таблиця 3.4

Модельні композиції молочних сумішей з підвищеним вмістом сухих речовин

Сировина	Суміш 1	Суміш 2
Сколотини, %	93,5	92,0
Сухий концентрат молочного білку, %	6,5	8,0
Разом	100	100

Таблиця 3.5

Фізико-хімічні показники молочних сумішей на основі сколотин

Дослідний зразок	Кислотність		Масова частка золи, %	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка жиру, %	Масова частка лактози, %
	титрована, °Т	активна, од. рН				
Сколотини (контроль)	16,0±0,3	6,67±0,01	0,64±0,02	8,22±0,03	0,40±0,05	4,5±0,04
Суміш 1	30,0±0,3	6,53±0,01	0,4±0,01	14,1±0,02	0,48±0,04	4,53±0,04
Суміш 2	32,0±0,4	6,52±0,01	0,44±0,02	15,3±0,03	0,50±0,02	4,54±0,04

На наступному етапі проводили дослідження залежності зміни показників ефективності гідролізу лактози у молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин від дози внесення ферментного препарату за рекомендованими виробником температурою 40°C та тривалістю процесу 180 хв.

За сукупними даними доробок науковців [13, 14] відомо, що при виробництві низьколактозних молочних продуктів, зокрема кисломолочних напоїв, ефективність гідролізу лактози молочної основи повинна складати 70...75%. Це пояснюється тим, що у технології кисломолочних напоїв використовують заквашувальні препарати молочнокислих бактерій на основі штамів мікроорганізмів, які володіють β -галактозидазною активністю та при сквашуванні додатково зброджують 20-25% лактози. Тому, враховуючи вищезазначене та високу активність рекомендованої виробником дози ферментного препарату при проведенні експерименту, з метою економії дорогих ферментних препаратів та зниження собівартості готового продукту, вносили ферментний препарат β -галактозидази GODO-YNL2 в діапазоні 0,01...0,08%. Результати досліджень наведено на рис. 3.2.

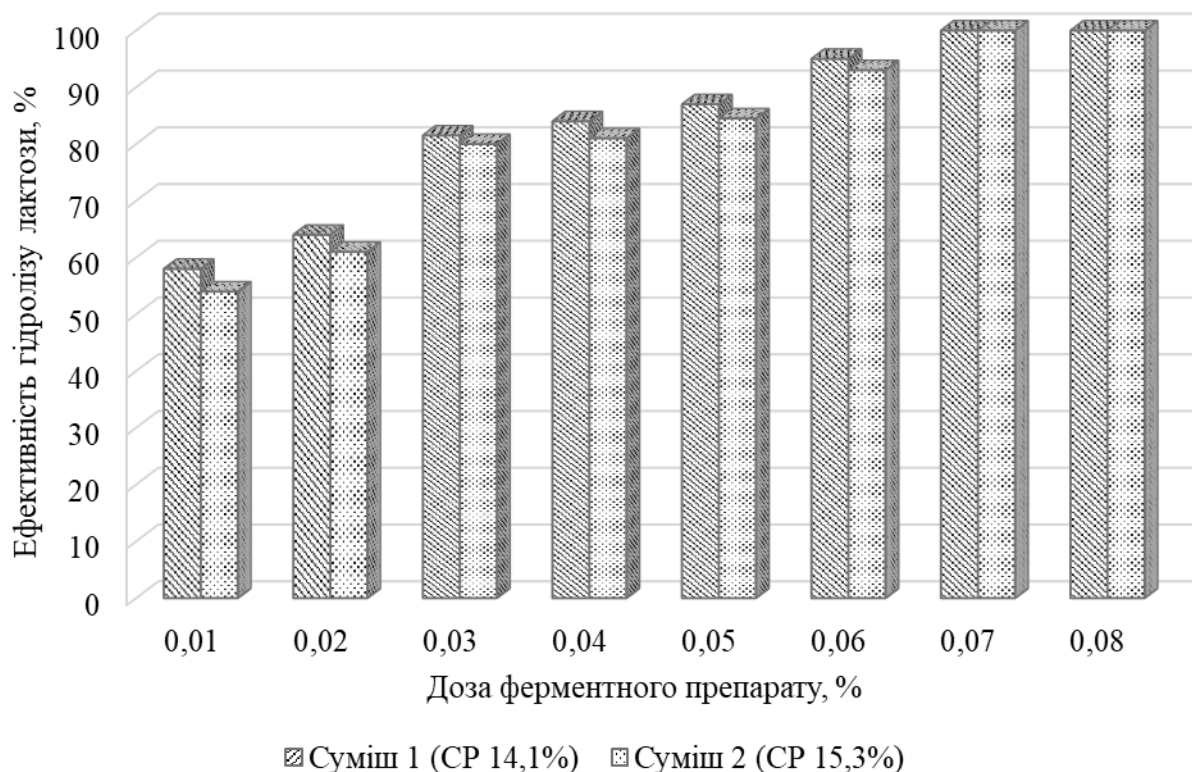


Рис. 3.2. Вплив різних концентрацій ферментного препарату GODO-YNL2 на ефективність гідролізу лактози в молочних сумішах

Як видно з даних рис.3.2, для максимального забезпечення встановлених показників ефективності гідролізу лактози в межах 70...75%, за умов спрямованого регулювання тривалості процесу, найбільш раціональними значеннями дози внесення ферментного препарату в молочних сумішах є 0,03-0,05%.

На рис.3.3 та 3.4 наведено результати досліджень ефективності гідролізу при визначених дозах внесення ферментного препарату від тривалості процесу гідролізу у молочних сумішах із вмістом сухих речовин 14,1% та 15,3%. Тривалість процесу при проведенні дослідження варіювали від 30 до 240 хв. з періодичністю відбору дослідних зразків - 30 хв.

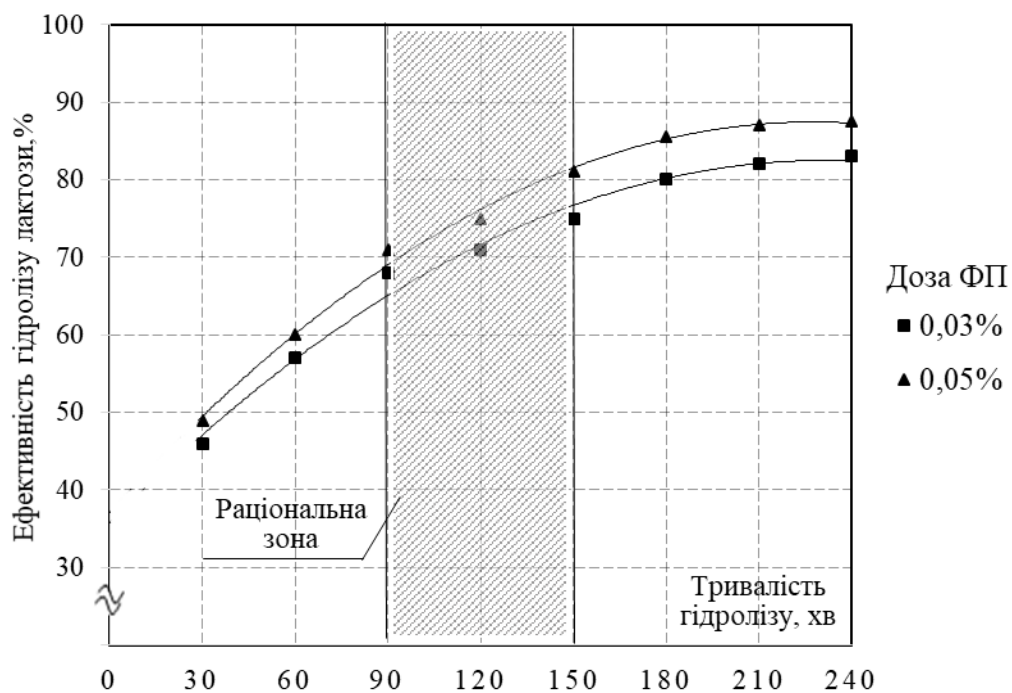


Рис. 3.3. Вплив тривалості на ефективність гідролізу лактози в молочній суміші із вмістом сухих речовин 14,1%

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.1 та 3.2:

$$\blacktriangle y = -0,572x^2 + 10,913x + 35,126 \quad (R^2 = 0,9973) \quad (3.1)$$

$$\blacksquare y = -0,6071x^2 + 11,393x + 29,393 \quad (R^2 = 0,9954) \quad (3.2)$$

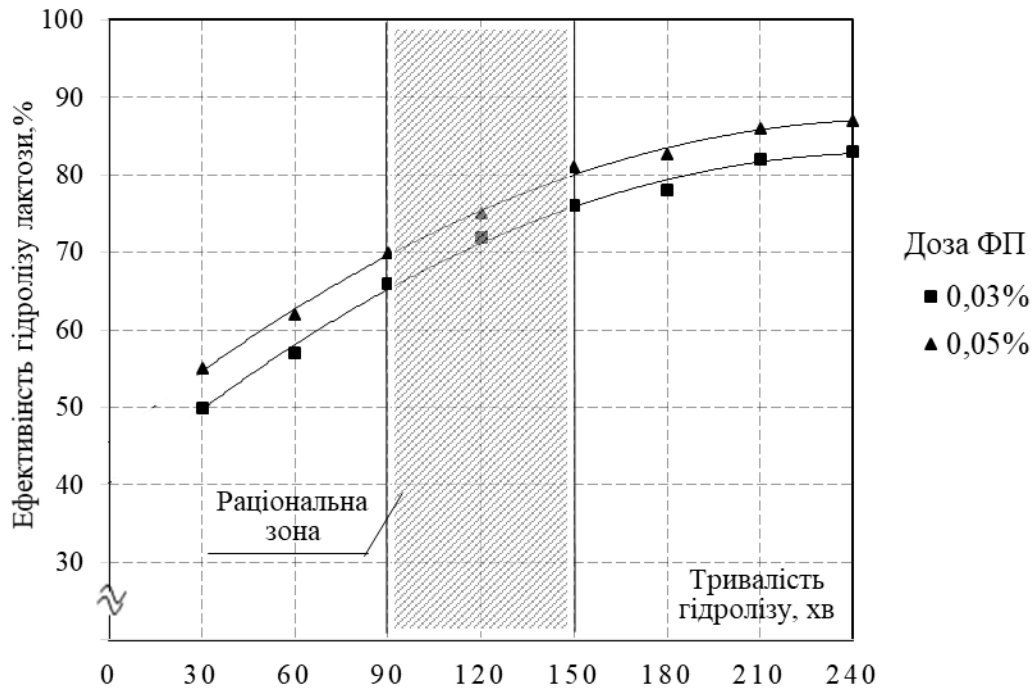


Рис. 3.4. Вплив тривалості на ефективність гідролізу лактози в молочній суміші із вмістом сухих речовин 15,3%

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.3 та 3.4:

$$\blacktriangle y = -0,572x^2 + 10,913x + 35,126 \quad (R^2 = 0,9973) \quad (3.3)$$

$$\blacksquare y = -0,6071x^2 + 11,393x + 29,393 \quad (R^2 = 0,9954) \quad (3.4)$$

Аналіз отриманих даних доводить, що для досягнення ефективності гідролізу лактози у межах 70...75% у молочних сумішах із вмістом сухих речовин 14,1% і 15,3% найбільш раціональними параметрами тривалості процесу є 120...150 хв. при внесенні дози ферментного препарату 0,03% та 90...120 хв. при внесенні дози 0,05%. Разом з тим, слід зазначити, що збільшення тривалості процесу до 180..240 хв. є недоцільним за наступними причинами: по-перше, це призводить до зниження темпів гідролізу, що обумовлене зменшенням вмісту лактози і збільшення концентрації продуктів її гідролізу – глюкози і галактози, які виступають інгібіторами β -галактозидази GODO-YNL2 [14], по-друге, веде до збільшення енерговитрат, що є небажаним.

Відомо [13, 14], що одним із чинників, який суттєво впливає на інтенсифікацію процесу гідролізу лактози є температура. Тому, в наступній серії експериментів досліджували вплив температури, з урахуванням визначеного виробником температурного оптимуму 20...55°C, на ефективність гідролізу лактози у молочних сумішах із підвищеним вмістом сухих речовин. Результати досліджень представлені на рис. 3.5. та 3.6.

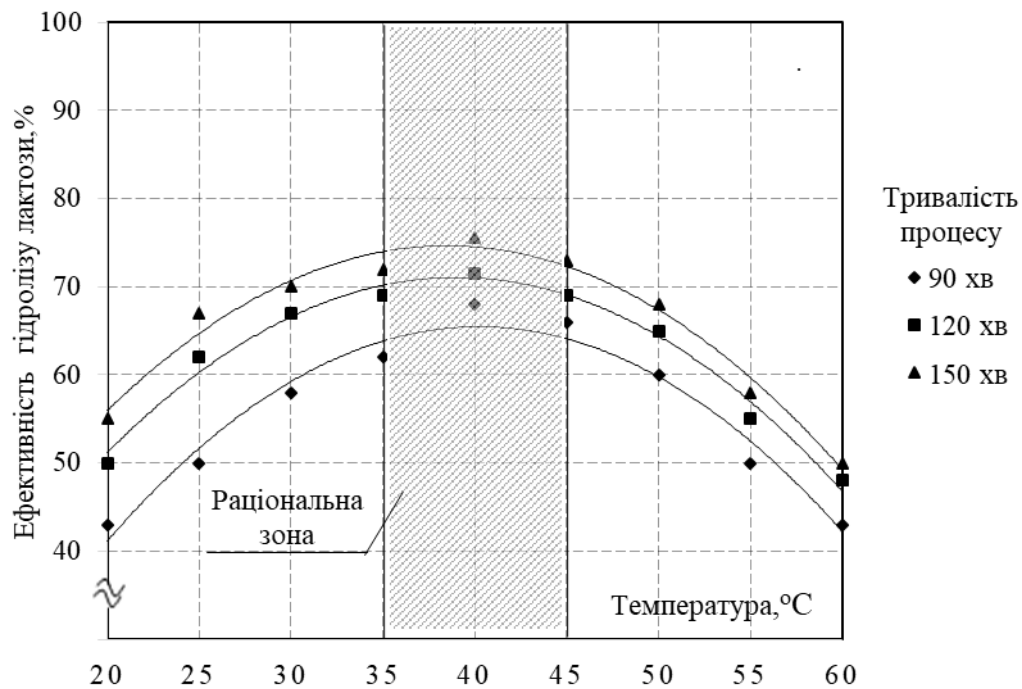


Рис. 3.5 (а). Кінетика гідролізу лактози в молочній суміші з підвищеним вмістом сухих речовин (СР 14,1%, доза ФП 0,03%)

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.5-3.7:

$$\blacklozenge \quad y = -1,4848x^2 + 14,982x + 27,667 \quad (R^2 = 0,9603) \quad (3.5)$$

$$\blacksquare \quad y = -1,3734x^2 + 13,184x + 39,405 \quad (R^2 = 0,9805) \quad (3.6)$$

$$\blacktriangle \quad y = -1,368x^2 + 12,846x + 44,476 \quad (R^2 = 0,975) \quad (3.7)$$

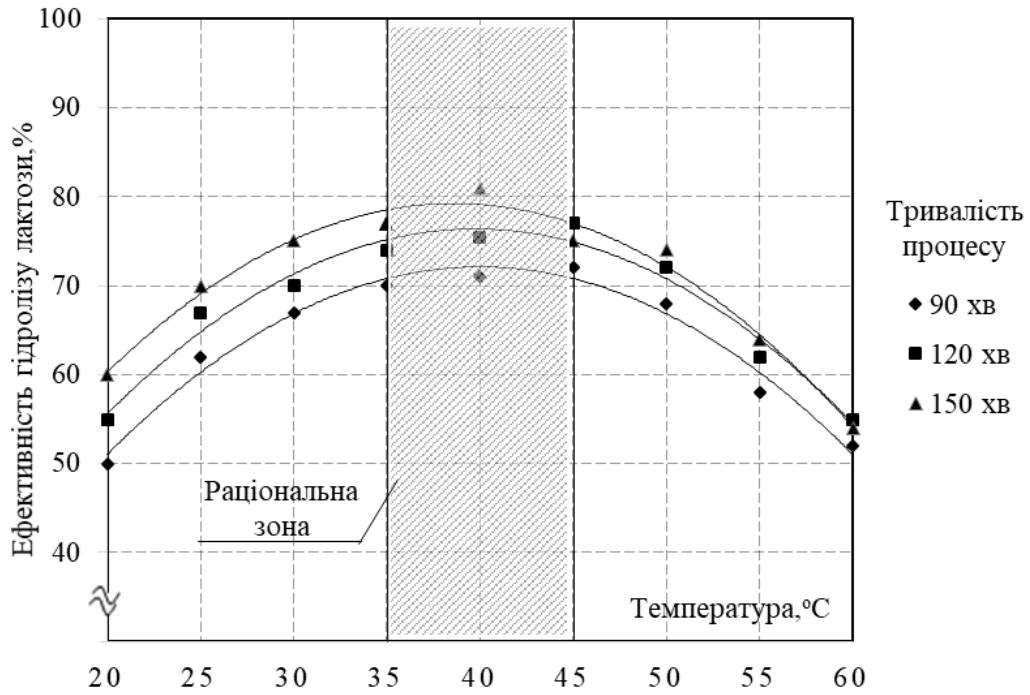


Рис. 3.5 (б). Кінетика гідролізу лактози в молочній суміші з підвищеним вмістом сухих речовин (СР 14,1%, доза ФП 0,05%)

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.8-3.10:

$$\blacklozenge \quad y = -1,3182x^2 + 13,182x + 39,167 \quad (R^2 = 0,9731) \quad (3.8)$$

$$\blacksquare \quad y = -1,3312x^2 + 13,178x + 43,762 \quad (R^2 = 0,9662) \quad (3.9)$$

$$\blacktriangle \quad y = -1,3701x^2 + 12,935x + 48,714 \quad (R^2 = 0,9768) \quad (3.10)$$

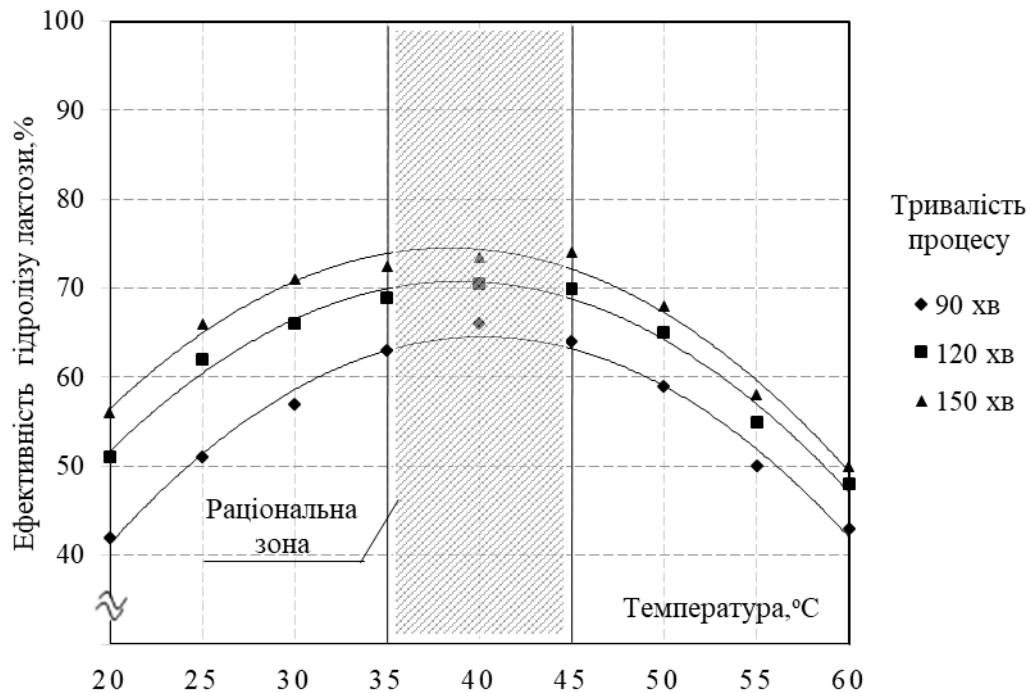


Рис. 3.6 (а). Кінетика гідролізу лактози в молочній суміші з підвищеним вмістом сухих речовин (СР 15,3%, доза ФП 0,03%)

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.11-3.13:

$$\blacklozenge y = -1,3382x^2 + 12,507x + 45,286 \quad (R^2 = 0,9816) \quad (3.11)$$

$$\blacksquare y = -1,4286x^2 + 14,386x + 28,31 \quad (R^2 = 0,9831) \quad (3.12)$$

$$\blacktriangle y = -1,3312x^2 + 12,745x + 40,262 \quad (R^2 = 0,981) \quad (3.13)$$

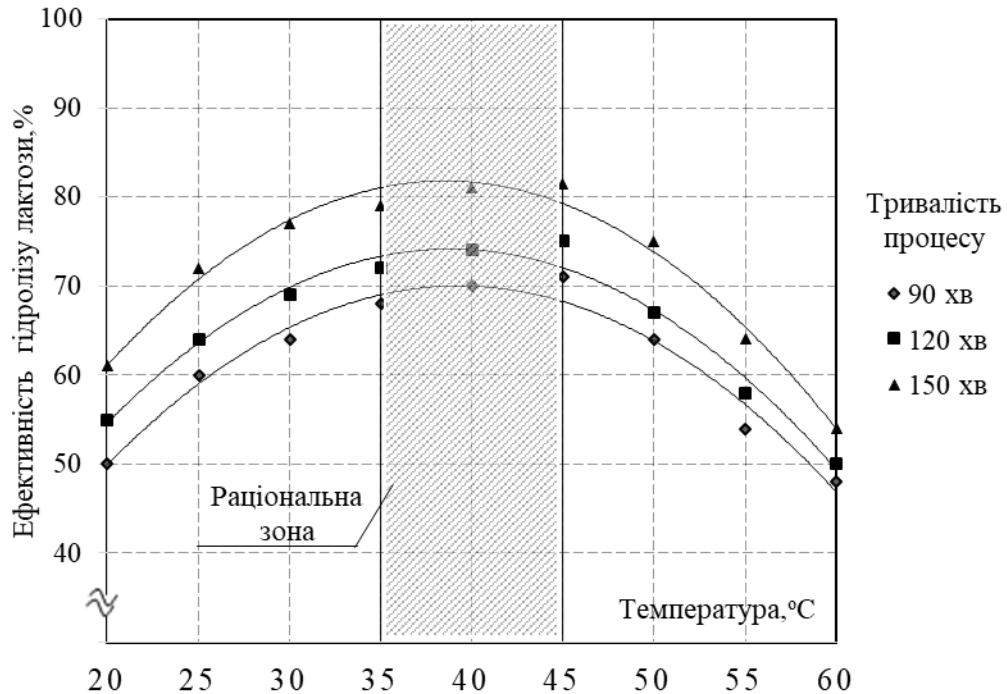


Рис. 3.6 (б). Кінетика гідролізу лактози в молочній суміші з підвищеним вмістом сухих речовин ті (СР 15,3%, доза ФП 0,05%)

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.14-3.16:

$$\blacklozenge y = -1,3777x^2 + 13,127x + 42,881 \quad (R^2 = 0,9761) \quad (3.14)$$

$$\blacksquare y = -1,507x^2 + 14,179x + 48,44 \quad (R^2 = 0,9807) \quad (3.15)$$

$$\blacktriangle y = -1,3474x^2 + 13,091x + 38,214 \quad (R^2 = 0,966) \quad (3.16)$$

Отримані результати свідчать, що ефективність гідролізу лактози на рівні 70...75 % у молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин спостерігається за температури 38...42°C при тривалості процесу 90...150 хв, після чого відбувається зниження темпу гідролізу лактози. Слід зазначити, що при температурному режимі понад 50°C активність ферментного препарату зменшується, що пояснюється його частковою тепловою денатурацією.

Структура ферментів як білкових речовин із властивостями біокатализаторів, і відповідно їх активність, залежать від кислотності середовища (рН) [15]. Лактаза дріжджового походження ферментного

препарату «GODO-YNL2» відноситься до гідролаз нейтральної дії з рекомендованим значенням рН середовища в межах 5,5...6,5. Відхилення рН у бік зменшення або збільшення призводить до інактивації ферменту [15, 16].

Дослідження впливу рН на активність ферментного препарату проводили за значеннями рН: 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0. Зміну рН скотин до 6,0 од. проводили додаванням щавлевої кислоти з еквівалентом концентрації 0,1 моль/дм³, рівень рН 7,0 од. створювали за допомогою розчину гідроксиду натрію з еквівалентною концентрацією 0,1 моль/дм³. Значення рН = 6,5 од. відповідало початковій активній кислотності молочних сумішей.

В молочні суміші із заданими значеннями рН вносили ферментний препарат у кількості 0,03% та 0,05%, витримували при 40±2°C протягом 120 хв. Результати досліджень наведені на рис. 3.7. та рис. 3.8.

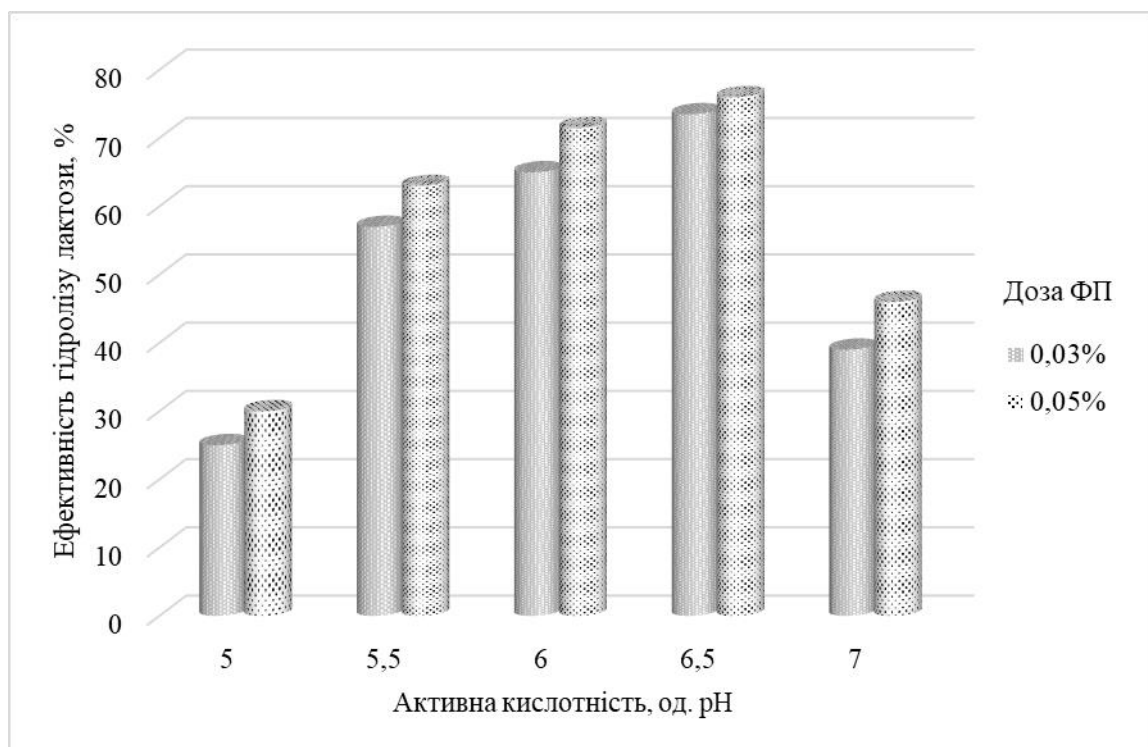


Рис. 3.7. Вплив активної кислотності на ефективність гідролізу лактози у молочній суміші із вмістом СР 14,1%

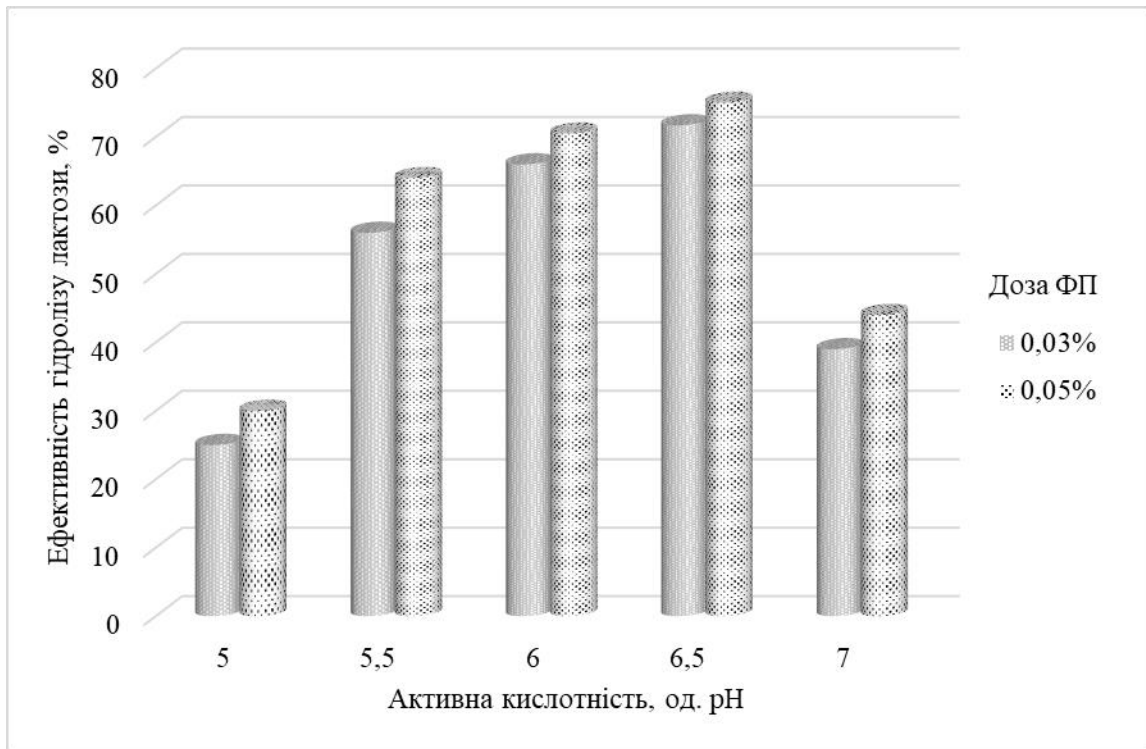


Рис. 3.8. Вплив активної кислотності на ефективність гідролізу лактози у молочній суміші із вмістом СР 15,3%

Як видно з даних рис. 3.7 та 3.8, значеннями рН, що забезпечують гідроліз лактози в межах 70...75% є 6,0...6,5 од.. При значенні рН нижче 6,0 та більше 7,0 спостерігається зменшення ефективності гідролізу лактози.

Враховуючи білкову природу β -галактозидази, зміну її активності під впливом іонів H^+ та OH^- можна пояснити наявністю в молекулі білку $COOH$ та NH_2 - груп, які характеризуються здатністю до іонізації, ступінь якої залежить від рН середовища. Як наслідок, ці групи безпосередньо впливають на активний центр ферменту та на утворення ферментно-субстратного комплексу. Зміна концентрації водневих іонів від оптимальної призводить до суттєвих, але зворотних порушень конформації білкової структури ферменту, зміни вторинної та третинної структури білка, що в свою чергу спричиняє просторові зміни в зоні активного центру, який бере участь в реакції з лактозою [16, 17].

Для визначення залишкового вмісту лактози досліджено вуглеводний склад гідролізованих сколотин з підвищеним вмістом сухих речовин (табл. 3.6.)

**Вуглеводний склад молочних сумішей основі сколотин з підвищеним
вмістом сухих речовин (n=5, P≤0,05)**

Дослідний зразок	Масова частка лактози початкова, %	Масова частка лактози після гідролізу, %	Масова частка глюкози, %	Масова частка галактози, %	Ефективність гідролізу лактози, %
Суміш 1	4,53	1,34	1,72	1,47	71,0
Суміш 2	4,54	1,21	1,69	1,40	73,4

Отримані результати (табл. 3.6) дозволяють зробити висновок, що визначені параметри процесу гідролізу лактози забезпечують його ефективність на необхідному рівні 70...75%. Таким чином, за сукупністю проведених експериментальних досліджень визначено раціональні параметри процесу гідролізу лактози у молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин: доза ферментного препарату – 0,03...0,05%, температура гідролізу 40±2°C, тривалість – 90...150 хв. , рН – 6,0...6,5 од.

3.3. Дослідження процесу сквашування сколотин з гідролізованою лактозою

На основі аналізу ринку заквашувальних препаратів, доробок праць вітчизняних та закордонних вчених (п.1.4), для виробництва низьколактозних кисломолочних напоїв обрано заквашувальний препарат прямого внесення для йогурту YC-X11 (виробник Chr. Hansen, Данія).

Рекомендовані виробником параметри сквашування з використанням заквашувального препарату прямого внесення YC-X11 визначені для незбираного молока, як вихідної сировини при виробництві йогуртів. Тому, з метою обґрунтування умов дії заквашувального препарату YC-X11 в іншій молочній системі досліджено вплив дози його внесення на показники якості низьколактозного йогурту на основі сколотин (рис. 3.9, 3.10 та табл. 3.7).

Сквашування молочних сумішей на основі сколотин із вмістом сухих речовин 14,1% та 15,3% проводили у термостаті при температурі $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Дозу внесення заквашувального препарату варіювали у межах 2,2...3,0 мг/100 г, тривалість сквашування – 30...300 хв. з періодичністю відбору проб 30 хв.

Ефективність дії заквашувального препарату оцінювали за фізико-хімічними та органолептичними показниками утворених кисломолочних згустків, враховуючи, що відповідно до ДСТУ 4343:2004 [6] нормована титрована кислотність для йогуртів становить 80...140 °Т.

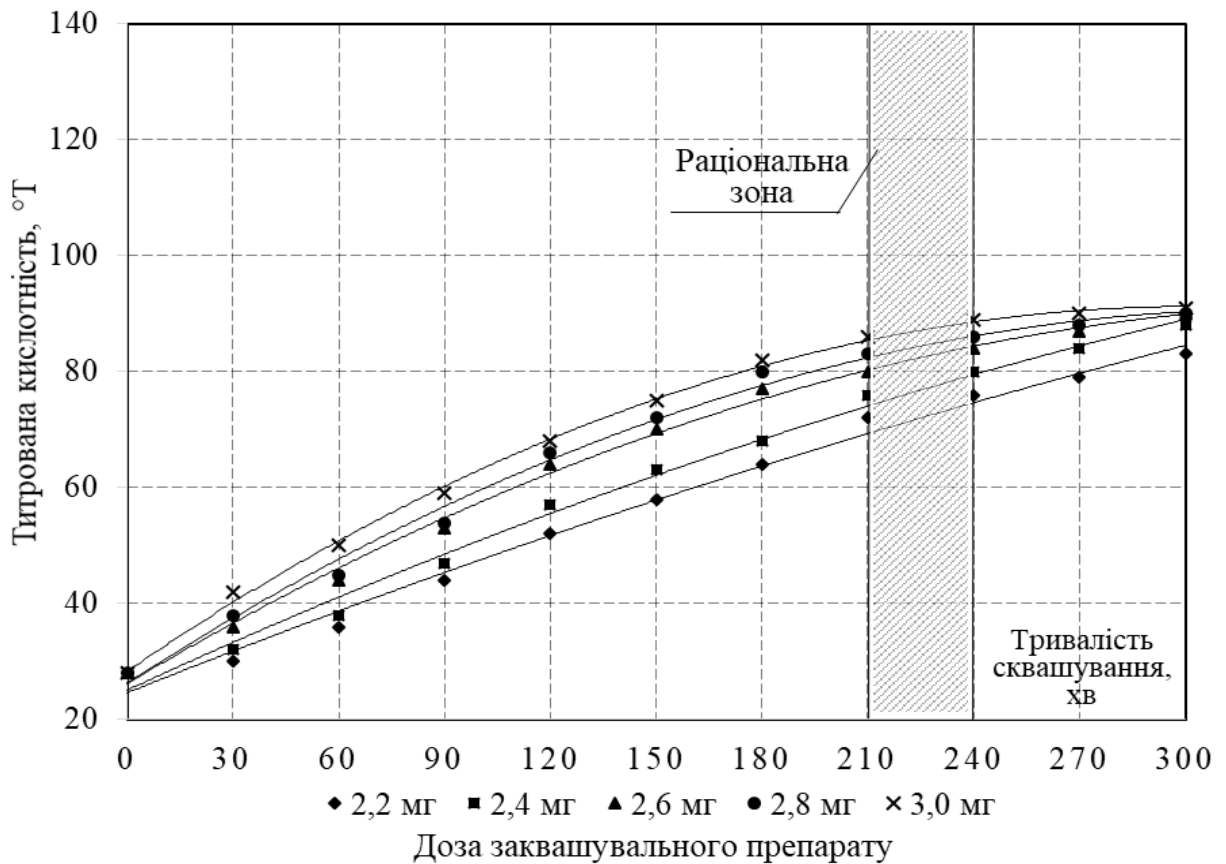


Рис 3.9. Вплив дози заквашувального препарату на тривалість сквашування молочної суміші 1 (СР 14,1%)

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.17-3.21:

$$\blacklozenge y = -0,1317x^2 + 7,5713x + 17,176 \quad (R^2 = 0,9910) \quad (3.17)$$

$$\blacksquare y = -0,204x^2 + 8,8385x + 16,442 \quad (R^2 = 0,9933) \quad (3.18)$$

$$\blacktriangle y = -0,451x^2 + 11,785x + 14,855 \quad (R^2 = 0,9962) \quad (3.19)$$

$$\bullet y = -0,5373x^2 + 12,857x + 13,939 \quad (R^2 = 0,9945) \quad (3.20)$$

$$\times y = -0,62x^2 + 13,731x + 15,224 \quad (R^2 = 0,9984) \quad (3.21)$$

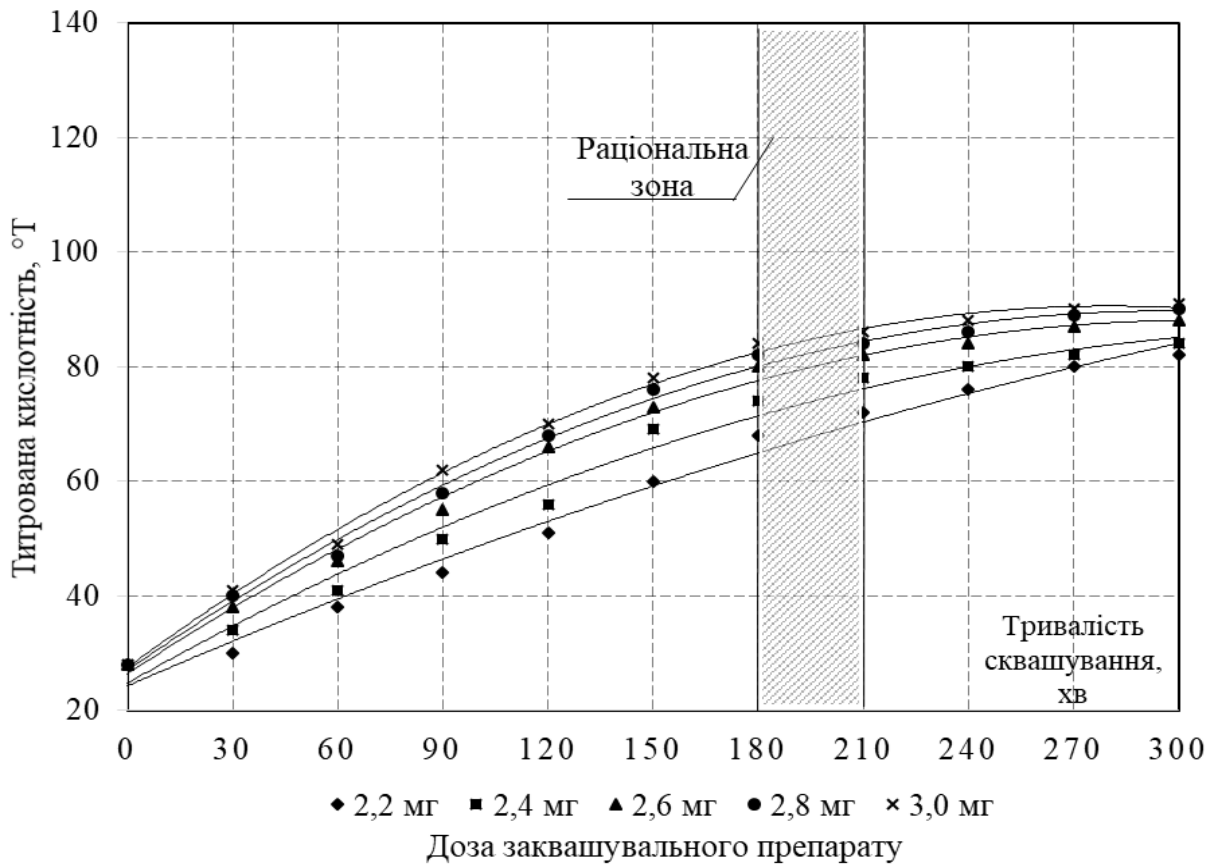


Рис 3.10. Вплив дози заквашувального препарату на тривалість сквашування молочної суміші (СР 15,3%)

Отримані дані описані рівняннями регресії 3.22-3.26:

$$\diamond y = -0,1317x^2 + 7,5713x + 17,176 \quad (R^2 = 0,991) \quad (3.22)$$

$$\blacksquare y = -0,204x^2 + 8,8385x + 16,442 \quad (R^2 = 0,9933) \quad (3.23)$$

$$\blacktriangle y = -0,451x^2 + 11,785x + 14,855 \quad (R^2 = 0,9962) \quad (3.24)$$

$$\bullet y = -0,5373x^2 + 12,857x + 13,939 \quad (R^2 = 0,9945) \quad (3.25)$$

$$\times y = -0,62x^2 + 13,731x + 15,224 \quad (R^2 = 0,9984) \quad (3.26)$$

Результати досліджень (рис. 3.9, 3.10, табл. 3.7) свідчать, що утворення кисломолочного згустку із заданими органолептичними властивостями та нормованою титрованою кислотністю в межах 80...140°Т досягається за наступних раціональних параметрів: для молочної суміші із вмістом СР 14,1% – доза заквашувального препарату 2,6...2,8 мг/100 г; тривалість процесу – 210...240 хв; для молочної суміші із вмістом СР 15,3% – доза заквашувального препарату 2,6...2,8 мг/100 г; тривалість процесу – 180...210 хв.

Показники якості молочних сумішей з гідролізованою лактозою після сквашування

Показники	Молочні суміші на основі сколотин нормалізовані КМБ									
	Суміш 1					Суміш 2				
Доза ЗП, мг	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Титрована кислотність, °Т	80,0		82,0	83,0	84,0	80,0		81,0	83,0	85,0
Консистенція	Неоднорідна, з порушеним згустком; незначне виділення сироватки		Однорідна, ніжна, з непорушеним згустком, в міру щільна			Неоднорідна, з порушеним згустком; незначне виділення сироватки		Однорідна, ніжна, з непорушеним згустком, в міру щільна		
Колір	Молочно-білий з жовтуватим відтінком									
Запах	Чистий, характерний для кисломолочних напоїв; без сторонніх ароматів та запахів									
Смак	Характерний кисломолочний, з приємних солодкуватим маком; без сторонніх присмаків;									

При внесенні менших доз заквашувального препарату відбувається зниження інтенсивності процесу згусткоутворення та збільшення тривалості сквашування, що призводить до зайвих енерговитрат, які є небажаними. Внесення дози заквашувального препарату 3 мг/100 г істотно не впливає на зміну показників, що характеризують якість розробленого продукту, але впливає на підвищення його собівартості.

Відомо, що штами молочнокислих бактерій у складі заквашувального препарату YC-X11 є хемоорганотрофними мікроорганізмами [18, 19]. Це означає, що вони отримують енергію, окислюючи органічні речовини. В нашому випадку молочнокислі бактерії окислюють лактозу, перетворюючи її на глюкозу та галактозу. Глюкоза та галактоза слугують субстратом для синтезу молочної кислоти. Температура впливає на активність молочних бактерій, швидкість їх метаболізму. При більш високих температурах ферменти, що беруть участь у метаболізмі молочних бактерій, працюють швидше, виробляють більше молочної кислоти за одиницю часу і, як наслідок, прискорюється процес утворення кисломолочного згустку.

Тому, враховуючи вищенаведене, в наступній серії експериментів досліджували вплив температури сквашування на активність заквашувального препарату у молочних сумішах з підвищеним вмістом сухих речовин (рис. 3.11, 3.12). Дослідження проводили з варіюванням температури у межах 15...55°C, дози внесення заквашувального препарату – 2,6...2,8 мг, тривалості процесу – 210 хв.

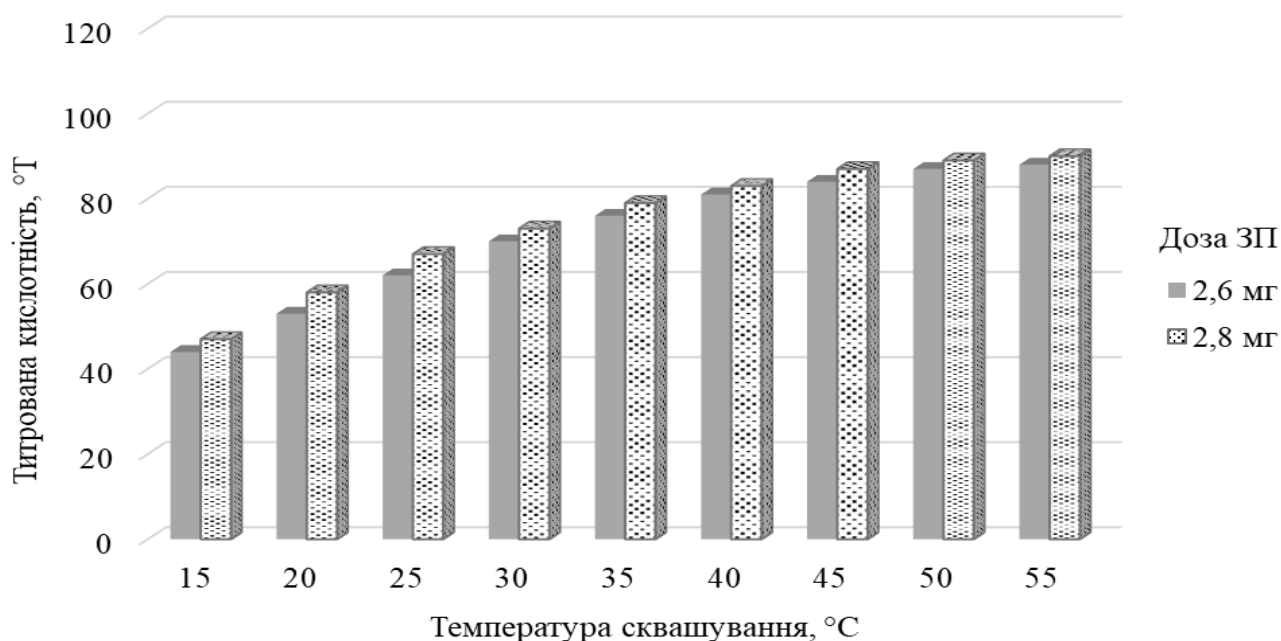


Рис 3.11. Вплив температури на активність заквашувального препарату у молочній суміші 1 (СР 14,1%)

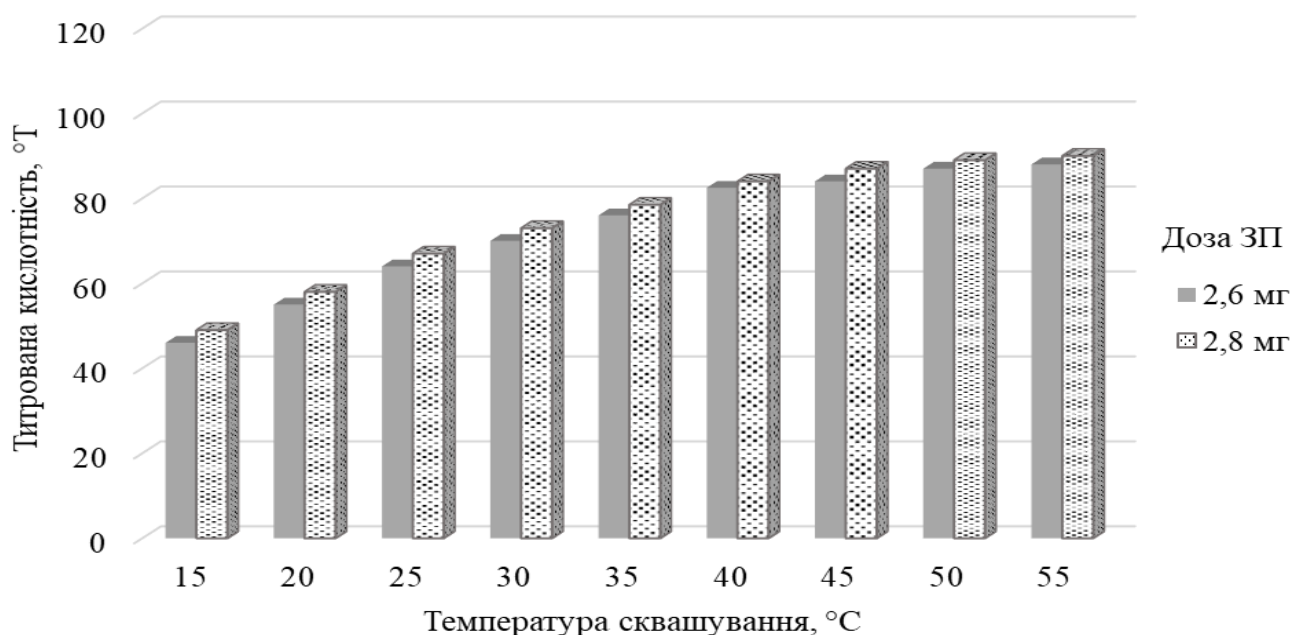


Рис 3.12. Вплив температури на активність заквашувального препарату у молочній суміші 2 (СР 15,3%)

Отримані результати (рис. 3.11., 3.12) довели, що найбільшу ефективність заквашувальний препарат проявляє в діапазоні температур 40...45°C. При більш низьких температурах процес сквашування та утворення згустку відбувається повільніше, що пояснюється низькою активністю молочнокислих бактерій *Lactobacillus bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus* за вказаних температур. При підвищенні температури більше 45°C спостерігається зниження ефективності заквашувального препарату через інактивацію молочнокислих бактерій при дії високих температур.

Отже, найбільш раціональними параметрами процесу сквашування молочних сумішей із підвищеним вмістом сухих речовин, які забезпечують утворення кисломолочного згустку із заданими органолептичними властивостями, нормованою титрованою кислотністю в межах 80...140°Т та знижують енерговитрати є температура сквашування – 40...45°C, доза заквашувального препарату 2,6...2,8 мг/100 г, тривалість процесу: для молочної суміші із вмістом сухих речовин 14,1% – 180...210 хв, для молочної суміші із вмістом сухих речовин 15,3% – 210...240 хв.

Консистенція – один з найважливіших показників споживних властивостей низьколактозних кисломолочних напоїв, зокрема йогуртів. Вона формується протягом технологічного процесу та залежить від багатьох факторів, зокрема властивостей молочної основи, дози ферментного та заквашувального препаратів, параметрів виробництва [19-22].

На рис. 3.13 та 3.14 наведені результати дослідження впливу дози заквашувального препарату та тривалості сквашування молочних сумішей з різним вмістом сухих речовин на реологічні властивості низьколактозного йогурту.

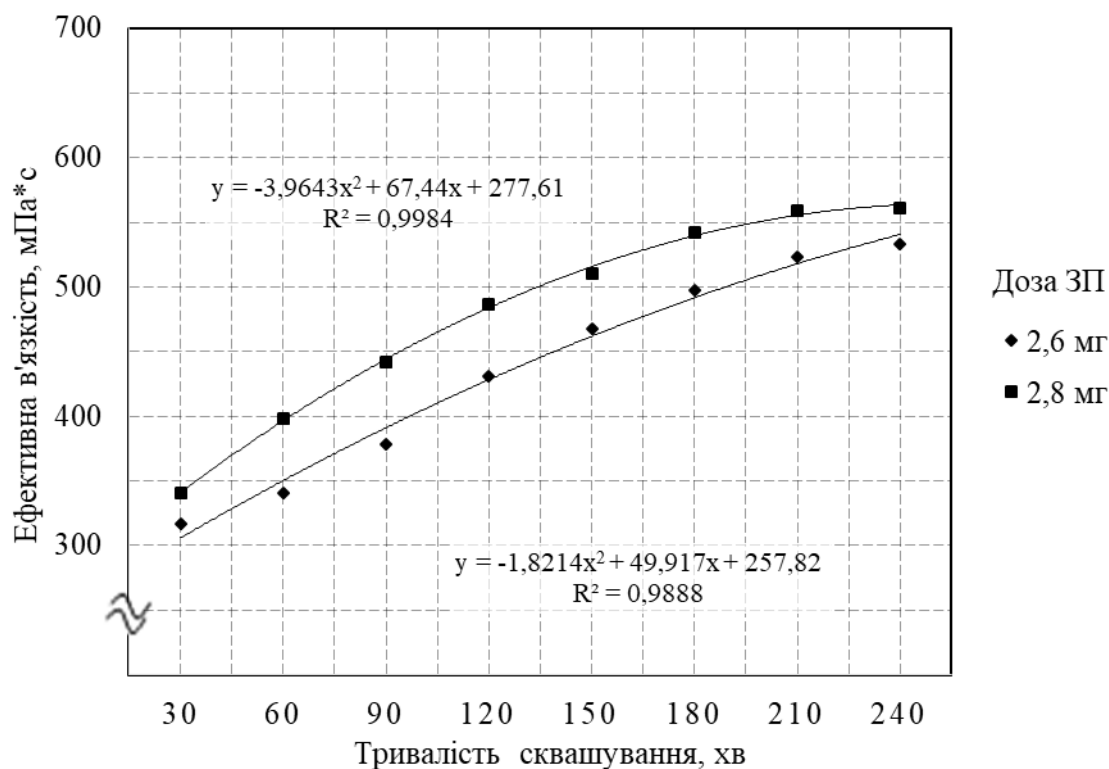


Рис. 3.13. Динаміка зміни ефективної в'язкості при сквашуванні молочної суміші із вмістом сухих речовин 14,1%

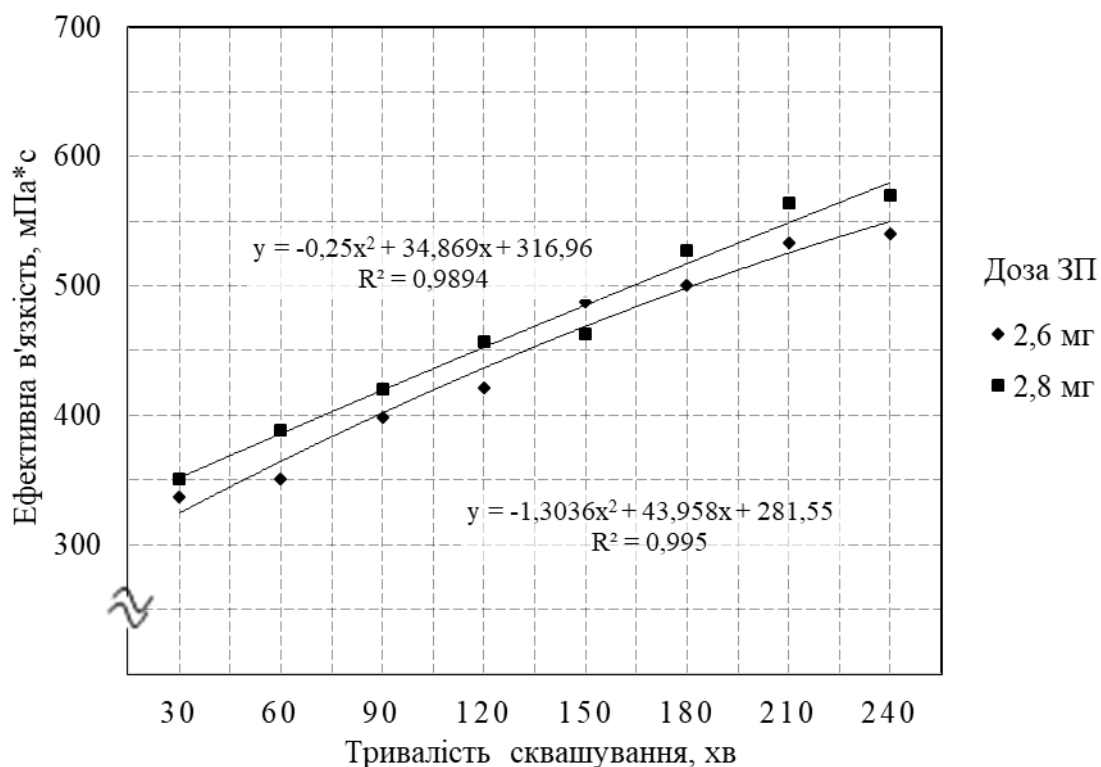


Рис. 3.14. Динаміка зміни ефективної в'язкості при сквашуванні молочної суміші із вмістом сухих речовин 15,3%

Наведені результати досліджень (рис. 3.13, 3.14) свідчать про те, що при збільшенні тривалості сквашування відбувається підвищення в'язкості дослідних зразків. Це пояснюється тим, що компоненти молочної суміші, такі як білки та лактоза, беруть участь в утворенні кисломолочного згустку. Молочнокислі бактерії, що входять до складу заквашувального препарату, перетворюють лактозу на глюкозу та галактозу, які слугують субстратом біохімічних реакцій, в результаті яких утворюється молочна кислота [23]. Молочна кислота призводить до коагуляції білків з подальшим формуванням кисломолочного згустку [24].

Так, при внесенні доз заквашувального препарату 2,6...2,8 мг/100г та тривалості сквашування 180...210 хв. молочної суміші із вмістом сухих речовин 14,1% в'язкість готового продукту становила 523...559 мПа*с, а для молочної суміші із вмістом сухих речовин 15,3% - 560...564 мПа*с відповідно. Отриманий низьколактозний йогурт характеризується стабільною структурою та напіврідкою консистенцією. Це добре корелює з даними попередніх дослідників щодо реологічних властивостей питних йогуртів [25-27].

При подальшому протіканні процесу сквашування впродовж 210...240 хв. у дослідних зразках спостерігається несуттєва зміна показників в'язкості, при цьому консистенція йогурту зберігається однорідною, напіврідкою, без виділення сироватки.

Для визначення відповідності отриманих продуктів після сквашування вимогам, що висуваються до низьколактозної продукції, визначено їх вуглеводний склад (рис. 3.15).

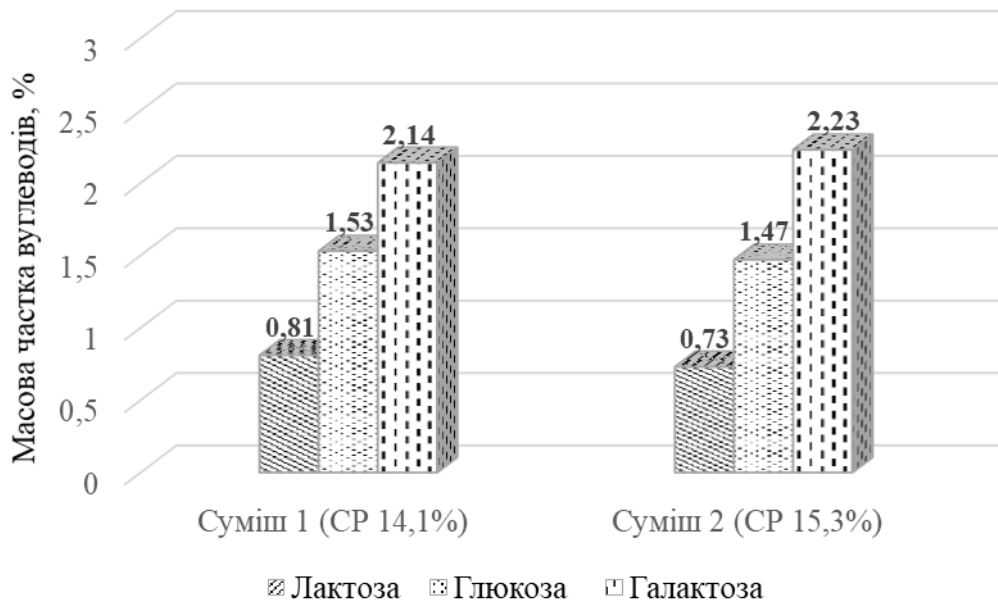


Рис. 3.15. Вуглеводний склад сквашених молочних сумішей із гідролізованою лактозою

Результати проведених досліджень (рис 3.15.) доводять, що в отриманих молочних сумішах із вмістом сухих речовин 14,1% та 15,3% після сквашування вміст лактози складає менше 1% - це відповідає рекомендаціям щодо її вмісту у низьколактозних молочних продуктах. Завдяки накопиченню глюкози і галактози, індекси солодкості яких у 5-6 разів більші ніж лактози, низьколактозний йогурт на основі склотин має приємний солодкий смак, що дає можливість не використовувати цукор у його рецептурі і рекомендувати продукт для низькокалорійних раціонів.

Для проведення подальших досліджень та розроблення технології низьколактозного йогурту в якості молочної основи обрано молочну суміш із вмістом сухих речовин 15,3%, оскільки вона характеризується меншим вмістом залишкової лактози, а також більший вміст сухих речовин у визначеній молочній основі уможлиблює отримання готового низьколактозного кисломолочного напою із стабільною структурою та консистенцією.

3.4. Оптимізація процесу сквашування сколотин з підвищеним вмістом сухих речовин та гідролізованою лактозою

З метою визначення оптимальних параметрів сквашування сколотин з підвищеним вмістом сухих речовин та гідролізованою лактозою, за якої продукт набуває відповідних фізико-хімічних та структурно-механічних показників, проведено оптимізацію процесу.

Планування експерименту було виконано за ортогональним симетричним планом Бокса-Бенкіна. Фактори експерименту підбирали на верхньому («+») та нижньому («-») рівнях на основі результатів попередніх досліджень. Було використано повний трьохфакторний експеримент. Процес сквашування сколотин характеризується наступними параметрами:

x_1 – доза заквашувального препарату, мг;

x_2 – тривалість сквашування, t·60с;

x_3 – температура сквашування, °С;

В якості функцій відклику прийнято:

Y_1 – титрована кислотність, °Т;

Y_2 – ефективна в'язкість, мПа·с.

В таблиці 3.8. наведено умови проведення повного трьохфакторного експерименту з оптимізації процесу сквашування сколотин з підвищеним вмістом сухих речовин та гідролізованою лактозою.

Таблиця 3.8

Рівні та інтервали факторів варіювання

Рівні	Фактори		
	доза ЗП, мг	тривалість сквашування, t·60с	температура сквашування, °С
	x_1	x_2	x_3
Основний (x_{i0})	2,7	195	40
Інтервал варіювання (Δx_i)	0,1	15	5
Нижній ($x_{i\min}$)	2,6	180	35
Верхній ($x_{i\max}$)	2,8	210	45

В табл.3.9 наведено матрицю планування експерименту.

Матриця планування експерименту

j	Значення фактору						
	натуральні			кодовані			
	доза ЗП, мг	тривалість сквашування, t·60с	температура сквашування, °С	x0	x1	x2	x3
1	2,6	180	35	1	-1	-1	-1
2	2,8	180	35	1	1	-1	-1
3	2,6	210	35	1	-1	1	-1
4	2,8	210	35	1	1	1	-1
5	2,6	180	45	1	-1	-1	1
6	2,8	180	45	1	1	-1	1
7	2,6	210	45	1	-1	1	1
8	2,8	210	45	1	1	1	1
9	2,6	195	40	1	-1,21532	0	0
10	2,8	195	40	1	1,215319	0	0
11	2,7	176,8	40	1	0	-1,2153189	0
12	2,7	213,2	40	1	0	1,21531889	0
13	2,7	195	33,9	1	0	0	-1,2153189
14	2,7	195	46,1	1	0	0	1,2153189
15	2,7	195	40	1	0	0	0
$\sum_{U=1}^N x_{iU}^2$				15	10,954	10,954	10,954

Математична модель поверхні відклику має вигляд:

$$\bar{Y}_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1x_2x_3 + b_8(x_1^2 - \lambda_2) + b_9(x_2^2 - \lambda_2) + b_{10}(x_3^2 - \lambda_2) \quad (3.27)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}$ – коефіцієнти поліному.

$$b_i = \frac{\sum_{U=1}^N x_{iU} Y_U}{\sum_{U=1}^N x_{iU}^2} \quad (3.28)$$

Після знаходження коефіцієнтів поліному, знаходиться математична модель поверхні відклику у відносних змінних.

Відносні змінні перетворюються на натуральні за формулою:

$$\tilde{x} = \frac{X_i - x_{i0}}{\Delta x_i} \quad (3.29)$$

Для оцінки адекватності регресії використано критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_e^2} \leq F_{0,95}^{табл}(13;3) \quad (3.30)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

S_e^2 – дисперсія повторюваності;

$F_{0,95(7;5)}^{\text{табл}}$ – табличне значення F-розподілу, $F_{0,95(13;3)}^{\text{табл}} = 8,7286812$

Нами було проведено дослідження по визначенню титрованої кислотності повного ряду модельних зразків. Результати експерименту представлено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Результати експерименту по визначенню титрованої кислотності, °Т

j	Фактори			Y _{1;1}	Y _{1;2}	Y _{1;3}	Y _{1;сеп}
	x ₁	x ₂	x ₃				
1	-1	-1	-1	76	72	73	74
2	1	-1	-1	81	80	80	80
3	-1	1	-1	80	76	73	76
4	1	1	-1	78	82	80	80
5	-1	-1	1	81	80	79	80
6	1	-1	1	88	84	84	85
7	-1	1	1	82	78	85	82
8	1	1	1	85	91	84	87
9	-1,21532	0	0	84	79	77	80
10	1,215319	0	0	82	88	83	84
11	0	-1,2153189	0	81	85	80	82
12	0	1,21531889	0	87	89	82	86
13	0	0	-1,2153189	76	76	81	78
14	0	0	1,2153189	83	87	89	86
15	0	0	0	85	87	85	86

Після розрахунків та перетворень в натуральних змінних поліном має вигляд:

$$Y_1 = -2779,5492 + 1487,0800x_1 + 6,8271x_2 + 30,4594x_3 - 2,0556x_1x_2 - 8,6667x_1x_3 - 0,1189x_2x_3 + 0,0444x_1x_2x_3 - 196,7726x_1^2 - 0,0032x_2^2 - 0,0832x_3^2 \quad (3.31)$$

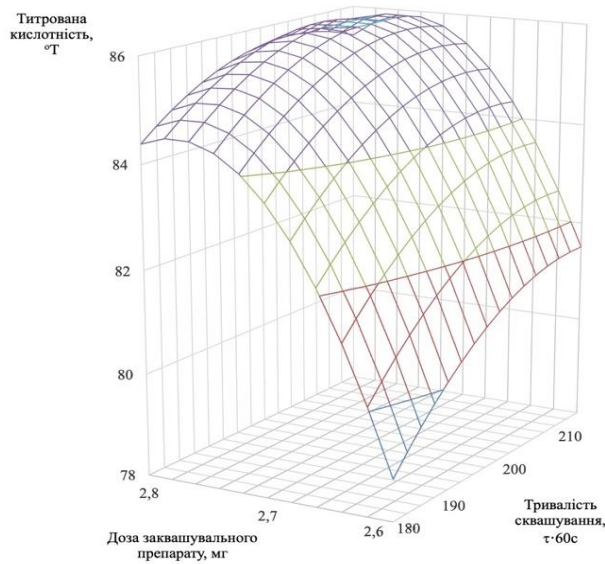


Рисунок 3.16. Залежність титрованої кислотності від дози заквашувального препарату та тривалості сквашування при температурі 40°C

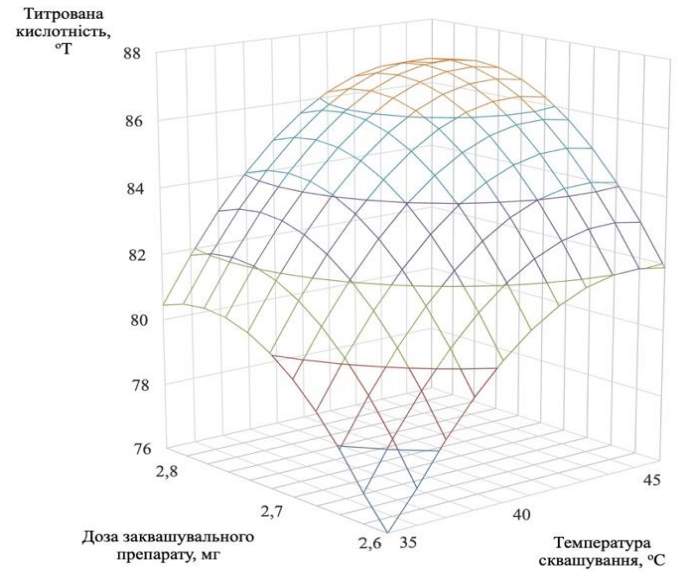


Рисунок 3.17. Залежність титрованої кислотності від дози заквашувального препарату та температури сквашування при тривалості 195.60с

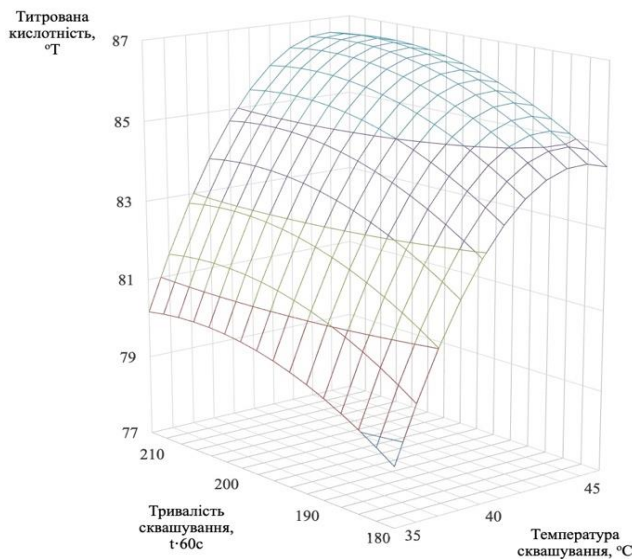


Рисунок 3.18. Залежність титрованої кислотності від тривалості та температури сквашування при дозі заквашувального препарату 2,7мг

Поверхні відклику титрованої кислотності від дози заквашувального препарату, тривалості та температури сквашування, наведено на рис. 3.16-3.18. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

Розрахунок критерію Фішера наведено в додатку Б1.

Критерій Фішера для отриманої математичної моделі $F = 0,00935 \leq 8,72868$, що свідчить про адекватність отриманої регресії.

Результати дослідження по визначенню в'язкості повного ряду модельних зразків наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Результати експерименту по визначенню в'язкості, мПа·с

j	Фактори			Y _{2;1}	Y _{2;2}	Y _{2;3}	Y _{2;сеп}
	x ₁	x ₂	x ₃				
1	-1	-1	-1	472	491	468	477
2	1	-1	-1	516	483	515	505
3	-1	1	-1	454	520	487	487
4	1	1	-1	561	528	537	542
5	-1	-1	1	578	519	509	535
6	1	-1	1	577	514	572	554
7	-1	1	1	626	524	588	579
8	1	1	1	582	526	537	548
9	-1,21532	0	0	557	548	527	544
10	1,215319	0	0	597	583	541	574
11	0	-1,2153189	0	519	506	526	517
12	0	1,21531889	0	551	571	538	553
13	0	0	-1,2153189	512	529	529	523
14	0	0	1,2153189	546	542	609	566
15	0	0	0	517	587	575	560

В натуральних змінних поліном має вигляд:

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & 17771,3350 - 7333,6881x_1 - 100,7239x_2 - 568,1582x_3 + 49,6667x_1x_2 + \\
 & 227,6667x_1x_3 + 3,4644x_2x_3 - 1,2889x_1x_2x_3 - \\
 & 242,0775x_1^2 - 0,0820x_2^2 - 0,4849x_3^2
 \end{aligned} \quad (3.32)$$

Розрахунок критерію Фішера для даної регресії наведено в додатку Б2.

Критерій Фішера для отриманої математичної моделі – $F = 0,00417 \leq 8,72868$, що свідчить про адекватність отриманої регресії.

Поверхні відклику в'язкості згустку (мПа·с) від дози заквашувального препарату, тривалості та температури сквашування, наведено на рис. 3.19-3.21.

Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

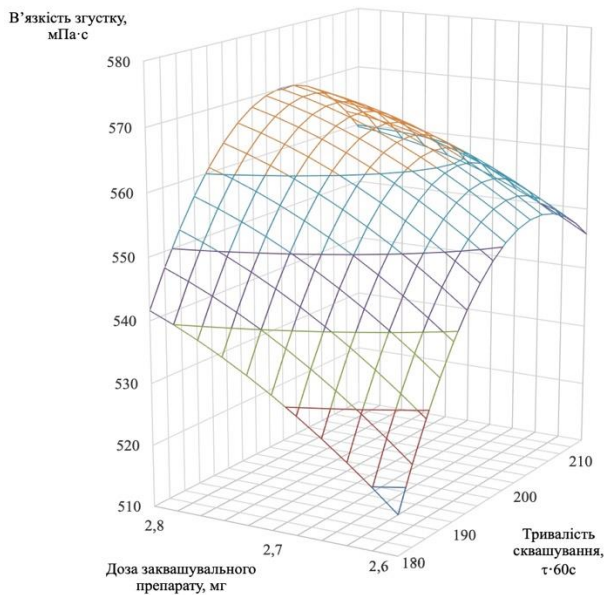


Рис. 3.19. Залежність в'язкості від дози заквашувального препарату та тривалості сквашування при температурі 40°C

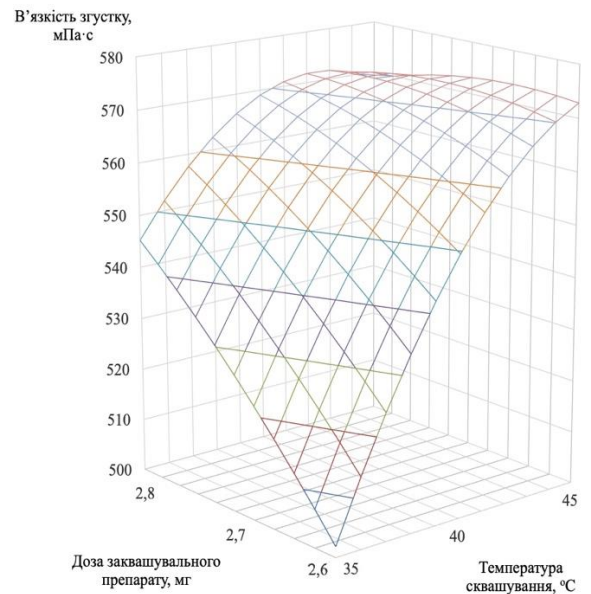


Рис. 3.20. Залежність в'язкості від дози заквашувального препарату та температури сквашування при тривалості 195·60с

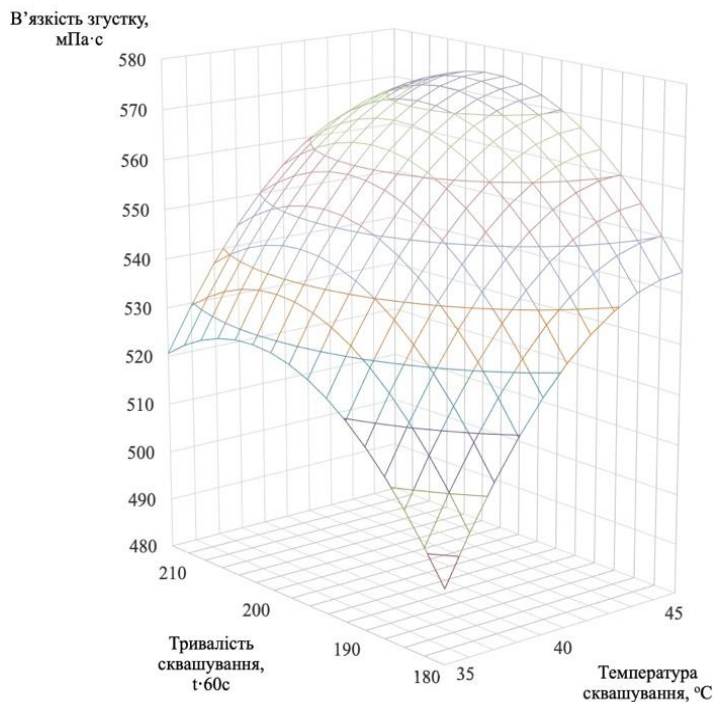


Рис. 3.21. Залежність в'язкості від тривалості та температури сквашування при дозі заквашувального препарату 2,7мг

Для математичного обґрунтування оптимальних параметрів процесу сквашування використовували спосіб рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів. Для рішення поставленої задачі нами була використана надбудова «Пошук рішень» пакету MS Excel.

Метод полягає в обранні цільової функції лімітованої до встановленого значення та описі обмежень з системи рівнянь.

В якості цільової функції обрано в'язкість, яка має прийняти максимальні значення:

$$\lim_{X_1, X_2, X_3} Y_2 (X_1; X_2; X_3) \rightarrow \max \quad (3.33)$$

В якості функцій, що характеризують обмеження процесу обробки, прийняті:

$Y_1(X_1, X_2, X_3)$ – титрована кислотність за ДСТУ має бути в проміжку 80...140°Т:

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) \geq 80 \quad (3.34)$$

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) \leq 140 \quad (3.35)$$

Крім того, всі значення мають бути вище 0

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; X_3 \geq 0 \quad (3.36)$$

При розрахунках допущено відносна погрішність $1 \cdot 10^{-6}$, допустиме відхилення 5%. Оптимізацію виконували методом сполучених градієнтів. В ході проведення розрахунку отримано наступні результати:

Ім'я Значення	Змінні			Цільова функція
	X_1	X_2	X_3	$Y_1(X_1, X_2, X_3)$
	2,625	206,0000626	39,60075575	561,7332159 → max
Обмеження				
$Y_2(X_1, X_2, X_3) =$	82,608	\geq	80	
$Y_2(X_1, X_2, X_3) =$	82,608	\leq	140	
$X_1 =$	2,625	\geq	0	
$X_2 =$	206,000	\geq	0	
$X_3 =$	39,601	\geq	0	

Таким чином, шляхом багатofакторного експерименту доведено, що утворення стабільного кисломолочного згустку із нормованою титрованою кислотністю в межах 80...140°Т відбувається за таких параметрів: доза заквашувального препарату – 2,6 мг/100 г, тривалість процесу – 210 хв., температура $40 \pm 2^\circ\text{C}$.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3

1. На підставі аналітичних та експериментальних досліджень сформульовано інноваційний задум та запропоновано модель технологічного процесу одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин, яка передбачає нормалізацію сколотин за вмістом сухих речовин, гідроліз лактози ферментним препаратом, сквашування гідролізованої молочної основи заквашувальним препаратом на основі молочнокислих бактерій.

2. Встановлено, що використання сухого концентрату молочних білків (КМБ-85) у кількості 6,5...8% для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин дозволить отримати низьколактозний йогурт із заданими реологічними властивостями.

3. На основі експериментальних досліджень визначено, що ефективність гідролізу лактози у сколотинах із підвищеним вмістом сухих речовин становить 70-75% за таких раціональних параметрів: концентрація ферментного препарату β -галактозидази GODO-YNL2 – 0,03...0,05%, тривалість процесу – 90...150 хв, температура $40\pm 2^\circ\text{C}$.

4. Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сквашування на формування кисломолочного згустку низьколактозного йогурту. Шляхом багатофакторного експерименту доведено, що утворення стабільного кисломолочного згустку із нормованою титрованою кислотністю в межах $80...140^\circ\text{T}$ відбувається за таких параметрів: доза заквашувального препарату – 2,6 мг/100 г, тривалість процесу – 210 хв., температура $40\pm 2^\circ\text{C}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 3

1. Suchy F. J., Brannon P. M., Carpenter T. O., Fernandez J. R., Gilsanz V., Gould J. B., Miller N. J. NIH consensus development conference statement: lactose intolerance and health. NIH Consensus and State-of-the-science Statements. 2010. Vol.27. №.2. P. 1– 27.
2. Гончар Ю. М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки: дис... доктора філософії: 181 "Харчові технології". Київ: КНТЕУ, 2021. 255 с.
3. Юдіна Т., Серенко А. Формування вітчизняного ринку безлактозних і низьколактозних молочних продуктів. Міжнародний науково-практичний журнал "Товари і ринки". 2021. № 2. С. 33-43.
4. Моїсеєва Л.О. Розроблення технології низьколактозного кисломолочного продукту: дис. канд. техн. наук 03.00.20. Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2021. 183 с.
5. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія / Гніцевич В. А. [та ін.]; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. – Донецьк. 2014. 336 с.
6. ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» [Чинний від 20.09.2004]. Київ, 2005. 11 с.
7. Серенко А.А., Моїсеєва Л.О., Юдіна Т.І. Використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозних йогуртів. Обладнання та технології харчових виробництв: збірник наукових праць. 2021. №2. С. 5-12.
8. Романчук, І.О.; Моїсеєва, Л.О.; Гондар, О.П.; Рудакова, Т.В. Закономірності формування кисломолочних згустків в молочних сумішах з гідролізованою лактозою та підвищеним вмістом сухих речовин. Продовольчі ресурси. Збірник наукових праць 2016. №6. С 107-112.
9. Lactose hydrolysis in milk, whey, and secondary dairy raw materials: A review / S.K. Sharma, D.K. Saini, S.K. Dhull, S.K. Sharma // Journal of Dairy Science. – 2022. – Vol. 105(3). – P. 2955-2970.

10. Романчук І. О., Юдіна Т. І., Мінорова А. В., Моїсеєва Л. О., Серенко А. А., Бабко Д. Є. Ефективність гідролізу лактози у вторинній молочній сировині. *Продовольчі ресурси*. 2021. №17. С. 129-136.

11. Дослідження впливу використання білкових концентратів на реологічні показники кисломолочних продуктів та терміни їх зберігання/ В. П. Рудюк, В. М. Пасічний, Т. О. Хорунжа, О. О. Красуля // *Харчова промисловість*. – Київ : НУХТ, 2019. – № 25. – С. 70–77.

12. Серенко А., Юдіна Т. Обґрунтування параметрів сквашування молочних сумішей для низьколактозних йогуртів. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: технічні науки. 2023. №. 5 С. 205-211.

13. Романчук, І.О.; Моїсеєва, Л.О.; Гондар, О.П.; Рудакова, Т.В. Закономірності формування кисломолочних згустків в молочних сумішах з гідролізованою лактозою та підвищеним вмістом сухих речовин. *Продовольчі ресурси*. Збірник наукових праць 2016. №6. С 107-112.

14. Романчук, І. О. Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 "Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів" / Ірина Олегівна Романчук ; НУХТ – Київ, 2020. – 480 с.

15. Hydrolysis of lactose in milk and dairy products: A review / M.C. Misselwitz, D. Pohl, H. Frühauf, M. Fried, K. Vavricka, M.W. Fox // *Journal of Dairy Science*. – 2013. – Vol. 96(8). – P. 4819-4832.

16. Погосян, А. С. Розробка технології низьколактозних молочних продуктів з використанням ферментних препаратів β -галактозидази. Автореферат дисертації канд.техн.наук, Одеська державна академія харчових технологій. Одеса, 2007.

17. Yamamoto E, Watanabe R, Ichimura T, Ishida T, Kimura K. Effect of lactose hydrolysis on the milk-fermenting properties of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 2038 and *Streptococcus thermophilus* 1131. *J Dairy Sci*. 2021 Feb;104(2):1454-1464. doi: 10.3168/jds.2020-19244.

18. Delorme, C. Safety assessment of dairy microorganisms: *Streptococcus thermophilus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2008. 126, 274–277.

19. Han, X.; Yang, Z.; Jing, X.; Yu, P.; Zhang, Y.; Yi, H.; et al. Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *Biomed. Res. Int.* 2016. 2016:7945675. doi: 10.1155/2016/7945675..

20. Кігель Н. Ф., Шульга Н. М. Заквашувальні культури для ферментованих молочних продуктів – сьогодення та перспективи. *Харчові технології*. 2007. №2. С. 24-26.

21. Li L, Zhou L, Liu X, Gong J, Xiao G. Physicochemical, microbiological, and sensory properties of low-lactose yogurt using *Streptococcus thermophilus* with high β -galactosidase activity. *J Sci Food Agric*. 2023 Dec;103(15):7374-7380.

22. Ibrahim SA, Gyawali R, Awaisheh SS, Ayivi RD, Silva RC, Subedi K, Aljaloud SO, Anusha Siddiqui S, Krastanov A. Fermented foods and probiotics: An approach to lactose intolerance. *J Dairy Res*. 2021 Aug;88(3):357-365.

23. Passos M, Baumgartner CG, Sereno AB, Krüger CCH, Cândido LMB. Application of Lactose-Free Whey Protein to Greek Yogurts: Potential Health Benefits and Impact on Rheological Aspects and Sensory Attributes. *Foods*. 2022 Nov 29;11(23):3861.

24. Stanton C, Ross RP, Fitzgerald GF, Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Biotechnol* 2005; №16. PP. 198-203.

25. Кулігін М. Л. Дослідження впливу регуляторів консистенції на якість та реологічні властивості йогурту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2020. №. 2 (73). С. 41-47.

26. Геліх А. О., Даниленко С. Г., Крижська Т. А., Семерня О.В. Оптимізація реологічних показників структури йогурта із додаванням ізоляту білка насіння коноплі *Продовольчі ресурси*. – 2022. – №18 – С. 51-60.

27. Болгова, Н. В., & Самохіна, Є. А. (2023). Дослідження показників якості кисломолочних напоїв з використанням борошна кіноа. *Вісник СНАУ*. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, 1 (51), 9-13.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТУ НА ОСНОВІ СКОЛОТИН ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ЯКОСТІ

4.1. Технологічна схема виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин

На підставі серії попередніх експериментів (розділ 3) та з урахуванням відомостей, що містяться в науково-технічній літературі, було розроблено технологічну схему одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин. У розробленій технології передбачено використання молочної основи, ферментного препарату β -галактозидази, закваски, яка відрізняється тим, що в якості молочної основи використано сколотини нормалізовані за вмістом сухих речовин додаванням сухого концентрату молочних білків, в якості ферментного препарату β -галактозидази використано ферментний препарат «GODO-YNL2» продукований культурою *Kluyveromyces lactis*, як закваску використано заквашувальний препарат для йогурту прямого внесення, що містить суміш мікроорганізмів молочнокислих бактерій, до складу яких входить *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Vulgaricus*. Технологічна схема одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин подана на рис. 4.1.

Технологічні режими виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин, зазначені у схемі, визначені на підставі проведених досліджень, обґрунтування цих режимів наведено у розділі 3.

На спосіб виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин, який покладено в основу технологічної схеми виробництва, отримано патент України на корисну модель (Додаток В).

Спосіб одержання нового низьколактозного кисломолочного напою (рис. 4.1) здійснюється наступним чином: сколотини нормалізують за вмістом сухих речовин до рівня 14...16% шляхом додавання сухого концентрату молочних білків. Суміш пастеризують при температурі 80...90°C з витримкою 15...20 с.

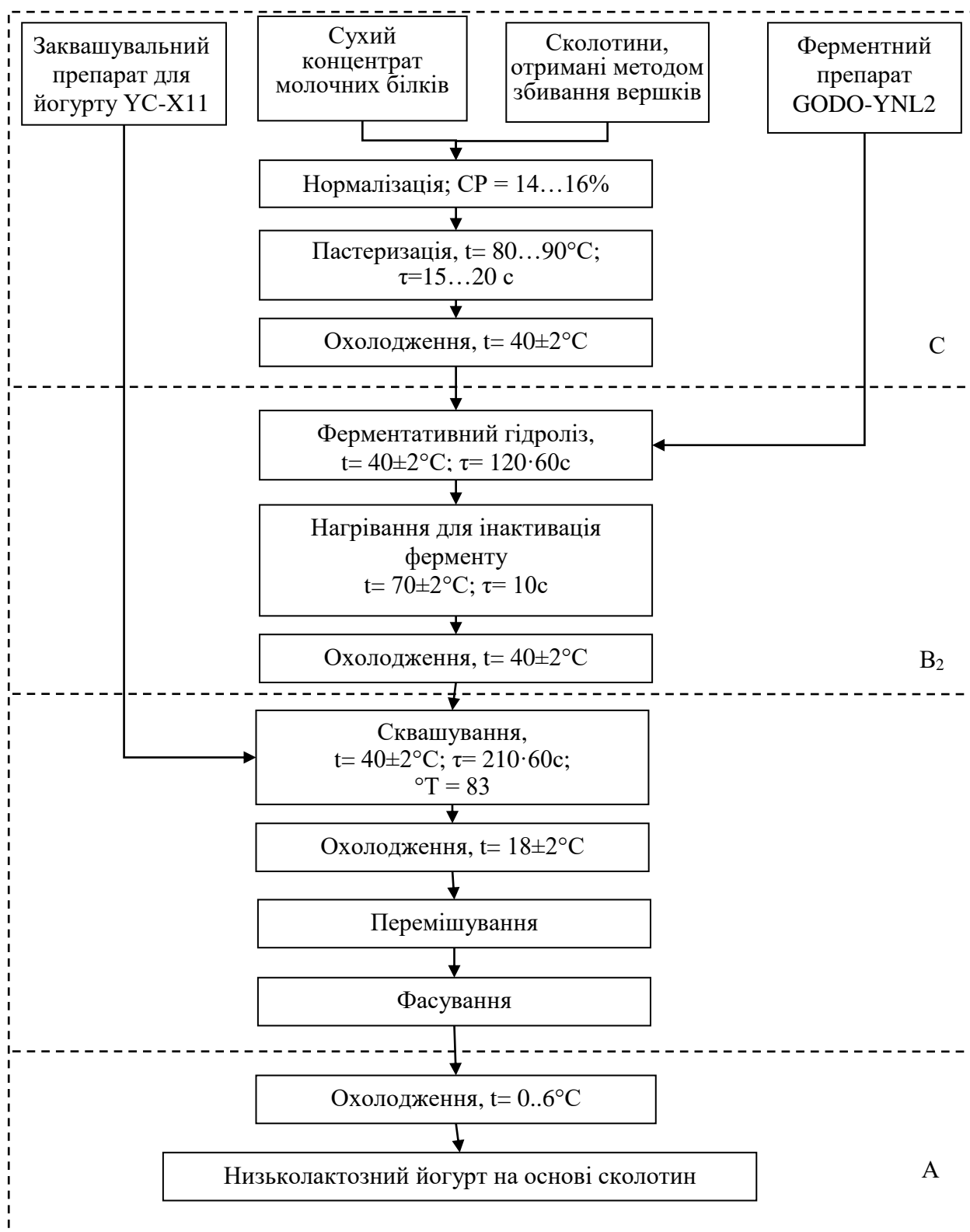


Рис. 4.1. Технологічна схема одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин

А, В₁, В₂, С - підсистеми

Джерело: складено автором

Пастеризовану суміш охолоджують до температури $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ і вносять ферментний препарат β -галактозидази. Гідроліз лактози у нормалізованій суміші проводять у термостаті сухоповітряному при температурі $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом $120\cdot 60$ с.

Гідролізовану молочну суміш підігрівають до температури $70\pm 2^{\circ}\text{C}$ з витримкою протягом 10с з метою інактивації ферментного препарату. Суміш охолоджують до температури $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ та вносять заквашувальний препарат. Сквашування проводять протягом $210\cdot 60$ с при температурі $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ для утворення кисломолочного згустку і наростання титрованої кислотності 83°T або рН 4,78 од. Згусток охолоджують до температури $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ з періодичним помішуванням, фасування у тару та охолоджують у холодильній камері за температури $0\dots 6^{\circ}\text{C}$.

Отриманий продукт характеризується досить щільним згустком без виділення сироватки, характерним кисломолочним запахом, солодкуватим смаком, молочно-білим кольором та однорідною текстурою, що характерна для традиційних кисломолочних напоїв типу йогурту промислового виробництва.

Проведені дослідження дозволили розробити рецептурний склад (табл. 4.1.) низьколактозного йогурту на основі сколотин.

Таблиця 4.1

Рецептура низьколактозного йогурту на основі сколотин

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 кг готового продукту, кг
Сколотини	91,9974
Сухий концентрат молочного білку	8,0
Заквашувальний препарат	0,0026
Всього	100,0

Джерело: складено автором

Особливості технології, специфічність рецептурних складових та перспективи подальшого використання розробленого низьколактозного йогурту на основі сколотин визначили необхідність дослідження його якості.

Тому наступним етапом роботи було передбачено дослідження органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та показників

безпе́чності розробленого низьколактозного йогурту на основі сколотин, результати яких представлено у наступних підрозділах.

4.2. Харчова та біологічна цінність низьколактозного йогурту

Низьколактозні кисломолочні напої на основі сколотин, зокрема йогурти, характеризуються комплексом показників якості, до яких належать: органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні та показники безпе́чності. При оцінюванні якості розробленого низьколактозного кисломолочного напою за контроль обрано йогурт безлактозний натуральний промислового виробництва ТМ «На здоров'я» 1,5% жирності.

Органолептичні показники розроблених виробів визначала дегустаційна комісія на підставі розробленої шкали сенсорної оцінки низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин (табл. 4.2). Сенсорна оцінка йогурту розроблена за 5-ти бальною шкалою з урахуванням основних характеристик, що підлягають оцінці. Було декомпововано кожний з органолептичних показників якості та визначено коефіцієнти їх вагомості (табл. 4.3).

Визначення органолептичних показників представлено у вигляді окремих дескрипторів на кільцевих профілях (рис. 4.2).

За результатами досліджень (рис. 4.2, табл. 4.3), що комплексна оцінка сенсорного аналізу для розробленого продукту становить 4,96 балів, що на 3,3% більше порівняно з контролем. За органолептичними показниками розроблений низьколактозний йогурт на основі сколотин не поступається контрольному зразку, а за консистенцією та смаком перевищує його.

Таблиця 4.2

Шкала загальної органолептичної оцінки низьколактозного йогурту на основі сколотин

Показники якості	Рівень якості (бал)				
	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Консистенція	Однорідна, ніжна, з непорушеним згустком, в міру щільна	Однорідна по всій масі, в'язка; без виділення сироватки	В міру щільна, однорідна	Однорідна, помірно в'язка, з виділенням сироватки	Неоднорідна, наявний відстій сироватки
Колір	Молочно-білий, однорідний, з жовтуватим відтінком	Молочно білий, з жовтуватим відтінком	Молочно-білий, чистий	Білий, злегка прозорий	Білий, злегка прозорий
Запах	Чистий кисломолочний, м'який; без сторонніх запахів	Виражений, кисломолочний без стороннього запаху	Невиражений, притаманний компонентами, що входять складу	Невиражений	Невиражений, зі стороннім запахом
Смак	Виражений кисломолочний, м'який збалансований, з характерним солодким смаком	Кисломолочний, з вираженим солодким смаком	Виражений, властивий кисломолочному напою, із солодким смаком	Невиражений, відчутно кислий	Невиражений, кислий, поява гіркуватого присмаку

Джерело: складено автором

Таблиця 4.3

Результати сенсорного аналізу низьколактозного йогурту на основі сколотин

Найменування показника	Коефіцієнт вагомості	Характеристика	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості	Оцінка показника	
					Контроль	Дослід
Консистенція	0,3	Однорідність	1	0,4	4,8	5,0
		В'язкість	2	0,3	4,6	4,7
		Відсутність сироватки	3	0,3	4,6	5,0
Середня оцінка за дескрипторами					4,68	4,91
Колір	0,2	Однорідність	4	0,2	5,0	5,0
		Насиченість	5	0,3	5,0	5,0
		Натуральність	6	0,2	5,0	5,0
		Притаманний данному продукту	7	0,3	5,0	5,0
Середня оцінка за дескрипторами					5,0	5,0
Запах	0,2	Вираженість	8	0,2	4,9	4,9
		Чистота	9	0,2	5,0	5,0
		Натуральність	10	0,2	4,9	4,9
		Відсутність стороннього запаху	11	0,2	5,0	5,0
		Притаманний данному продукту	12	0,2	5,0	5,0
Середня оцінка за дескрипторами					4,96	4,96
Смак	0,3	Вираженість	13	0,2	4,7	5,0
		Збалансованість	14	0,2	4,6	4,9
		Натуральність	15	0,2	4,8	5,0
		Відсутність стороннього присмаку	16	0,2	4,6	5,0
		Притаманний даному продукту	17	0,2	4,8	5,0
Середня оцінка за дескрипторами					4,7	4,98
Комплексна оцінка сенсорного аналізу					4,8	4,96

Джерело: складено автором

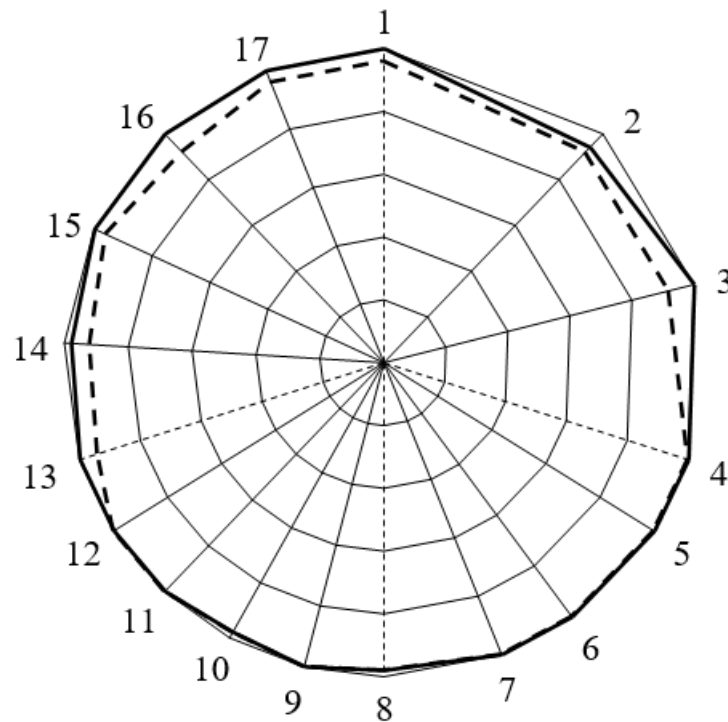


Рис. 4.2. Профіль органолептичної оцінки якості низьколактозного йогурту:

--- – йогурту безлактозного промислового виробництва (контроль), $S = 4,8$

— – низьколактозного йогурту на основі сколотин (дослід), $S = 4,96$

Дескриптори:

консистенція: 1 – однорідність; 2 – в'язкість; 3 відсутність сироватки;

колір: 4 однорідність; 5 – насиченість; 6 – натуральність; 7 – притаманний даному продукту;

запах: 8 – вираженість; 9 – чистота; 10 – натуральність; 11 – відсутність стороннього запаху; 12 – притаманний даному продукту;

смак: 13 – вираженість; 14 – збалансованість; 15 – натуральність; 16 – відсутність стороннього присмаку; 17 – притаманний даному продукту.

Джерело: складено автором

Проведені дослідження (табл. 4.4) доводять, що за такими фізико-хімічними показниками як масова частка масова частка жиру, масова частка сухих знежирених речовин, кислотність титрована та активна, вміст пероксидази або кислої фосфатази розроблений низьколактозний йогурт відповідає вимогам ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови».

Таблиця 4.4

Фізико-хімічні показники низьколактозного йогурту на основі сколотин
(n=5, P≤0,05)

Назва показника	ДСТУ 4343:2004	Йогурт безлактозний (контроль)	Низьколактозний йогурт на основі сколотин
Масова частка жиру, %	0...6,0	1,5	0,5
Масова частка сухих знежирених речовин, %, не менше	9,5	8,2	14,8
Титрована кислотність, °Т	80...140	101	83,0
Активна кислотність, од. рН	4,0...4,8	4,61	4,78
Пероксидаза	відсутня	не виявлено	не виявлено
Кисла фосфатаза	відсутня	не виявлено	не виявлено
Масова частка лактози, %	-	0,1	0,73

Джерело: складено автором

Вміст основних нутрієнтів та енергетичну цінність низьколактозного йогурту наведено у табл. 4.5 (підтверджено актом лабораторних випробувань – Додаток Г)

Таблиця 4.5

Харчова цінність низьколактозного йогурту

на основі сколотин (у 100 г) (n=5, P≤0,05)

Показник	Йогурт безлактозний (контроль)	Низьколактозний йогурт на основі сколотин
1	2	3
Білки, г	3	9,8
Жири, г	1,5	0,5
Вуглеводи, г	4,7	4,43
у т.ч.:		
- лактоза, г	0,1	0,73
Енергетична цінність, ккал	44,3	61,42
Мінеральні речовини, мг		
Натрій	50	35,6
Калій	152	73,2
Кальцій	120	110,57
Магній	15	24,56
Фосфор	95	168,96
Ферум (залізо)	0,01	0,17

Вітаміни, мг		
А (ретинол)	0,01	0,05
Е (токоферол)	0,006	0,89
В ₁ (тіамін)	0,03	0,13
В ₂ (рибофлавін)	0,15	0,12
В ₃ (ніацин)	0,12	1,0
В ₅ (пантотенова кислота)	0,31	0,386
С (аскорбінова кислота)	0,6	0,028
Холін	40	42,87

Джерело: складено автором

Низьколактозний йогурт на основі сколотин характеризується підвищеним вмістом білків завдяки використанню в його рецептурі відповідного концентрату. Їх загальний вміст збільшився майже у 3,3 раза у порівнянні з контролем. Вміст жиру в досліджуваному зразку зменшився втричі. Загальний вміст вуглеводів у 100 г низьколактозного йогурту становить 4,43%, у т. ч. лактози – 0,73%, що відповідає вимогам Європейського агентства з безпеки харчових продуктів до її вмісту в низьколактозних молочних продуктах [1].

Отримані результати свідчать, що розроблений низьколактозний йогурт характеризується високим вмістом мінеральних речовин і вітамінів. Так, вміст Кальцію та Магнію збільшився на 3,3 і 20% відповідно. Використання сколотин як молочної основи для виробництва низьколактозного йогурту сприяло збільшенню вмісту вітаміну Е (токоферолу) у 14,8 раза, ретинолу – в 5,0 разів, тіаміну – в 4,3, ніацину – у 3,2, вітаміну В₅ – у 3 рази. Збільшення вмісту білка у розробленому низьколактозному йогурті приводить до збільшення на 27,9 % його енергетичної цінності у порівнянні з контролем.

Біологічна цінність білоквмісних продуктів визначається, не тільки кількістю білка, а насамперед його якість, що обумовлена вмістом і співвідношенням незамінних амінокислот. У межах дослідження хімічного складу визначено амінокислотний склад та біологічну цінність розробленого низьколактозного йогурту (табл.4.6, 4.7).

Амінокислотний склад низьколактозного йогурту на основі сколотин
(n=5, P≤0,05)

Амінокислоти	Йогурт безлактозний (контроль)	Низьколактозний йогурт на основі сколотин
	мг/100 г	
Незамінні, у т.ч.	1252,8	4267,08
Валін	193,8	632,44
Ізолейцин	180,0	512,52
Лейцин	270,0	956,76
Лізин	232,2	816,44
Метіонін	69,0	264,84
Треонін	129,6	429,72
Триптофан	43,2	127,44
Фенілаланін	135,0	526,92
Замінні, у т.ч.	1747,2	5509,84
Аланін	96,0	316,64
Аргінін	104,4	329,0
Аспарагінова кислота	206,4	639,56
Гістидін	93,6	258,0
Гліцин	55,8	185,52
Глутамінова кислота	538,2	1703,68
Пролін	310,8	938,72
Серин	166,8	529,08
Тирозин	145,2	522,44
Цистин	30,0	87,2
Загальна кількість АК	3000,0	9776,92

Джерело: складено автором

Аналіз амінокислотного складу білків низьколактозного йогурту на основі сколотин свідчить, що він характеризується, у порівнянні з контрольним зразком суттєвим збільшенням незамінних та замінних амінокислот – у 3,4 та 3,1 раза відповідно. Питома вага незамінних амінокислот від загальної суми амінокислот в білках розробленого напою складає 43,64 %, замінних амінокислот – 56,36 %.

Серед незамінних амінокислот суттєво збільшився вміст фенілаланіну та метіоніну, у 3,9 і 3,8 раза відповідно. Дещо менше підвищився вміст валіну та треоніну, у 3,2 та 3,3 раза відповідно. Спостерігається збільшення вмісту

лейцину та лізину у 3,5 раза порівняно з контролем. У 2,8 раза збільшився вміст триптофану та ізолейцину.

Зміна співвідношення амінокислот впливає на ступінь їх засвоєння організмом людини та характеризується показником біологічної цінності.

Для визначення біологічної цінності продукту було розраховано амінокислотний скор низьколактозного йогурту і порівняно його з амінокислотним скором «ідеального» білка (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Біологічна цінність низьколактозного йогурту ($n=5$, $P\leq 0,05$)

Амінокислота	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг/1г білка	Йогурт безлактозний (контроль)		Низьколактозний йогурт на основі сколотин	
		мг/ 1г білка	% до стандарту	мг/1 г білка	% до стандарту
Ізолейцин	40	60.0	150.0	52.3	130.75
Лейцин	70	90.0	128.6	97.6	138.1
Метіонін + цистин	35	33.0	94.3	36.3	103.7
Лізин	55	77.4	140.7	82.7	150.4
Фенілаланін+ тирозин	60	93.4	155.7	107.1	178.5
Треонін	40	43.2	108.0	43.8	109.5
Триптофан	10	14.4	144.0	13.0	130.0
Валін	50	64.6	129.2	65.1	130.2

Джерело: складено автором

Аналіз отриманих даних доводить, що у складі білків низьколактозного йогурту відсутні лімітуючі амінокислоти. Вміст усіх незамінних амінокислот перевищує норми встановлені ФАО/ВООЗ [2], що є показником високої біологічної цінності розроблено продукту.

Біологічна цінність продукту характеризується відповідністю розрахункового сора незамінних амінокислот стандарту ФАО/ВООЗ та ступенем перетравлюваності білків розробленого низьколактозного йогурту на основі сколотин ферментами шлунково-кишкового тракту.

Ферментативний гідроліз контрольного і дослідного зразків здійснювали основними протеолітичними ферментами – пепсином і трипсином. Відомості

щодо ступеня перетравлення низьколактозного йогурту на основі сколотин наведені на рис. 4.3. та в табл. 4.8.

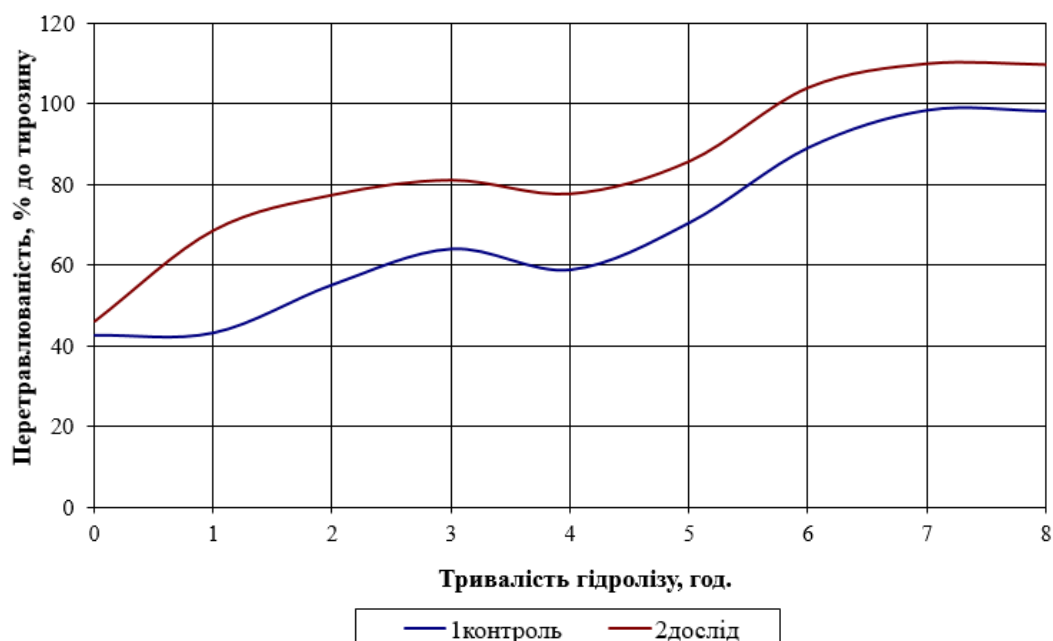


Рис. 4.3. Динаміка процесу протеолізу білкових систем у складі низьколактозного йогурту на основі сколотин

Джерело: складено автором

Таблиця 4.8

Перетравлюваність низьколактозного йогурту на основі сколотин (в умовах *in vitro*)

Назва зразка	Перетравлюваність білків			
	мг тирозину / г білку			%
	пепсином	трипсином	всього	
Йогурт безлактозний (контроль)	5,59±0,05	21,13±0,15	26,72±0,20	68,99
Низьколактозний йогурт на основі сколотин	8,38±0,05	29,54±0,15	37,92±0,20	84,60

Джерело: складено автором

Результати досліджень свідчать, що білки розробленого продукту характеризується високим ступенем гідролізу трипсином і меншим ступенем – пепсином. Загалом перетравлюваність білків розробленого низьколактозного

йогурту перевищу контроль, що свідчить про високий рівень його біологічної цінності.

Важливими показниками якості кисломолочних напоїв, зокрема йогуртів, є їх структурно-механічні властивості, які залежать від хімічного складу речовин, що утворюють дану систему, визначаються молекулярними способами зчеплення дисперсних (білкових) часточок через прошарки вільного або адсорбційно-зв'язаного з ними дисперсійного середовища і ступенем розвитку структурної сітки у всьому обсязі системи [3]. Характеристика структурно-механічних властивостей кисломолочних напоїв дає можливість вирішити ряд важливих практичних задач, результати яких можуть бути застосованими для спрямованого керування технологічним процесом отримання готових продуктів із заданими властивостями [4, 5].

На рисунку 4.4 надано залежність ефективної в'язкості дослідних зразків від швидкості зсуву від 1 до 10 с^{-1} при температурі $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

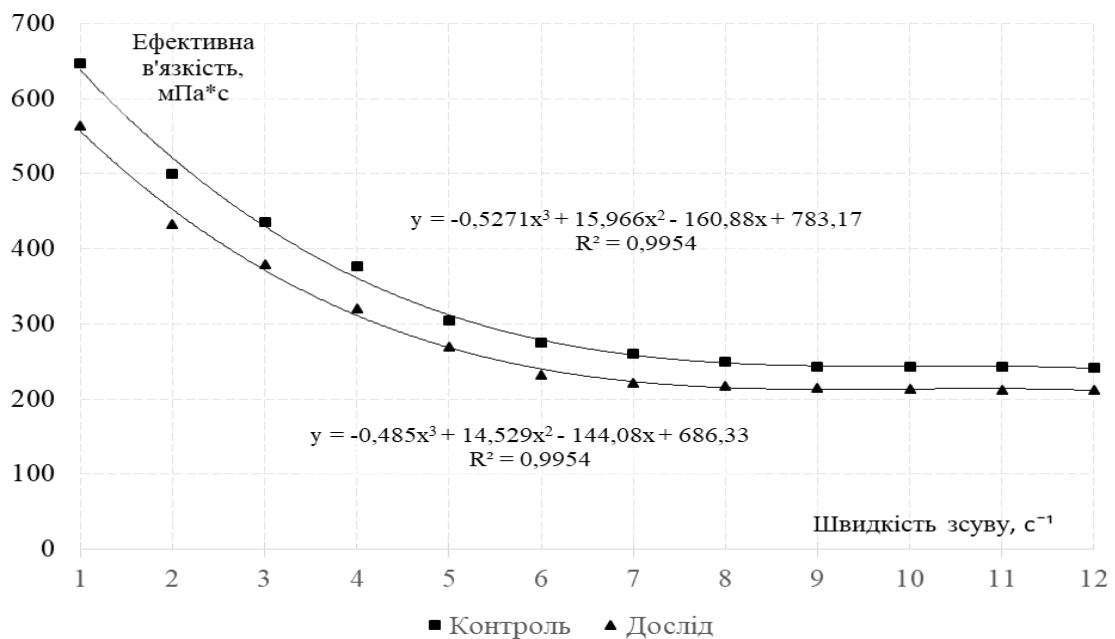


Рис. 4.4. Залежність ефективної в'язкості низьколактозного йогурту та контролю від швидкості зсуву

Джерело: складено автором

Отримані графіки мають вигляд, характерний для в'язко-пластичних систем. Слід зазначити, що показник ефективної в'язкості свіже виготовленого низьколактозного йогурту на 18,5% менший порівняно з контролем, що

пояснюється нижчою дисперсністю молочних білків сколотин порівняно з незбираним молоком, які утворюють просторову сітку кисломолочного згустку меншої міцності [6, 7].

Аналіз результатів досліджень (рис. 4.3) виявив загальну тенденцію для дослідних зразків – з підвищенням градієнту швидкості в'язкість розроблених кисломолочних напоїв спадає та стабілізується перед переходом в зону зруйнованої структури. У всіх дослідних зразках відбувається суттєве зменшення ефективної в'язкості за швидкості зсуву до $5,0 \text{ c}^{-1}$, при подальшому збільшенні швидкості зсуву в'язкість спадає уповільнено і наближається до постійного значення, що пояснюється руйнуванням системи.

Результати вимірів свідчать, що всі зразки володіють стійкою структурою, руйнування якої починається тільки після досягнення певного напруження, що необхідно враховувати при визначенні параметрів технологічного процесу виробництва низьколактозних йогуртів на основі сколотин та їх похідних.

4.3. Безпечність та зміна показників якості низьколактозних кисломолочних напоїв при зберіганні

Низьколактозний йогурт на основі сколотин є продуктом спеціального дієтичного призначення для осіб, які страждають на непереносимість лактози. Гарантією безпечності споживання розробленого напою для означеного контингенту споживачів є визначений вміст лактози у харчовому продукті. На кожну партію продукції з позначенням «низьколактозний» повинен бути відповідний сертифікат про вміст лактози менший 1%.

Результати лабораторних досліджень, проведені хроматографічним методом на рідинному хроматографі LC-20 (*Shimadzu*) з рефрактометричним детектором, доводять, що вміст лактози у дослідній партії низьколактозного йогурту на основі сколотин відповідає чинним нормам безпечності і складає менше 1% (підтверджено актом лабораторних випробувань – Додаток Д).

Контроль вмісту забруднювачів хімічної природи та загального мікробіологічного забруднення і визначення наявності шкідливої мікрофлори – обов'язковий етап дослідження якості кисломолочних напоїв.

Вміст забруднювачів хімічної природи, радіонуклідів та мікробіологічні показники у продукції не повинні перевищувати допустимих рівнів, передбачених наказом МОЗ №1238 від 22.05.2020 «Про внесення змін до Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», наказу МОЗ України від 19.07.2012 № 548 «Мікробіологічним критеріям для встановлення показників безпеки харчових продуктів».

Характеристика вмісту забруднювачів хімічної природи в розробленому напої надана в табл. 4.9 (підтверджено актом лабораторних випробувань якості низьколактозного йогурту на основі сколотин – Додаток Е).

Таблиця 4.9

**Вміст забруднювачів хімічної природи
у низьколактозному йогурті на основі сколотин**

Показники	Гранично допустимий рівень	Низьколактозний кисломолочний напій
<i>Токсичні елементи, мг/кг,:</i>		
Кадмій	не більше 0,03	менше 0,005
Свинець	не більше 0,10	менше 0,025
Миш'як	не більше 0,05	0,046
Ртуть	не більше 0,005	не виявлено
Мідь	не більше 1,0	0,24
Цинк	не більше 5,0	3,14
<i>Мікотоксини, мг/кг,:</i>		
Афлотоксин В ₁	не дозволено	не виявлено
Афлотоксин М ₁	не більше 0,0005	не виявлено

Джерело: складено автором

Аналіз результатів досліджень (табл. 4.9) свідчить, що виготовлений низьколактозний йогурт на основі сколотин за вмістом важких металів та інших забруднювачів хімічної природи не перевищують встановлених гранично

допустимих концентрацій й відповідають чинним правилам та нормам безпеки [8].

Для визначення терміну зберігання низьколактозного йогурту проведено дослідження свіжовиготовленого продукту, а також після 7, 14 та 21 доби зберігання. Досліджувалися зміна органолептичних показників, титрованої та активної кислотності, реологічних та мікробіологічних показників при зберіганні.

Низьколактозний йогурт на основі скотин зберігали у холодильній камері при температурі $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 75...80% запованим у герметичну тару протягом 21 доби.

Органолептичну оцінку йогурту при зберіганні (табл. 4.10 та 4.11) проводили за розробленою шкалою (табл. 4.2).

Таблиця 4.10

Органолептична оцінки низьколактозного йогурту при зберіганні

Показник	Контроль					Дослід				
	Термін зберігання, діб									
	0	7	14	18	21	0	7	14	18	21
Консистенція	4,68	4,6	4,5	4,3	4,0	4,91	4,9	4,84	4,6	4,3
Колір	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5
Запах	4,96	4,9	4,9	4,9	4,3	4,96	4,9	4,84	4,7	4,3
Смак	4,7	4,7	4,6	4,5	3,0	4,98	4,9	4,84	4,5	3,0
Комплексна оцінка	4,83	4,8	4,75	4,67	3,95	4,96	4,92	4,88	4,7	4,0

Джерело: складено автором

Встановлено, що органолептичні показники низьколактозного йогурту після зберігання протягом 7 та 14 діб суттєво не змінювались: йогурт мав однорідну консистенцію, чистий, приємний солодкуватий, кисломолочний смак і запах. На 18 добу зберігання у йогурті відчувався надлишковий кислий смак та незначне виділення сироватки.

Дослідження зміни титрованої та активної кислотності у низьколактозному йогурті при зберіганні наведено на рис. 4.5 та 4.6.

Зміна органолептичних показників низьколактозного йогурту при зберіганні

Показники якості	Фактичні показник при зберігання									
	0 діб	Бали	7 діб	Бали	14 діб	Бали	18 діб	Бали	21 доба	Бали
Консистенція	Однорідна, з порушеним згустком, без виділення сироватки	4,91	Однорідна по всій масі, злегка в'язка; без виділення сироватки	4,9	Однорідна, у міру в'язка без виділення сироватки	4,84	Густа, з незначним виділенням сироватки	4,6	Густа, щільна, з виділенням сироватки	4,3
Колір	Молочно-білий, однорідний, з жовтуватим відтінком	5,0	Молочно-білий, з жовтуватим відтінком	5,0	Молочно -білий, з жовтуватим відтінком	5,0	Молочно-білий, з жовтуватим відтінком	5,0	Молочно-білий	4,5
Запах	Чистий, виражений кисломолочний; без сторонніх запахів	4,96	Чистий, характерний для кисломолочних продуктів, без сторонніх запахів	4,9	Виражений, кисломолочний без стороннього запаху	4,84	Кисломолочний без сторонніх запахів	4,7	Невиражений, кисломолочний, без сторонніх запахів	4,3
Смак	Виражений кисломолочний, збалансований, з характерним солодким смаком	4,98	Чистий, кисломолочний, з вираженим солодким смаком	4,9	Чистий, властивий йогурту, із солодким смаком	4,84	Невиражений, кислий, без сторонніх присмаків	4,5	Виражений, кислий, з гіркуватим смаком	3,0
Комплексна оцінка		4,96		4,92		4,88		4,7		4,0

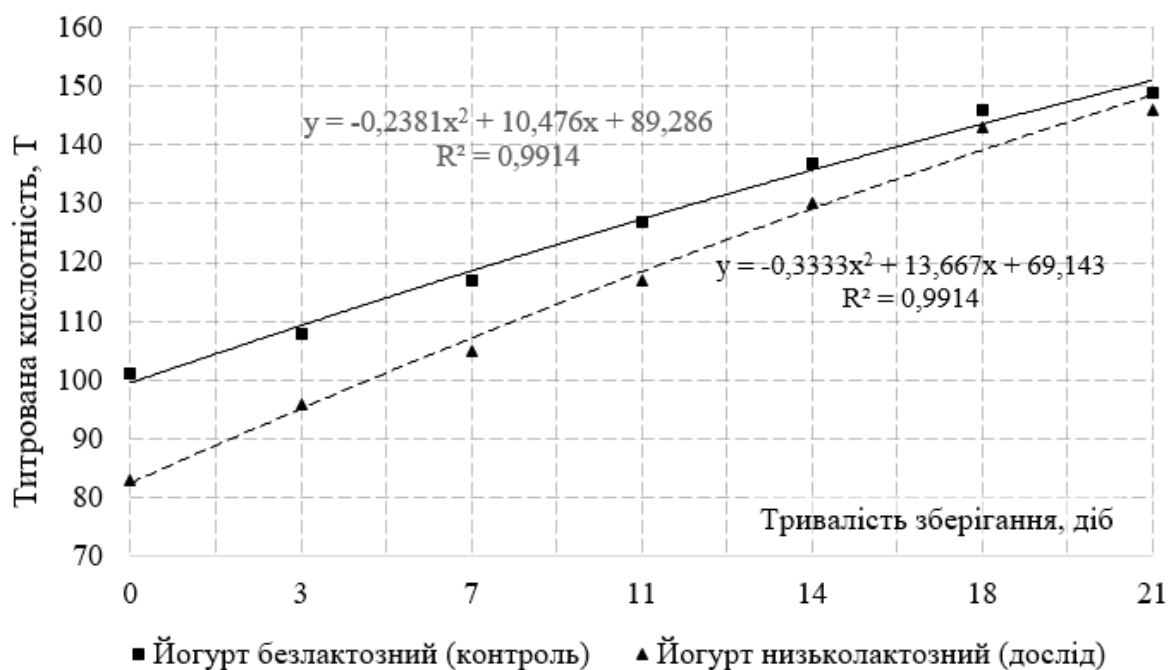


Рис. 4.5. Динаміка зміни титрованої кислотності низьколактозного йогурту при зберіганні

Джерело: складено автором

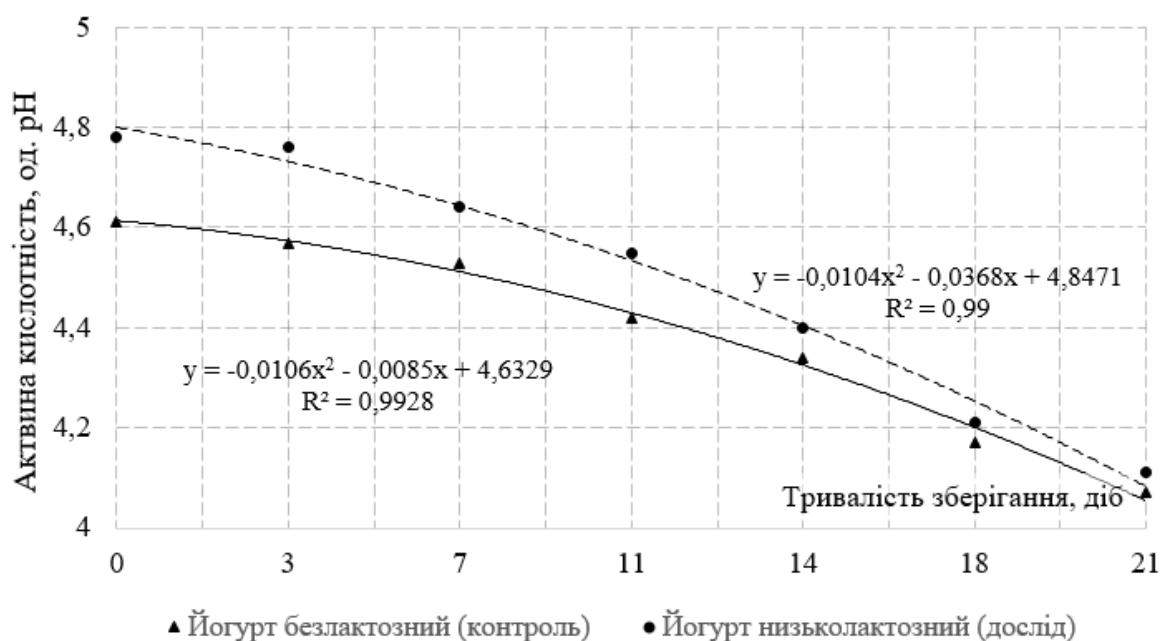


Рис. 4.6. Динаміка зміни активної кислотності низьколактозного йогурту при зберіганні

Джерело: складено автором

Результати досліджень (рис.4.5, 4.6) довели, що на 14 добу зберігання низьколактозного йогурту його титрована кислотність збільшилась до 130°Т,

що відповідає встановленим вимогам нормативної документації (80-140°Т) [9]. На 18 добу рівень титрованої кислотності досліду становив 143°Т, також у розробленому кисломолочному напої з'являється надлишковий кислий смак, що негативно впливає на споживчі властивості продукту.

Однією з важливих якісних характеристик кисломолочних напоїв, зокрема йогуртів, є їх реологічні показники не тільки у процесі виробництва, але й під час зберігання, які обумовлюють структуру та консистенцію кисломолочного згустку йогурту. Кисломолочні згустки у процесі зберігання схильні до синерезису, що впливає на органолептичні та структурно-механічні показники готового продукту [10]. У зв'язку з цим було проведено дослідження реологічних властивостей, а саме в'язкості та ступеню синерезису низьколактозного йогурту у процесі зберігання, результати яких наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12

Реологічні показники низьколактозного йогурту при зберіганні
(n=5, P≤0,05)

Показник	Контроль						Дослід					
	Термін зберігання, діб											
	0	1	7	14	18	21	0	1	7	14	18	21
В'язкість, мПа*с	647	724	713	607	408	364	564	691	681	613	434	390
Ступінь синерезису, %	-	-	-	0,5	8	12	-	-	-	-	5	8

Джерело: складено автором

Аналіз отриманих результатів показав, що упродовж першої доби зберігання відбувається збільшення в'язкості контрольного та дослідного зразків на 12% та 22,5% відповідно, що можна пояснити процесом остаточного формування структури кисломолочного згустку [11]. При подальшому зберіганні впродовж 14 діб у дослідному зразку спостерігається несуттєва зміна показників в'язкості, при цьому консистенція йогурту зберігається однорідною, напіврідкою, без виділення сироватки.

Дослідження вологоутримувальної здатності кисломолочних напоїв доводить, що розроблений низьколактозний йогурт на основі сколотин характеризується більш високими вологоутримувальними властивостям, що

обумовлене підвищеним вмістом сироваткових білків у сколотинах, які завдяки високій гідрофільності підвищують вологоутримувальну здатність та сповільнюють виділення сироватки з кисломолочного згустку у процесі зберігання [12]. Також відомо, що термофільний стрептокок, який входить до складу заквашувального препарату, у процесі сквашування здатен підвищувати вологоутримуючу здатність за рахунок екзополісахаридів, що володіють здатністю утворювати в'язкі, стійкі до синерезису кисломолочні згустки [13].

Так, виділення сироватки в дослідному зразку спостерігалось лише на 18 добу зберігання. При цьому ступінь синерезису дослідного зразку на 37,5% менший порівняно з контролем, що доводить про високу вологоутримувальну здатність кисломолочного згустку розробленого низьколактозного йогурту у процесі зберігання.

При оцінюванні якості кисломолочних продуктів, зокрема йогуртів, слід враховувати, що вона значною мірою залежить від складу мікрофлори. Згідно чинних нормативів [8], що висуваються до йогуртів для прояву функціональної активності продукт має містити не менше 10^7 КУО/г молочнокислих бактерій протягом всього терміну придатності. Тому важливим етапом є дослідження мікробіологічних показників розробленого низьколактозного йогурту при зберіганні (табл. 4.13.) (підтверджено актом лабораторних випробувань мікробіологічний показників низьколактозного йогурту – Додаток Ж).

Отримані дані свідчать, що вміст молочнокислих бактерій у свіже виготовленому відповідає вимогам нормативної документації. Також встановлено, що протягом всього терміну зберігання вміст молочнокислих бактерій зберігається на високому рівні. Так, на 14 добу зберігання кількість молочнокислих бактерій збільшилась в 2,3 рази порівняно зі свіже виготовленим продуктом.

Подальше збільшення кількості молочнокислих бактерій при зберіганні спричиняє наростання рівня титрованої кислотності йогурту (рис. 4.4.), що свою чергу негативно впливає на органолептичні показники з появою надлишкової кислотності у смаку [15].

Таблиця 4.13

Зміни показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин при зберіганні

Показники	ДСТУ 4343:2004	Фактичний вміст при зберіганні			
	Йогурти	0 діб	7 діб	14 діб	21 доба
Кількість молочнокислих бактерій (<i>Lactobacillus bulgaricus</i> і <i>Streptococcus thermophilus</i>), КУО в 1 см ³ , не менше ніж	10 ⁷	1,5·10 ⁷	1,3·10 ⁷	3,4·10 ⁷	7,2·10 ⁸
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 см ³	не дозволено	не виявлено			
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 см ³	не дозволено	не виявлено			
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1,0 см ³	не дозволено	не виявлено			
Дріжджі, КУО в 1 см ³ , не більше ніж	50	не виявлено	не виявлено	менше 10	менше 10
Плісеневі гриби, КУО в 1 см ³ , не більше ніж	50	не виявлено	не виявлено	менше 10	менше 10

Джерело: складено автором

З урахуванням, що в кисломолочних продуктах умови для розвитку дріжджів та пліснявих грибів сприятливі при наявності кислої реакції середовища, доцільно дослідити динаміку їх вмісту у процесі зберігання.

Отримані результати (табл. 4.13) свідчать, що протягом 7 днів зберігання наявність дріжджів та пліснявих грибів не виявлена. На 14 добу зберігання їх вміст в 5 разів менший показника, вставленого нормативною документацією.

Таким чином, за сукупністю досліджень мікробіологічних, фізико-хімічних, реологічних та органолептичних показників низьколактозного йогурту на основі сколотин у процесі зберігання обґрунтовано режими та терміни зберігання: температура 4±2°C, відносна вологість повітря 75...80%, термін зберігання – 14 діб.

4.4. Комплексна оцінка якості низьколактозного йогурту на основі

СКОЛОТИН

При визначенні комплексного показника якості низьколактозних кисломолочних напоїв враховували ряд принципових положень: якість розглядається як певна ієрархічна сукупність властивостей; властивості шляхом вимірювання або обчислення набувають числових значень (абсолютні показники якості); різні шкали абсолютних показників якості перетворюються на одну загальну; вимірювання окремих властивостей закінчується розрахунком відносного показника якості; кожна властивість якості визначається двома чисельними параметрами – відносним показником K_{ij} і коефіцієнтом вагомості m_{ij} ; сума коефіцієнтів вагомості показників якості одного рівня дорівнює одиниці.

Для достовірної оцінки якості низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин, зокрема йогуртів, розроблено трьохрівневу ієрархічну структуру показників якості (рис. 4.7) [16].

Оцінку якості низьколактозного йогурту на основі сколотин здійснювали на етапі виробництва та на етапі зберігання (перший рівень). На етапі виробництва якість низьколактозного йогурту на основі сколотин визначається харчовою цінністю, органолептичними та структурно-механічними властивостями, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками, а на етапі зберігання – органолептичними та структурно-механічними властивостями, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками (другий рівень).

Третій рівень представлено показниками якості кожної окремої групи властивостей, абсолютні значення яких одержані безпосередньо вимірюванням відповідними методами.

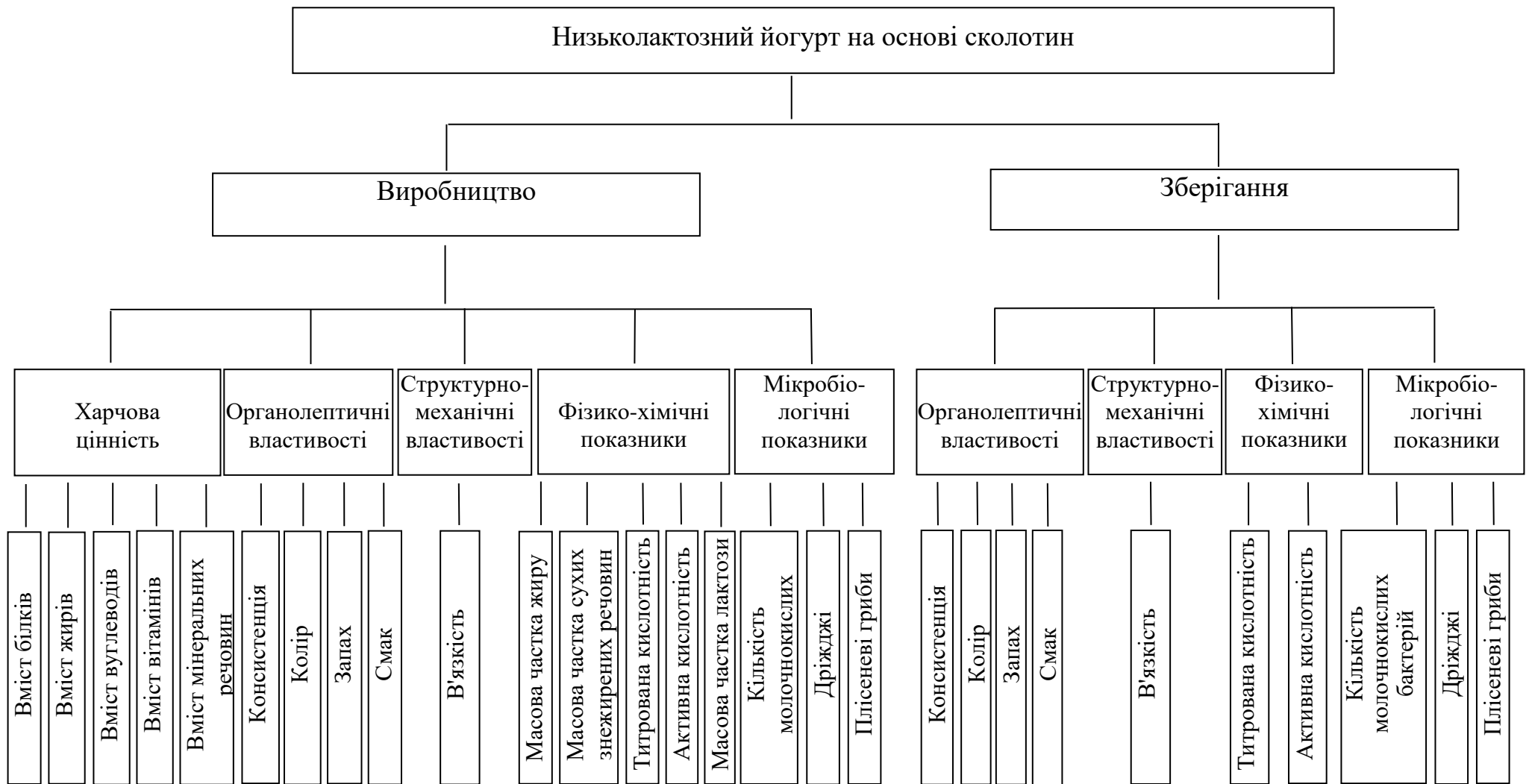


Рис. 4.7. Ієрархічна структура показників якості низьколактозного йогурту

Джерело: складено автором

Встановлено критичні межі абсолютних значень показників якості (P_{ij}) низьколактозних кисломолочних напоїв. За значення еталонних P_{ij}^{et} прийнято найкращі з відомих у світовій практиці значення серед подібних об'єктів, допустимих $P_{ij}^{доп}$ – мінімальні значення за вимогами нормативної документації, бракувальних показників $P_{ij}^{бр}$ – значення за межами яких вже не можливо перевести продукцію в стан, допустимий нормативною документацією [8]. Розроблено шкалу вузлових значень показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин (табл. 4.14).

Таблиця 4.14

Шкала вузлових значень показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин

Назва показника	Одиниця виміру	Оцінка, Кі					
		1,00	0,80	0,63	0,37	0,20	0,00
		Кодоване значення У					
		3,00	1,50	0,85	0,00	-0,50	-3,00
1	2	3	4	5	6	7	8
Харчова цінність							
Вміст білків	%	11	9	7	5	3	1
Вміст жирів	%	0	2	4	6	8	10
Вміст вуглеводів	%	7	6	5	4	3	2
Вміст вітамінів	%	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010	0
Вміст мінеральних речовин	%	0,450	0,350	0,250	0,150	0,050	0
Органолептичні показники							
Консистенція	бал	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,0
Колір	бал	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,0
Запах	бал	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,0
Смак	бал	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,0
Структурно-механічні показники							
В'язкість	мПа*с	750	650	550	450	350	250
Фізико-хімічні показники							
Масова частка жиру	%	0	2	4	6	8	10
Масова частка сухих знежирених речовин	%	17	14,5	12	9,5	7	4,5
Титрована кислотність	°Т	80	100	120	140	160	180
Активна	од. рН	4,8	4,55	4,3	4,05	3,8	3,55

кислотність							
Масова частка лактози	%	0	0,33	0,66	0,99	1,99	2,99
Мікробіологічні показники							
Кількість молочнокислих бактерій	КУО в 1 см ³	10 ¹³	10 ¹¹	10 ⁹	10 ⁷	10 ⁵	10 ³
Дріжджі	КУО в 1 см ³	0	2×10	3×10	5×10	10 ²	10 ³
Плісневі гриби	КУО в 1 см ³	0	2×10	3×10	5×10	10 ²	10 ³

Джерело: складено автором

За допомогою функції бажаності Харрінгтона (рис. 2.1), а також з урахуванням вузлових значень показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин (табл. 4.14) здійснено переведення абсолютних значень показників якості (P_{ij}) у відносні безрозмірні величини (K_{ij}).

Міжгрупові (M_j) та внутрішньогрупові (m_{ij}) коефіцієнти вагомості показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин визначено експертною групою співробітників кафедри технології і організації ресторанного господарства. Вагомість показників (за даними експертної групи) наведено в додатку К.

Коефіцієнти вагомості між групами властивостей показників визначено з практичних і логічних міркувань про важливість показників для дослідної продукції. Коефіцієнти вагомості для етапу ($M_{ет}$) «виробництва» прийнято – 0,6, для етапу «зберігання» – 0,4. Коефіцієнти вагомості на етапі виробництва: харчова цінність – 0,25, органолептичні властивості – 0,2, структурно-механічні властивості – 0,2, фізико-хімічні показники – 0,15, мікробіологічні показники – 0,2; на етапі зберігання: органолептичні властивості – 0,3, структурно-механічні властивості – 0,2, фізико-хімічні показники – 0,2, мікробіологічні показники – 0,3.

Комплексна оцінка показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин наведена в табл. 4.15.

**Комплексна оцінка показників якості низьколактозного йогурту на основі
сколотин**

Показник	m _{ij}	P _{ij} ^{ет}	P _{ij} ^{бр}	Йогурт безлактозний (контроль)		Низьколактозний йогурт (дослід)	
				P _{ij}	K _{ij}	P _{ij}	K _{ij}
1	2	3	4	5	6	7	8
Виробництво (M _{ет} = 0,6)							
Харчова цінність (M _j = 0,25)							
Вміст білків	0,228	11	3	3	0,20	9,8	0,88
Вміст жирів	0,188	0	8	1,5	0,85	0,5	0,95
Вміст вуглеводів	0,168	7	3	4,7	0,56	4,43	0,55
Вміст вітамінів	0,208	0,050	0,010	0,041	0,82	0,045	0,90
Вміст мінеральних речовин	0,208	0,450	0,050	0,432	0,96	0,413	0,93
Разом по групі					0,167		0,213
Органолептичні показники (M _j = 0,2)							
Консистенція	0,265	5,0	2,0	4,68	0,87	4,91	0,96
Колір	0,242	5,0	2,0	5,0	1,00	5,0	1,00
Запах	0,242	5,0	2,0	4,96	0,98	4,96	0,98
Смак	0,251	5,0	2,0	4,7	0,88	4,98	0,99
Разом по групі					0,186		0,196
Структурно-механічні показники (M _j = 0,2)							
В'язкість	1,000	750	350	647	0,79	564	0,66
Разом по групі					0,158		0,132
Фізико-хімічні показники (M _j = 0,15)							
Масова частка жиру	0,182	0	8	1,5	0,85	0,5	0,95
Масова частка сухих знежирених речовин	0,196	17	7	10,3	0,46	14,8	0,98
Титрована кислотність	0,096	80	160	101	0,79	83,0	0,97
Активна кислотність	0,196	4,8	3,8	4,61	0,85	4,78	0,99
Масова частка лактози	0,230	0	1,99	0,1	0,94	0,73	0,57
Разом по групі					0,106		0,117
Мікробіологічні показники (M _j = 0,2)							
Кількість молочно-кислих бактерій	0,360	10 ¹³	10 ⁵	1,5·10 ⁷	0,37	1,5·10 ⁷	0,37
Дріжджі	0,320	0	10 ²	0	1,00	0	1,00
Плісеневі гриби	0,320	0	10 ²	0	1,00	0	1,00
Разом по групі					0,155		0,155

Комплексний показник етапу ($K_{\text{ет}}$)				0,463		0,488	
Зберігання ($M_{\text{ет}} = 0,4$)							
Органолептичні показники ($M_j = 0,3$)							
Консистенція	0,265	5,0	2,0	4,5	0,80	4,84	0,94
Колір	0,251	5,0	2,0	5,0	1,00	5,0	1,00
Запах	0,242	5,0	2,0	4,9	0,96	4,84	0,94
Смак	0,242	5,0	2,0	4,6	0,64	4,84	0,94
Разом по групі				0,255		0,287	
Структурно-механічні показники ($M_j = 0,2$)							
В'язкість	1,000	750	350	607	0,73	613	0,74
Разом по групі				0,146		0,148	
Фізико-хімічні показники ($M_j = 0,2$)							
Титрована кислотність	0,500	80	160	137	0,41	130	0,50
Активна кислотність	0,500	4,8	3,8	4,34	0,66	4,4	0,70
Разом по групі				0,161		0,180	
Мікробіологічні показники ($M_j = 0,3$)							
Кількість молочно-кислих бактерій	0,364	10^{13}	10^5	$3,4 \cdot 10^7$	0,38	$3,4 \cdot 10^7$	0,38
Дріжджі	0,313	0	10^2	<10	0,95	<10	0,95
Плісневі гриби	0,323	0	10^2	<10	0,95	<10	0,95
Разом по групі				0,223		0,223	
Комплексний показник етапу ($K_{\text{ет}}$)				0,314		0,335	
Комплексний показник якості (K_o)				0,777		0,823	

Джерело: складено автором

Визначено (табл. 4.15), що комплексний показник якості низьколактозного йогурту на 5,96% перевищує комплексний показник якості контролю. Це пояснюється вищими показниками якості дослідного зразку як на етапі виробництва, так і на етапі зберігання.

Отримані результати свідчать, що комплексний показник якості низьколактозного йогурту позиціонуються в інтервалі «відмінної якості» (0,80...1,0 од.), що підтверджує високий рівень якості розробленого низьколактозного йогурту і доцільність його використання у харчуванні населення.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4

1. Розроблено рецептуру та технологічну схему одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин, визначено раціональні параметри окремих етапів процесу його виробництва.

2. На основі комплексу даних, що характеризують якість розробленого продукту, доведено його високу харчову та біологічну цінність. Визначено, що вміст білкових речовин низьколактозного йогурту на основі сколотин перевищує контроль у 3,3 рази. Білок розробленого йогурту характеризується більш збалансованим амінокислотним складом, відсутністю лімітуючих амінокислот. Доведено, що розроблений низьколактозний йогурт на основі сколотин характеризується підвищеним вмістом мінеральних речовин та вітамінів. Визначено, що збільшення вмісту білку у розробленому продукті призводить до збільшення на 27,9% його енергетичної цінності у порівнянні з йогуртом безлактозним промислового виробництва.

3. Визначено, що за показниками безпечності низьколактозний йогурт на основі сколотин відповідає вимогам санітарно-гігієнічних норм. Вміст лактози у дослідній партії низьколактозного йогурту на основі сколотин складає 0,73 г на 100 г продукту, що підтверджено результатами лабораторних досліджень та відповідає вимогам до вмісту лактози у низьколактозний молочних продуктах. За сукупними результатами досліджень фізико-хімічних, органолептичних, реологічних та мікробіологічних показників якості розробленого низьколактозного йогурту у процесі зберігання обґрунтовано режими та терміни його зберігання: температура $4\pm 2^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 75...80%, термін зберігання – 14 діб.

4. Розроблено ієрархічну структуру показників якості низьколактозного йогурту на основі сколотин та здійснено комплексну оцінку його якості. Визначено, що комплексний показник якості низьколактозного йогурту на 5,96% перевищує комплексний показник якості контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. European Food Safety Authority (2010). Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies Scientific opinion on lactose thresholds in lactose intolerance and galactosaemia. EFSA J, 8, 1777.

URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2010.1777>

2. FAO/WHO. Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO ad Hoc Expert Committee, WHO // Techn. Rep. Ser. – 1973. – P. 64–65.

3. Asimwe A., Kigozi J., Muyonga J. (2021). Physicochemical Properties, Sensory Acceptance and Storage Stability of Yogurt Flavored with Refractance Window Dried Passion Fruit Powder. Asian Food Science Journal. 20(5), 38-49 <https://doi.org/10.9734/AFSJ/2021/v20i530297>.

4. Геліх, А., Даниленко, С., Крижська, Т., & Семерня, О. (2022). Оптимізація реологічних показників структури йогурта із додаванням ізоляту білка насіння коноплі. Продовольчі ресурси, 10(18), 51–60. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-05>.

5. Надточій В.М. Якісні показники йогурту залежно від тривалості зберігання / В.М. Надточій // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірник наукових праць. – Біла Церква, 2014. – Вип. 1 (110). – С. 27–32.

6. Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., & Jiménez-Flores, R. (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. Journal of dairy science, 89(2), 525–536.

7. Dabija A., Codina G. G., Gatlan A. M., Sanduleac E. T., Rusu L. (2018). Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality. Scien. Study Res. - Chem. Chem. Eng. Biotech. Food Ind. 19(2), 181-192.

8. ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» [Чинний від 20.09.2004]. Київ, 2005. 11 с.

9. Вплив структури деяких видів наповнювачів, введених до рецептури йогурту, на зміни його реологічних показників [Електронний ресурс] / М. М. Самілик, А. О. Геліх, Т. М. Рижкова [та ін.] // Східно-Європейський журнал

передових технологій. – 2020. – № 2/11 (104). – С. 46-51.

10. Дослідження впливу використання білкових концентратів на реологічні показники кисломолочних продуктів та терміни їх зберігання/ В. П. Рудюк, В. М. Пасічний, Т. О. Хорунжа, О. О. Красуля // Харчова промисловість. – Київ : НУХТ, 2019. – № 25. – С. 70–77.

11. Романчук, І., Моїсеєва, Л., Гондар, О. ., & Рудакова, Т. (2016). Закономірності формування кисломолочних згустків в молочних сумішах з гідролізованою лактозою та підвищеним вмістом сухих речовин. *Продовольчі ресурси*, 4(06), 107–112.

12. Грек, О. Вплив концентрату білка – регулятора в'язкісних характеристик на консистенцію кисломолочного напою / О. Грек, О. Красуля, Т. Пшенична // *Продовольча індустрія АПК*. – 2016. – № 4. – С. 27-31.

13. 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

14. Ibarra, A., Acha, R., Calleja, M. T., Chiralt-Boix, A., & Wittig, E. (2012). Optimization and shelf life of a low-lactose yogurt with *Lactobacillus rhamnosus* HN001. *Journal of dairy science*, 95(7), 3536–3548.

15. Сливка Н.Б., Білик О.Я., Михайлицька О.Р., Гачак Ю.Р. Дослідження змін окремих фізико-хімічних показників йогуртів при використанні концентратів сироваткових білків. *Науковий вісник Львівського університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С.З. Гжицького: серія «Харчові технології»*. 2019. №91. С. 162-166.

16. Комплексна оцінка якості харчування / [Кузьмін О.В., Ільчук Н.В., Салтан Б.А., Сасник С.С.] // *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. — 2018. — Т. 1, № 11 (51). — С. 69–76.

РОЗДІЛ 5

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Заходи із практичного впровадження результатів дослідження

Дисертаційна робота виконувалась відповідно з тематичними планами наукових досліджень кафедри ресторанних і крафтових технологій Державного торговельно-економічного університету за темою «Технологія молочних продуктів із регульованим вуглеводним складом» (Додаток К1).

Окремі положення та висновки дисертаційного дослідження включено до лекційного матеріалу зі спеціальної дисципліни «Інноваційні харчові технології» (Додаток К2).

Під час виконання теоретичних і експериментальних досліджень для дисертації одночасно проводилася робота щодо впровадження отриманих результатів у практичну діяльність.

Розроблений низьколактозний йогурт на основі сколотин неодноразово були представлені на дегустаціях за участю наукових і практичних працівників ресторанного господарства, харчової промисловості, де отримали високу оцінку спеціалістів і були рекомендовані до впровадження (Додаток Л).

Впровадження науково-технічних розробок шляхом випуску промислових партій й реалізації нового продукту здійснено у виробничих умовах ТОВ «МПС-ПРОДУКТ» м. Київ (акт від 23.11.2023 р.) (Додаток М1); ТОВ «УКРРЕСТ» кафе-сироварня «Мацоні» (акт від 27.11.2023.) (Додаток М2); ТОВ «КПІ ПРО» м. Київ (акт від 07.12.2023р.) (Додаток М3).

5.2 Розрахунок ефективності наукової розробки

Позитивне значення результатів дослідження полягає в економічній та соціальній ефективності розробок. Основний ефект від впровадження нової продукції – соціальний, який полягає в збереженні і захисті здоров'я людини та більш повному використанні ресурсів білково-вуглеводної молочної сировини, у розширенні асортименту низьколактозних йогуртів спеціального дієтичного призначення підвищеної харчової цінності з поліпшеними споживчими властивостями за рахунок виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин.

Визначення економічної ефективності від впровадження інноваційних технологій передбачає, по-перше, попереднє виявлення розміру змін поточних і капітальних витрат виробництва, що, у свою чергу, потребує тісного взаємозв'язку джерел ефекту від їх застосування. Такими джерелами при впровадженні нових технологій продукції виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин можуть бути трудові, матеріальні, фінансові ресурси тощо.

Економічний ефект від впровадження нових розробок передбачається в одержанні прибутку за рахунок забезпечення їх реалізації. Досягнення необхідного обсягу реалізації та оптимального прибутку залежить від правильності обрання цінової політики.

Так, розрахунок собівартості низьколактозного йогурту на основі сколотин здійснювався на підставі нормативних актів, прийнятих і затверджених для виробництва відповідного суб'єкта господарської діяльності, Методичних рекомендацій з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості [1,2].

Кількісна оцінка економічної ефективності проводилася на підставі розрахунку вартості низьколактозного йогурту на основі сколотин та співставленням її конкурентоспроможності з роздрібною ціною йогуртів безлактозних 1,5 жирності торгівельних марок «На здоров'я», «Волошкове поле», «Latter» та йогуртом «Карпатський» безлактозний питний, 2,2% жиру.

У табл. 5.1 наведено розрахунок вартості сировини для виробництва та реалізації 100 кг розробленої продукції.

Таблиця 5.1

Розрахунок вартості сировини для виробництва низьколактозного йогурту на основі сколотин розрахунок на 100 кг

Найменування сировини та матеріалів	Низьколактозний йогурт		
	Кількість сировини, кг	Вартість 1 кг (л), грн.	Вартість сировини, грн.
Сколотини	91,9974	7,0	643,98
Сухий концентрат молочних білків MPC-85% (Pienas LT, Латвія)	8,0	348,0	2784
Термофільна закваска для йогурту YC-X11 (Chr. Hansen, Данія)	0,0026	14400,0	37,44
Разом	100, 0		3465,42
Витрати на пакування	-		346,54
Транспортно-виробничі витрати	-		69,31
Всього	-		3881,27

Розрахунок вартості сировини і матеріалів здійснювали визначенням загальної ціни інгредієнтів, що необхідні для виробництва 100 кг низьколактозного йогурту на основі сколотин. Розрахунки проведено відповідно до Методичних рекомендацій з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості. Ферментний препарат лактази GODO-YNL2 при виробництві використовується у кількості $3 \cdot 10^{-4}$ мл, що при його ціні 1800 грн, вартість дози препарату можна не враховувати. Калькуляцію собівартості 100 кг низьколактозного йогурту на основі сколотин наведено у цінах на 01.02.24 р.

До статті «Сировина та матеріали» відносимо витрати на пакування, транспортно-виробничі заходи та обладнання, необхідне для виготовлення низьколактозного йогурту на основі сколотин. Витрати на пакування приймали у розмірі 10% від вартості сировини, на транспортно-виробничі заходи – у розмірі 2%.

Кількісна величина фінансової (комерційної) ефективності визначається відношенням суми одержаного прибутку від потенційно можливого обсягу і

вартості капіталовкладень. У свою чергу, сума одержаного прибутку – різниця між ціною продажу і собівартістю випуску з урахуванням обсягу продажу.

Отже, загальна сума коштів, за всіма статтями складає для собівартості 100 кг низьколактозного йогурту на основі сколотин – 3881,27 грн.

Собівартість реалізованої продукції (робіт, послуг) складається з виробничої собівартості продукції (робіт, послуг), яка була реалізована протягом звітного періоду, перерозподілених загальновиробничих витрат та наднормативних виробничих витрат.

У виробничу собівартість продукції (робіт, послуг) включаються: прямі матеріальні витрати, прямі витрати на оплату праці; інші прямі витрати; загальновиробничі витрати [3].

До складу прямих матеріальних витрат включається: вартість сировини та основних матеріалів, які утворюють основу продукції, що виробляється, напівфабрикатів, комплектуючих виробів та інших матеріалів, які можуть бути безпосередньо віднесені до конкретного об'єкта витрат.

До складу прямих витрат на оплату праці включається: заробітна плата та інші виплати працівникам, зайнятим у виробництві продукції, які можуть бути безпосередньо віднесені до конкретного об'єкта.

До складу загальновиробничих витрат включаються: витрати на управління виробництвом, амортизація основних засобів і нематеріальних активів; витрати на утримання, експлуатацію та ремонт, страхування, операційну оренду основних засобів; витрати на вдосконалення технології та організації виробництва; витрати на опалення, освітлення, водопостачання та інше утримання виробничих приміщень; витрати на обслуговування виробничого процесу; витрати на охорону праці; інші витрати.

Для цілей ціноутворення собівартість калькулюється за статтями калькуляції, що представлена у табл. 5.2.

**Розрахунок собівартості і відпускної ціни низьколактозного йогурту
на основі сколотин**

Найменування статей витрат	Витрати за статтями на 100 кг, грн
1	2
Сировина та матеріали	3881,27
Паливо і електроенергія на технологічні цілі	509,00
Основна і додаткова заробітна плата	277,63
Відрахування на соц. страхування	61,08
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування (амортизація)	101,61
Витрати на брак	109,16
Виробнича собівартість	4697,16
Адміністративні витрати	293,57
Витрати на збут	880,72
Повна собівартість	5871,46
Прибуток підприємства	587,15
Оптова ціна підприємства	6458,60
Податок на додану вартість	1291,72
Відпускна ціна 100 кг	7750,32
Відпускна ціна 1 кг	77,50

Заробітна плата робітників, які зайняті безпосередньо у виробництві, входить до собівартості продукції. Основна заробітна плата при виробництві 100 кг низьколактозного йогурту на основі сколотин складає 252,39 грн.

Додаткова заробітна плата включає надбавки, доплати, які передбачені чинним законодавством та премії. За досягнення кількісних і якісних результатів праці встановлено премію, розмір якої становить 10% від основної заробітної плати, що складає 25,24 грн. для низьколактозного йогурту на основі сколотин.

Отже, витрати на оплату праці (основну і додаткову) на виготовлення 100 кг низьколактозного йогурту на основі сколотин складають 277,63 грн.

Відрахування на соціальні заходи приймали в розмірі 22% (згідно змін до Податкового кодексу України єдиний соціальний внесок становить 22%) від витрат на оплату праці, що складає 61,08 грн.

Загальновиробничі витрати та витрати на утримання та експлуатацію устаткування складають 101,61 грн.

Щоб розрахувати витрати, пов'язані з дефектною продукцією, потрібно врахувати витрати, понесені через виробничий брак. Ці витрати, як правило, включають ресурси, витрачені на браковану продукцію, яка не може бути продана за призначенням. Розрахунок цих витрат передбачає визначення та кількісну оцінку різних елементів, пов'язаних з дефектною продукцією. Витрати на брак становлять 3% від витрат на сировину та матеріали і дорівнюють 109,16 грн.

Адміністративні витрати становлять 5% від повної собівартості, а витрати на збут 15% від повної собівартості і дорівнюють відповідно 293,57 грн. і 880,72 грн.

Для нормального функціонування підприємства прибуток повинен складати не менше 10% до собівартості і дорівнює для низьколактозного йогурту на основі сколотин 587,15 грн. при виробництві 100 кг.

Податок на додану вартість – 20 % від оптової ціни підприємства.

Отже, відпускна ціна розробленого низьколактозного йогурту на основі сколотин становитиме 77,50 за кг, що нижче за ціни на ринку. Для оцінки конкурентоздатності низьколактозного йогурту на основі сколотин було здійснено порівняння з цінами на аналогічну продукцію на ринку (рис. 5.1).

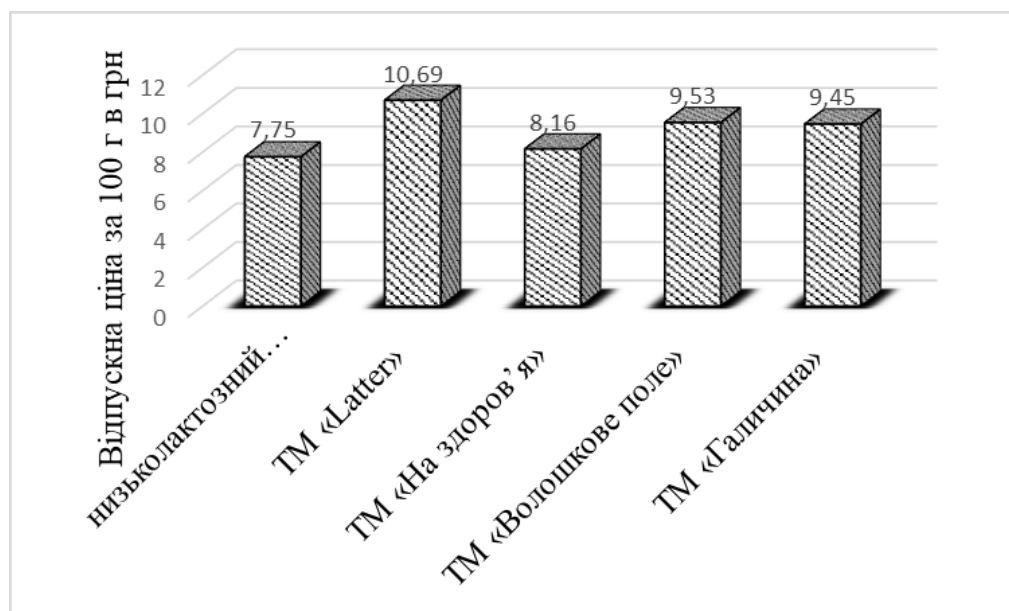


Рис.5.1 Порівняння цін продажу на низьколактозний йогурт на основі сколотин та безлактозну продукцію, що реалізується на ринку, грн/100г (станом на 01.02.2024)

Середня відпускна ціна на безлактозні йогурти ТМ «Галичина», «Волошкове поле», «На здоров'я», «Latter», що реалізується на вітчизняному ринку становить 9,12 грн/100г. Отже, в порівнянні з цінами аналогічних безлактозних йогуртів розроблений низьколактозний йогурт на основі сколотин дешевший на 15 %, що є резервом зростання прибутковості та джерелом конкурентної переваги. Таким чином, впровадження у виробництво нової технології низьколактозного йогурту на основі сколотин є економічно ефективним.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 5.

1. Здійснено комплекс організаційно-технологічних заходів щодо впровадження розробленої технології низьколактозних кисломолочних напоїв у підприємства харчової промисловості та закладах ресторанного господарства м. Києва.

2. Здійснена оцінка ефективності функціонування розробленої технології низьколактозного йогурту на основі сколотин. Показано, що розроблена технологія забезпечує виробництво продукції на основі вітчизняної ресурсної бази, включаючи не тільки вихідну локальну сировину, але й основні інгредієнти. Проведено розрахунок собівартості і відпускної ціни низьколактозного йогурту на основі сколотин. Встановлено, що відпускна ціна розроблених йогуртів на 15 % нижча за відпускну ціну продукцію, що реалізується на ринку, що є резервом зростання прибутковості та джерелом конкурентної переваги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 5.

1. Діяльність суб'єктів господарювання»/«Activity of business entities». Статистичний збірник. *Державна служба статистики України*. 2020 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ9_u.htm.
2. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості (наказ Міністерства промислової політики України № 373 від 09.07.2007 р.). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/>.
3. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/>.

ВИСНОВКИ

1. За результатами огляду літературних та патентних джерел доведено, що розроблення нових технологій низьколактозних молочних продуктів є актуальним та своєчасним завданням, що пояснюється підвищеним попитом на молочну продукцію зі зниженим вмістом лактози і вузьким асортиментом означеної продукції вітчизняного виробництва. Визначено перспективність використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозних кисломолочних напоїв. На основі аналізу хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей обґрунтовано технологічну доцільність використання сколотин, отриманих при виробництві масла методом збивання вершків, як молочної основи для виробництва низьколактозних йогуртів.

2. Встановлено, що використання сухого концентрату молочних білків (КМБ-85) у кількості 6,5...8% для нормалізації сколотин за вмістом сухих речовин дозволить отримати низьколактозний йогурт підвищеної харчової цінності із заданими реологічними властивостями.

3. На основі експериментальних досліджень визначено, що ефективність гідролізу лактози у сколотинах із підвищеним вмістом сухих речовин становить 70-75% за таких раціональних параметрів: концентрація ферментного препарату β -галактозидази GODO-YNL2 – 0,03...0,05%, тривалість процесу – 90...150 хв, температура $40\pm 2^\circ\text{C}$.

4. Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сквашування на формування кисломолочного згустку низьколактозного йогурту. Шляхом багатофакторного експерименту доведено, що утворення стабільного кисломолочного згустку із нормованою титрованою кислотністю в межах $80...140^\circ\text{T}$ відбувається за таких параметрів: доза заквашувального препарату – 2,6мг/100 г, тривалість процесу – 210 хв., температура $40\pm 2^\circ\text{C}$.

5. Розроблено рецептуру та технологічну схему одержання низьколактозного йогурту на основі сколотин. На основі комплексу отриманих даних, що характеризують якість розробленого низьколактозного йогурту, доведено його високу харчову та біологічну цінність. Встановлено, що вміст

білкових речовин низьколактозного йогурту на основі сколотин перевищує контроль у 3,3 рази. Для розробленого йогурту характерні більш збалансований амінокислотний складу білку та відсутність лімітуючих амінокислот. Доведено, що розроблений низьколактозний йогурт характеризується підвищеним вмістом мінеральних речовин та вітамінів. Визначено, що збільшення вмісту білку у розробленому продукті призводить до збільшення на 27,9% його енергетичної цінності у порівнянні з йогуртом безлактозним промислового виробництва.

6. Встановлено, що за показниками безпечності низьколактозний йогурт на основі сколотин відповідає вимогам нормативної документації Вміст лактози у дослідній партії низьколактозного йогурту складає 0,73 г на 100 г продукту, що підтверджено результатами лабораторних досліджень та відповідає чинним вимогам. На основі досліджень зміни фізико-хімічних, органолептичних, реологічних та мікробіологічних показників розробленого низьколактозного йогурту обґрунтовано режими та терміни його зберігання: температура $4\pm 2^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 75...80%, термін зберігання – 14 діб.

7. Проведено комплекс заходів щодо впровадження розробленої технології у підприємствах харчової промисловості та закладах ресторанного господарства м. Києва. Здійснено оцінку ефективності функціонування розробленої технології низьколактозного йогурту на основі сколотин. Зазначено, що розроблена технологія забезпечує виробництво продукції на основі вітчизняної сировини. Соціальний ефект від розробленого продукту полягає у розширенні вітчизняного асортименту низьколактозних молочних продуктів підвищеної харчової цінності за рахунок раціонального використання харчового потенціалу вторинної молочної сировини.

ДОДАТКИ

Додаток А. Сертифікати якості сировини

CHR HANSEN*Improving food & health***YC-X11**

Специфікація

Версія: 4 PI EU UA 03-03-2018

Опис

Термофільна культура YoFlex®.

Таксономія

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Streptococcus thermophilus

Матеріал №	713506	Колір	Від білого до світлого червонувато-коричнюватого відтінку
Розмір	30x50од.	Формат	Ліофілізована культура прямого внесення (FD-DVS)
Тип	Пакети у коробці	Форма	Гранули

Умови зберігання

Температура: < -18°C / < 0 °F

Термін придатності

Щонайменше 24 місяців з дати виробництва при дотриманні рекомендованих умов зберігання.

При температурі +5°C (41°F) термін придатності складає 6 тижнів.

Рекомендації по застосуванню**Застосування**

Культура виробляти йогурт з дуже ніжним смаком і ароматом, надзвичайно високою в'язкістю та низьким рівнем наростання кислотності після сквашування. Культура підходить для виробництва термостатних, резервуарних та питних йогуртів.

Рекомендована доза для заквашування

Кількість молока для заквашування, л	250	1000	2500	5000	10000
Кількість культури DVS, од.	50	200	500	1000	2000

Для створення максимальної ефективності, складу та рекомендованої дози для заквашування даної культури використовувалися унікальні штами мікроорганізмів, найсучасніші біотехнологічні принципи та 140-річний досвід компанії в молочній промисловості.

Застереження. Застосування дози меншої від рекомендованої може стати причиною небажаних змін в www.chr-hansen.com

Інформація в цьому документі є достовірною та представлена добросовісно. Зазначені в цьому документі продукти не порушують права інтелектуальної власності третьої сторони. Продукти можуть проходити процес патентування чи бути запатентованими, зареєстрованими або незареєстрованими торговою маркою. Авторське право належить © Chr. Hansen A/S. Всі права захищені.

CHR HANSEN*Improving food & health***YC-X11**

Специфікація

Версія: 4 PI EU UA 03-03-2018

якості продукції, зниження ефективності виробництва, втрати виходу продукції, можливих порушень процесу ферментації та підвищеного ризику атак бактеріофагів.

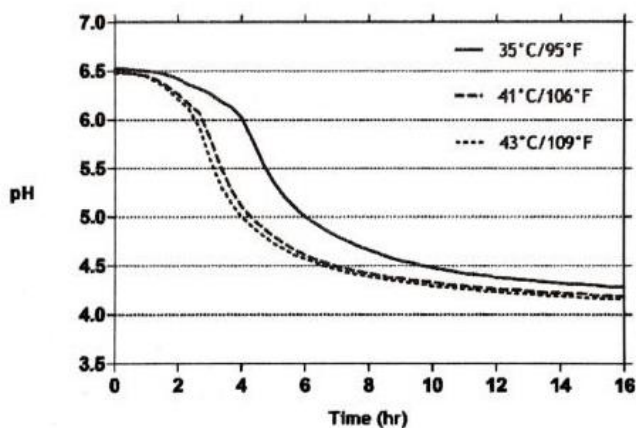
Дістати культуру з морозильної камери безпосередньо перед використанням. Обробіть верхину упаковки розчином, який містить активний хлор, або іншим ефективним засобом. Відкрийте пакет і висипіть ліофілізовані гранули безпосередньо в пастеризований продукт повільно перемішуючи. Перемішують суміш протягом 10-15 хвилин для рівномірного розподілення культури в об'ємі. Рекомендована температура інкубації становить 35-45 ° C (95-113 ° F). Для більш детальної інформації про застосування та режими ознайомтесь з нашими технічними брошурами з рекомендованими рецептурами.

Асортимент.

Культури прямого внесення DVS® серії YoFlex® представлені культурами від дуже м'яких до тих, які дають яскравий аромат йогурту з різними профілями в'язкості.

Технічні дані

Крива кислотоутворення

www.chr-hansen.com

Інформація в цьому документі є достовірною та представлена добросовісно. Зазначені в цьому документі продукти не порушують права інтелектуальної власності третьої сторони. Продукти можуть проходити процес патентування чи бути запатентованими, зареєстрованими або незареєстрованими торговою маркою. Авторське право належить © Chr. Hansen A/S. Всі права захищені.

Сертифікат Аналізу Certificate of Analysis

Product name / Найменування продукту:	YC-X11
Form / Форма:	Ліофілізовані культури прямого внесення FD-DVS
Item no / Код продукту:	713506
Batch no / Номер партії	3515945

Performance / Умови	Result / Результат	Specification / Норма
pH 5 ч. 43°C	4,7	4,5-4,9
Загальна кількість бактерій (КУО/г)	2,3E+11	>=1E+11

Мікроорганізми даної культури не є генетично-модифікованими

Purity / Чистота	Result / Результат	Specification / Норма
Coliforms(MPN/g) / Колі форми в 1г	Не виявлено	Не дозволено
Спори мезофільних анаеробних бактерій КУО в 1 г	Не виявлено	Не дозволено
Yeasts(cfu/g)/ Дріжджі (КУО/г)	Не виявлено	Не дозволено
Salmonella spp.* / Сальмонели в 50 г	Не виявлено	Не дозволено

Кількість життєздатних молочнокислих мікроорганізмів, КУО в 10 г не менше 1×10^9

* Environmental and statistically based product testing is carried out on an ongoing basis, details can be supplied on request.

* Середовище та статистичні дані по досліджуемому продукту виконані на наступній підставі.

Conditions for activity analysis


pH 5h 43°C 500U/2500L

Умови визначення активності

pH 5ч 43°C 500U/2500л



Додаток А.3

	MILK PROTEIN CONCENTRATE MPC 85 SPECIFICATION	CODE:
		APPLICATION: 04 DECEMBER 2015 VERSION: 1 No. REVISION: 0 EXPIRED DATE: 04 DECEMBER 2017 PAGE: 1 de 1 ELEMENT: N/A

Description: Milk Protein Concentrate 85 from Loneg is a spray dried milk protein concentrate manufactured by method Ultrafiltration of fresh Skim milk. Milk Protein Concentrate 85 has high protein content, excellent nutritional value, Milky flavor, making it an ideal ingredient for nutritional products.

Sensory	
Appearance	Fine powder, free of lumps
Color	White to light cream
Flavor	Clean, bland
Odor	Clean, bland
Foreign material	Free from extraneous matter
Composition	
Protein (Dry basis)	85.0 min.
Protein %	81.0 min.
Fat	2.5 máx.
Moisture	6.0 máx.
Ash	8.0 máx.
Lactose	8.0 máx.
Acidity (10 % Solids) ° D	15.0 máx.
pH (10 % Solids)	6.5 – 7.2
Apparent Density g/mL	0.28 min.
Scorched Particle mg/g (ADPI)	< 15 mg/25g
Microbiology	
Standard Plate Count Cfu/g	30,000 máx.
Coliform Cfu/g	< 10
Yeast and mold Cfu/g	< 100
Salmonella /375 g	No detected
Listeria /25 g	No detected
E. Coli Cfu/g	No detected
Staph-Coagulase Positive Cfu/g	No detected
Storage and Handling	It is recommended that product is stored at temperature below 25° C, relative humidity below 65% and in an odour free environment. Stocks should be used rotation preferably 24 months manufacture.
Packaging	Multi-wall paper which incorporated a moisture barrier and contains the product within an inner polyethylene bag. No staples or metal fasteners are used. Net weight 16 Kg (35.27 lb.)
COMPLIANCE	
Halal Certificate	ALLERGENS
Kosher OU Certificate	Contains milk and Dairy products.
HACCP EQA	
QUALITY ASSURANCE	
Strict quality control procedures are enforced during manufacture. The manufacturing environment is also subject to regular monitoring and control.	
Final product is sampled and tested for chemical, sensor and microbial parameters using internationally recognized procedures.	
During storage and shipment, precautions are taken to ensure that the product quality is maintained. Each bag is identified.	

Manufactured by: LONEG, S.A. DE C.V.
 Carretera Gómez Palacio – Gregorio A. García Km. 11.5 Ejido El Castillo, Gómez Palacio Durango, México
 CP. 35141 Phone: + 52 871 1800038 Contac@loneg.com.mx

**Додаток Б. Оптимізація процесу сквашування сколотин з гідролізованою
лактозою**

Додаток Б.1

Розрахунок критерію Фішера для поліному по визначенню титрованої кислотності

j	x ₁	x ₂	x ₃	Y _{1;сер}	\bar{Y}_1	S ² ad	S ² e	S ² y ₁	S ² y ₂	S ² y ₃
1	-1	-1	-1	73,7	73,4	0,1	1,4	2,7222222	1,3888889	0,2222222
2	1	-1	-1	80,3	79,6	0,5	0,1	0,2222222	0,0555556	0,0555556
3	-1	1	-1	76,3	76,6	0,1	4,1	6,7222222	0,0555556	5,5555556
4	1	1	-1	80,0	79,8	0,0	1,3	2	2	0
5	-1	-1	1	80,0	80,1	0,0	0,3	0,5	0	0,5
6	1	-1	1	85,3	85,0	0,1	1,8	3,5555556	0,8888889	0,8888889
7	-1	1	1	81,7	82,3	0,4	4,1	0,0555556	6,7222222	5,5555556
8	1	1	1	86,7	86,8	0,0	4,8	1,3888889	9,3888889	3,5555556
9	-1,2153189	0	0	80,0	79,4	0,3	4,3	8	0,5	4,5
10	1,2153189	0	0	84,3	85,2	0,7	3,4	2,7222222	6,7222222	0,8888889
11	0	-1,2153189	0	82,0	83,0	1,0	2,3	0,5	4,5	2
12	0	1,2153189	0	86,0	85,3	0,5	4,3	0,5	4,5	8
13	0	0	-1,2153189	77,7	78,4	0,5	2,8	1,3888889	1,3888889	5,5555556
14	0	0	1,2153189	86,3	85,9	0,2	3,1	5,5555556	0,2222222	3,5555556
15	0	0	0	85,7	85,2	0,2	0,4	0,2222222	0,8888889	0,2222222
						0,4	38,8			
					F=	0,00935	≤ 8,72868			

Розрахунок критерію Фішера для поліному по визначенню в'язкості

j	x ₁	x ₂	x ₃	Y _{2;сер}	\bar{Y}_2	S ² ad	S ² e	S ² y ₁	S ² y ₂	S ² y ₃
1	-1	-1	-1	477,0	477,5	0,2	50,3	12,5	98	40,5
2	1	-1	-1	504,7	506,9	5,2	117,4	64,222222	234,72222	53,388889
3	-1	1	-1	487,0	489,8	7,6	363,0	544,5	544,5	0
4	1	1	-1	542,0	546,6	21,0	97,0	180,5	98	12,5
5	-1	-1	1	535,3	531,2	15,3	463,4	910,22222	133,38889	346,72222
6	1	-1	1	554,3	552,1	5,1	408,8	256,88889	813,38889	156,05556
7	-1	1	1	579,3	577,6	3,2	885,8	1088,8889	1530,8889	37,555556
8	1	1	1	548,3	548,4	0,0	293,4	566,72222	249,38889	64,222222
9	-1,2153189	0	0	544,0	546,3	5,4	79,0	84,5	8	144,5
10	1,2153189	0	0	573,7	570,0	13,5	283,1	272,22222	43,555556	533,55556
11	0	-1,2153189	0	517,0	520,1	9,8	34,3	2	60,5	40,5
12	0	1,2153189	0	553,3	548,9	20,0	92,1	2,7222222	156,05556	117,55556
13	0	0	-1,2153189	523,3	515,2	66,3	32,1	64,222222	16,055556	16,055556
14	0	0	1,2153189	565,7	572,5	46,2	470,8	193,38889	280,05556	938,88889
15	0	0	0	559,7	561,7	4,3	467,1	910,22222	373,55556	117,55556
						17,3	4137,8			
					F=	0,00417	8,72868			

Додаток В. Деклараційний патент України на корисну модель



Додаток Г. Протоколи дослідження хімічного складу

**ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**



ЗАТВЕРДЖУЮ

В.В.В. директорка з наукової роботи
Ірина РОМАНЧУК
«_____» _____ 20__ р.

АКТ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

від «16» листопада 2023 р.

Фізико-хімічні показники

Йогурт низьколактозний на основі сколотин

№ з/п	Назва показника	Одинці вимірювання	Результати випробувань
1.	Масова частка сухих речовин	%	15.3
2.	Масова частка золи	%	0.44
3.	Масова частка жиру	%	0.5
4.	Масова частка білку	%	9.8
5.	Титрована кислотність	°Т	83.0
6.	Активна кислотність	од. рН	4.78

ВИКОНАВЦІ:


к.т.н., с.н.с. зав. відділу молочних продуктів та дитячого харчування

 Антоніна МІНОРОВА

к.т.н., с.н.с. відділу молочних продуктів та дитячого харчування

 Людмила МОІСЕЄВА

Аспірант ДТЕУ

 Антон СЕРЕНКО

Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна
 Національної академії наук України
 м. Київ, вул. Леонтовича, 9
 Україна, 01601

**ВИПРОБУВАЛЬНО-БІОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР
 ІНСТИТУТУ БІОХІМІЇ НАН УКРАЇНИ**

**Вміст вітамінів у зразку
 (йогурт)**

№ п/п	Назва показника	Одиниця виміру	Вміст вітамінів
1	Вітамін В ₁ (тіамин)	мг на 100 г	0,13 ± 0,02
2	Вітамін В ₂ (рибофлавін)	мг на 100 г	0,12 ± 0,01
3	Вітамін В ₃ (ніацин)	мг на 100 г	1,0 ± 0,14
4	Вітамін Е (токоферол)	мг на 100 г	0,89 ± 0,04

Відповідальні виконавці:

м.н.с. .
 м.н.с.
 н.с.
 пров.інж.

С.П. Степаненко
Л.І. Чеховська
О.О. Меженська
Е.П. Пасична

Підписи *С.П. Степаненко, Л.І. Чеховської та ін.*
 ЗАСВІДЧУЮ
 Зав. канцелярією
 Інституту біохімії ім. О.В.Палладіна
 національної академії наук України
 "01" 12 2023 р.

Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна
Національної академії наук України
м. Київ, вул. Леонти
Україна, 01601

**ВИПРОБУВАЛЬНО-БІОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР
ІНСТИТУТУ БІОХІМІЇ НАН УКРАЇНИ**

Вміст амінокислот у зразку

(йогурт низьколактозний)

Амінокислота	Кількість мг в 100 г зразку, мг	% по мг
Валін	632,44	6,47
Ізолейцин	512,52	5,24
Лейцин	956,76	9,79
Лізин	816,44	8,35
Метіонін	264,84	2,71
Треонін	429,72	4,40
Триптофан	127,44	1,30
Фенілаланін	526,92	5,39
Аланін	316,64	3,24
Аргінін	329,0	3,37
Асп.кислота	639,56	6,54
Гістидін	258,0	2,64
Гліцин	185,52	1,90
Глут.кислота	1703,68	17,43
Пролін	938,72	9,60
Серин	529,08	5,41
Тирозин	522,44	5,34
Цистин	87,2	0,89
Сума	9776,92	100,00

Відповідальний виконавець:
гол.інж.дослідник

М.П.М'ясникова

Підпис *М.П. М'ясникова*
ЗАСВІДЧУЮ
Зав. канцелярією
Інституту біохімії ім. О.В.Палладіна
національної академії наук України
" 8 " _____ 2020 р.



Додаток Д. Протоколи досліджень вуглеводного складу

**ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заст. директора з наукової роботи
Ірина РОМАНЧУК
«_____» _____ 20__ р.

АКТ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

від «16» листопада 2023 р.

Визначення вмісту вуглеводів

Йогурт низьколактозний на основі сколотин

№ з/п	Назва показника	Одиниці виміру	Результати випробувань
1.	Вміст лактози	г/100 г	0.73
2.	Вміст глюкози	г/100 г	1.47
3.	Вміст галактози	г/100 г	2.23

ВИКОНАВЦІ:


к.т.н., с.н.с. зав. відділу молочних продуктів та дитячого харчування

 Антоніна МІНОРОВА

к.т.н., с.н.с. відділу молочних продуктів та дитячого харчування

 Людмила МОІСЕВА

Аспірант ДТЕУ

 Антон СЕРЕНКО

**Додаток Е. Протоколи лабораторних випробувань якості
низьколактозного йогурту на основі склотин**

Ф 7.В/1-1



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ЦЕНТР

Державна установа "Вінницький обласний центр контролю та профілактики хвороб
Міністерства охорони здоров'я України"

АКРЕДИТОВАНИЙ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019

Атестат про акредитацію № 20832 від 01.06.2021р. дійсний до 06.03.2024р.

Україна, 21100, м. Вінниця, вул. Малиновського, 11, тел. (0432) 66-22178, факс (0432) 67-18-35, vinoblscs@ukr.net



20832
Випробування



ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник ВЦ

ДУ "Вінницький ОЦКПХ МОЗ"

А.В. Борисенко

05.03.2024 р.

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

№ 370 від 05.03.2024 р.

Найменування продукції і НД	Йогурт низьколактозний, За вимогами замовника
Виробник, адреса	гр. Антон Серенко, вул. Олени Теліги, 56/16, м. Київ
Замовник, адреса	гр. Антон Серенко, вул. Олени Теліги, 56/16, м. Київ
Місце відбору зразка	вул. Олени Теліги, 56/16, м. Київ
Акт відбору	б/н від 15.02.2024 р.
Дата виготовлення	15.02.2024 р.
Розмір партії	1 дм3
Кількість зразка	0,5 кг, вид упаковки: Упаковка виробника
Дата надходження для випробувань	15.02.2024 р.

Закінчення додатку Е

Визначення токсичних елементів у харчових продуктах

№ п/п	Назва показника	Один. виміру	НД на метод випробувань	Допустимі рівні	Фактичне значення	Невизначеність вимірювання
1	Масова частка миш'яку	мг/кг	МВВ 081/12-4920-01	не більше 0,05	0,046	± 0,038 (3)
2	Масова частка свинцю	мг/кг	ГОСТ 30178-96	не більше 0,1	менше 0,025*	
3	Масова частка кадмію	мг/кг	ГОСТ 30178-96	не більше 0,03	менше 0,005*	
4	Масова частка цинку	мг/кг	ГОСТ 30178-96	не більше 5,0	3,14	
5	Масова частка міді	мг/кг	ГОСТ 30178-96	не більше 1,0	0,24	

Визначення мікотоксинів у харчових продуктах

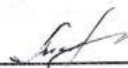
№ п/п	Назва показника	Один. виміру	НД на метод випробувань	Допустимі рівні	Фактичне значення	Невизначеність вимірювання
1	Масова частка афлатоксину В1	мг/кг	МР 2273-80	не дозволено (<0,001)	менше 0,001*	

- Примітка 1. Протокол випробувань стосується лише зразка, який передано на випробування.
 2. Протокол випробувань може бути повністю або частково відтворений лише з дозволу ВЦ.
 3. Похибку зазначено згідно НД.
 * - межа чутливості методу


Дата початку випробувань
15.02.2024

Дата закінчення випробувань
05.03.2024

Відповідальні за випробування:


Л.І. Коробійчук

Відповідальний за формування протоколу випробувань:


Г.Г. Іскра

**Додаток Ж. Протоколи лабораторних випробувань мікробіологічних
показників низьколактозного йогурту на основі сколотин**

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ІПР НААН України



Л.М. ХОМІЧАК

грудня

2023 р.

СПРОЩЕНИЙ ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

Всього аркушів 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Зразок №1

Йогурт (зразок від 16.11.23)

Мікробіологічні показники:

Таблиця 1

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	1·10 ⁷	1,5·10 ⁷	-	ДСТУ 7999:2015
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 0,01 см ³	Не виявлено	-	ДСТУ 7357:2013
Плісневі гриби, КУО/см ³ не більше	50	Не виявлено	-	ДСТУ8447:2015
Дріжджі, КУО/ см ³ , не більше	50	Не виявлено	-	ДСТУ 8447:2015

Відділ аналітичних досліджень та якості харчової продукції акредитований
 Національним агентством з акредитації України на компетентність відповідно до вимог
 ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019

Атестат акредитації № 201199 від 29 жовтня 2021 р.

Київ-2023

Продовження додатку Ж

Спрощений протокол
Аркуш 2, всього аркушів 3

Зразок №2

Йогурт (зразок від 23.11.23)

Мікробіологічні показники:

Таблиця 2

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	1·10 ⁷	1,3·10 ⁷	-	ДСТУ 7999:2015
БГКП (колиформи)	Не дозволено в 0,01 см ³	Не виявлено	-	ДСТУ 7357:2013
Плісеневі гриби, КУО/см ³ не більше	50	Не виявлено	-	ДСТУ8447:2015
Дріжджі, КУО/ см ³ , не більше	50	Не виявлено	-	ДСТУ 8447:2015

Зразок №3

Йогурт (зразок від 30.11.23)

Мікробіологічні показники:

Таблиця 3

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	1·10 ⁷	3,4·10 ⁷	-	ДСТУ 7999:2015
БГКП (колиформи)	Не дозволено в 0,01 см ³	Не виявлено	-	ДСТУ 7357:2013
Плісеневі гриби, КУО/см ³ не більше	50	Відповідає Менше 10	-	ДСТУ8447:2015
Дріжджі, КУО/ см ³ , не більше	50	Відповідає Менше 10	-	ДСТУ 8447:2015

Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванням. Цей протокол не може бути відтворений, тиражований та поширений як офіційний документ без дозволу відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України

Ф-7.8.04/ВАД редакція 2 зміна 0 від 07.07.2022

Закінчення додатку Ж

Спрощений протокол
Аркуш 3, всього аркушів 3

Зразок №4

Йогурт (зразок від 07.12.23)

Мікробіологічні показники:

Таблиця 4

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	1·10 ⁷	7,2·10 ⁸	-	ДСТУ 7999:2015
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 0,01 см ³	Не виявлено	-	ДСТУ 7357:2013
Плісеневі гриби, КУО/см ³ не більше	50	Відповідає Менше 10	-	ДСТУ 8447:2015
Дріжджі, КУО/ см ³ , не більше	50	Відповідає Менше 10	-	ДСТУ 8447:2015

Протокол оформив:

Даниленко С.Г.
ІПБ15.12.2023
дата

Відповідальний за проведення випробувань:

Потемська О.І.
ІПБ15.12.2023
дата


Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванню. Цей протокол не може бути відтворений, тиражований та поширений як офіційний документ без дозволу відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України

Ф-7.8.04/ВАД редакція 2 зміна 0 від 07.07.2022

Додаток К. Вагомість показників якості

Вагомість показників (за даними експертної групи)

Експерт	Коефіцієнт вагомості																													
	Виробництво																	Зберігання												
	Харчова цінність					Органолептичні властивості				Структурно-механічні властивості	Фізико-хімічні показники				Мікробіологічні показники				Органолептичні властивості					Структурно-механічні властивості	Фізико-хімічні показники		Мікробіологічні показники			
	Вміст білків	Вміст жирів	Вміст вуглеводів	Вміст вітамінів	Вміст мінеральних речовин	Консистенція	Колір	Запах	Смак	В'язкість	Масова частка жиру	Масова частка сухих знежирених речовин	Титрована кислотність	Активна кислотність	Масова частка лактози	Кількість молочно-кислих бактерій	Дріжджі	Плісневі гриби	Консистенція	Колір	Запах	Смак	В'язкість	Титрована кислотність	Активна кислотність	Кількість молочно-кислих бактерій	Дріжджі	Плісневі гриби		
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
1	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5		
2	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	4		
3	5	4	3	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4		
4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5		
5	5	3	3	4	4	5	4	4	4	5	3	4	3	3	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4		
6	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5		
7	4	3	3	4	4	5	5	5	5	5	3	3	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4		
m_{ijcp}	4,86	4,0	3,57	4,43	4,43	5,0	4,5	4,5	4,7	4,86	3,7	4,00	4,00	4,00	4,71	5,00	4,4	4,4	5,0	4,7	4,57	4,57	5,00	4,14	4,14	5,00	4,29	4,43		
m_{ij}	0,228	0,188	0,168	0,208	0,208	0,265	0,242	0,242	0,251	1,000	0,182	0,196	0,196	0,196	0,230	0,360	0,320	0,320	0,265	0,251	0,242	0,242	1,000	0,500	0,500	0,364	0,313	0,323		

Додаток Л. Довідки про впровадження результатів дослідження



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, тел. +380 (44) 531 47 41, e-mail: knute@knute.edu.ua, код ЄДРПОУ 44470624

16.11.2023 № 2063/24

На № _____

ДОВІДКА

Видана Серенку Антону Андрійовичу, аспіранту кафедри технології і організації ресторанного господарства Державного торговельно-економічного університету, про те, що він дійсно з I кв. 2021 р. бере участь у виконанні науково-дослідної роботи «Технологія молочних продуктів з регульованим вуглеводним складом» (термін виконання теми: I кв. 2021 р. – IV кв. 2024 р.).

Державний торговельно-економічний університет є правонаступником Київського національного торговельно-економічного університету.

Номер державної реєстрації НДР 0121U109360.

Особистий внесок Серенка Антона Андрійовича:

- визначено вплив температури ферментації, дози ферменту та масової частки сухих речовин на ступінь гідролізу лактози;
- визначено раціональні параметри і режими технологічного процесу ферментації гідролізованих сколотин молочнокислими бактеріями;
- розроблено рецептуру та технологію йогурту на основі сколотин зі зниженим вмістом лактози.

**Проректор
з науково-педагогічної
роботи та міжнародних зв'язків**



Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО

Птуха Олена (044) 531 31 26



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, тел. +380 (44) 531 47 41, e-mail: knute@knute.edu.ua, код ЄДРПОУ 44470624

12.02.2024 № 429/22

На № _____

ДОВІДКА

Видана Серенку Антону Андрійовичу, аспіранту кафедри технології і організації ресторанного господарства Державного торговельно-економічного університету, про те, що окремі положення, висновки, пропозиції та результати, що містяться у дисертаційному дослідженні, виконаному на здобуття наукового ступеня доктора філософії, на тему «Технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі скотин» застосовувалися в освітньому процесі ДТЕУ для підготовки лекційних матеріалів з навчальної дисципліни «Інноваційні харчові технології».

Особистий внесок здобувача: підготовлено текст лекції №3 «Технологія харчових продуктів категорії free from» навчальної дисципліни «Інноваційні харчові технології» для здобувачів освітнього ступеня «магістр».

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради.

Проректор
з науково-педагогічної роботи
та міжнародних зв'язків ДТЕУ



Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО

Додаток М. Протоколи та акти дегустацій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «МПС-ПРОДУКТ»

 Оксана БіЛОМИТЦЕВА

« 23 » листопада 2023 р.



**Протокол
закритої дегустації дослідної партії низьколактозних йогуртів на основі
сколотин**

Об'єкт дегустаційної оцінки:

- низьколактозний йогурт на основі сколотин;
- йогурт безлактозний ТМ «На здоров'я» промислового виробництва, виготовлений за ТУ У10.5-23063575-013:2015.

Метод: описовий метод, метод балової оцінки.

Методика:

- надано описову характеристику напоям та контрольному зразку в табл.1.
- за розробленою 5-ти баловою шкалою оцінювали органолептичні показники кисломолочних напоїв: зовнішній вигляд, колір, смак, запах та консистенція. Встановлені залежності між якісною оцінкою показника і відповідною оцінкою в балах представлено у вигляді табл. 2.

Учасники дегустації:

- від підприємства: директор ТОВ «МПС-ПРОДУКТ» Біломитцева О.М., голова технологічного департаменту ТОВ «МПС-ПРОДУКТ» Сабіров О.В.;
- від розробника (Державний торговельно-економічний університет): Юдіна Т.І. – д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства, Серенко А.А. – аспірант, кафедри технології і організації ресторанного господарства.

Продовження додатку М.1

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика органолептичних показників
низьколактозного йогурту на основі сколотин
та контрольного зразку.**

Низьколактозний йогурт на основі сколотин	Йогурт безлактозний ТМ «На здоров'я» (контроль)
<i>Зовнішній вигляд</i>	
Однорідна молочнокисла рідина середньої густини	Однорідна молочнокисла рідина середньої густини
<i>Колір</i>	
Молочно-білий з легким жовтим відтінком	Молочно-білий
<i>Смак</i>	
Характерний кисломолочний, з приємних солодкуватим присмаком; без сторонніх присмаків;	Характерний кисломолочний, з відчутним кислуватим присмаком
<i>Запах</i>	
Чистий, приємний; характерний для кисломолочних напоїв; без сторонніх ароматів та запахів	Чистий, характерний для кисломолочних напоїв; без сторонніх ароматів та запахів
<i>Консистенція</i>	
Згусток щільний, однорідний по всій масі; в міру в'язка; без виділення сироватки	Згусток щільний, однорідний по всій масі; спостерігається незначне виділення сироватки

Таблиця 2

**Дегустаційна оцінка низьколактозного йогурту на основі сколотин
та контрольного зразку.**

Найменування дегустаційних зразків	Органолептичні показники					Середньозважена балова оцінка балів
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах	Консистенція	
	<i>Коефіцієнт вагомості, од</i>					
	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	
Низьколактозний йогурт на основі сколотин	4,9	5,0	4,9	5,0	4,9	4,9
Контроль	5,0	4,9	5,0	4,9	4,9	4,9

Закінчення додатку М.1

Результати:

- Виготовлена партія низьколактозних йогуртів на основі сколотин відрізняється привабливим зовнішнім виглядом, покращеним смаком, запахом в порівнянні з контрольним зразком, згусток щільний, без виділення сироватки.
- Середньозважена балова оцінка виробів становить 4,9 бали.

Висновок дегустаційної комісії: дегустаційною комісією рекомендовано використання технології низьколактозних йогуртів на основі сколотин в закладах ресторанного господарства з метою розширення асортименту кисломолочних напоїв спеціального дієтичного призначення, а саме для осіб хворих на непереносимість лактози.

Постановили:


- Ухвалити технологію низьколактозних йогуртів на основі сколотин;
- Удосконалене технологічне рішення не потребує додаткового технологічного оснащення, що не ускладнює загальний технологічний процес;
- Рекомендувати технологію низьколактозних йогуртів на основі сколотин до впровадження у ТОВ «МПС-ПРОДУКТ».

Від ДТЕУ:

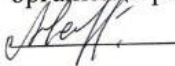
Проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків

Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО

Д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства

 Тетяна ЮДИНА

Аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства

 Антон СЕРЕНКО


Від Підприємства:

Директор ТОВ «МПС-ПРОДУКТ»

Оксана БЛОМИТЦЕВА

 23.11.2023 р.

Голова технологічного департаменту ТОВ «МПС-ПРОДУКТ»

 Олександр САБІРОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор кафе-сироварні «Мацоні»

ТОВ «УКРРЕСТ»

Ольга АНДРІАНОВА

« 27 » листопада 2023 р.

**Протокол****закритої дегустації дослідної партії низьколактозних йогуртів на основі
сколотин***Об'єкт дегустаційної оцінки:*

- низьколактозний йогурт на основі сколотин;
- йогурт безлактозний ТМ «На здоров'я» промислового виробництва, виготовлений за ТУ У10.5-23063575-013:2015.

Метод: описовий метод, метод бальної оцінки.*Методика:*

- надано описову характеристику напоям та контрольному зразку в табл. 1.
- за розробленою 5-ти бальною шкалою оцінювали органолептичні показники кисломолочних напоїв: зовнішній вигляд, колір, смак, запах та консистенція. Встановлені залежності між якісною оцінкою показника і відповідною оцінкою в балах представлено у вигляді табл. 2.

Учасники дегустації:

- від підприємства: директор кафе-сироварні «Мацоні» ТОВ «УКРРЕСТ» Андріанова О.Ю.;
- від розробника (Державний торговельно-економічний університет): Юдіна Т.І. – д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства, Серенко А.А. – аспірант, кафедри технології і організації ресторанного господарства.

Продовження додатку М.2

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика органолептичних показників
низьколактозного йогурту на основі сколотин
та контрольного зразку.**

Низьколактозний йогурт на основі сколотин	Йогурт безлактозний ТМ «На здоров'я» (контроль)
<i>Зовнішній вигляд</i>	
Однорідна молочнокисла рідина середньої густини	Однорідна молочнокисла рідина середньої густини
<i>Колір</i>	
Молочно-білий з легким жовтим відтінком	Молочно-білий
<i>Смак</i>	
Характерний кисломолочний, з приємних солодкуватим присмаком; без сторонніх присмаків;	Характерний кисломолочний, з відчутним кислуватим присмаком
<i>Запах</i>	
Чистий, приємний; характерний для кисломолочних напоїв; без сторонніх ароматів та запахів	Чистий, характерний для кисломолочних напоїв; без сторонніх ароматів та запахів
<i>Консистенція</i>	
Згусток щільний, однорідний по всій масі; в міру в'язка; без виділення сироватки	Згусток щільний, однорідний по всій масі; спостерігається незначне виділення сироватки

Таблиця 2

**Дегустаційна оцінка низьколактозного йогурту на основі сколотин
та контрольного зразку.**

Найменування дегустаційних зразків	Органолептичні показники					Середньозважена балова оцінка балів
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах	Консистенція	
	Коефіцієнт вагомості, од					
	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	
Низьколактозний йогурт на основі сколотин	4,9	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9
Контроль	5,0	4,9	5,0	4,9	4,9	4,9

Закінчення додатку М.2

Результати:

- Виготовлена партія низьколактозних йогуртів на основі сколотин відрізняється привабливим зовнішнім виглядом, покращеним смаком, запахом в порівнянні з контрольним зразком, згусток щільний, без виділення сироватки.
- Середньозважена балова оцінка виробів становить 4,9 бали.

Висновок дегустаційної комісії: дегустаційною комісією рекомендовано використання технології низьколактозних йогуртів на основі сколотин в закладах ресторанного господарства з метою розширення асортименту кисломолочних напоїв спеціального дієтичного призначення, а саме для осіб хворих на непереносимість лактози.

Постановили:

- Ухвалити технологію низьколактозних йогуртів на основі сколотин;
- Удосконалене технологічне рішення не потребує додаткового технологічного оснащення, що не ускладнює загальний технологічний процес;
- Рекомендувати технологію низьколактозних йогуртів на основі сколотин до впровадження у закладах ресторанного господарства.

Від ДТЕУ:

Проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків

Анжеліка ПЕРАСИМЕНКО

28

Д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства

Тетяна ЮДИНА

Аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства

Антон СЕРЕНКО

Від Підприємства:

Директор кафе-сироварні «Мацоні» ТОВ «УКРРЕСТ»

Ольга АНДРІАНОВА

27

23 р.

Додаток М.3

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «КПІ ПРО»

Юрій ФІЛАТОВ

« 07 грудня 2023 р. »

КОД: 44626338

АКТ ДЕГУСТАЦІЇ № 27

від 07.12.2023.

засідання дегустаційної комісії

Даний акт складений представниками ТОВ «КПІ ПРО»: Філатовим Я.В. – директором ТОВ «КПІ ПРО», Ланською В.Д. – інженером-технологом, та представниками Розробника нових видів низьколактозних кисломолочних напоїв (Державний торговельно-економічний університет): Юдіною Т. І. – д.т.н., професором кафедри технології та організації ресторанного господарства ДТЕУ, Серенко А.А. – аспірантом кафедри технології та організації ресторанного господарства ДТЕУ в тому, що в період жовтень - грудень 2023 р. у виробничих умовах ТОВ «КПІ ПРО» було проведено випробування нових видів низьколактозних кисломолочних напоїв, зокрема йогурту низьколактозного на основі сколотин та здійснено його дегустацію.

Розроблена технологія нового кисломолочного напою відрізняється тим, що в якості молочної основи використано сколотини, нормалізовані за вмістом сухих речовин додаванням сухого концентрату молочних білків, в якості ферментного препарату β-галактозидази використано ферментний препарат «GODO-YNL2» продукований культурою *Kluyveromyces lactis*, як закваску використано заквашувальний препарат для йогурту прямого внесення, що містить суміш мікроорганізмів молочнокислих бактерій, до складу яких входить *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*.

Дегустаційною комісією проведено органолептичну оцінку готового низьколактозного йогурту. Оцінювання здійснювали за 5-ти бальною шкалою, представленою Розробником, у наступній послідовності: зовнішній вигляд, колір, смак і запах, консистенція (табл. 1).

Продовження додатку М.3

Таблиця 1

Результати органолептичної оцінки низьколактозного йогурту на основі сколотин

Назва зразка	Органолептичні показники якості, бали					Середня оцінка якості, балів
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Консистенція	
	Коефіцієнт вагомості					
	0,15	0,15	0,2	0,3	0,3	
Йогурт безлактозний ТМ «На здоров'я» (контроль)	4,9	4,9	4,7	4,7	4,3	4,62
Йогурт низьколактозний на основі сколотин	4,8	4,8	4,7	4,7	4,3	4,61

За органолептичними показниками йогурт низьколактозний характеризується приємним кисломолочним солодкуватим смаком, з чистим, характерним для кисломолочних напоїв запахом, колір - молочно-білий з легким жовтим відтінком, консистенція сметаноподібна, однорідна по всій масі, згусток щільний без виділення сироватки

Технічним результатом розробки є створення нового виду низьколактозного кисломолочного напою на основі сколотин із підвищеною харчовою цінністю, що дозволить розширити асортимент молочних продуктів, зокрема для харчування осіб, які страждають на непереносимість лактози.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Ухвалити технологію виробництва йогурту низьколактозного на основі сколотин
2. Технологічне рішення не ускладнює загальний виробничий процес та не потребує додаткового технічного оснащення.
3. Сенсорні та реологічні характеристики розроблених низьколактозних кисломолочних напоїв відповідають напрямам технологічного призначення.

Закінчення додатку М.3

- 4. Рекомендувати технологію низьколактозного йогурту на основі скотин до промислового впровадження та реалізації у ТОВ «КПІ ПРО».

Від ДТЕУ:

Проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків
Анжеліка ЄВРАСИМЕНКО

Д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства
Тетяна ЮДИНА

Аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства
Антон СЕРЕНКО

Від Підприємства:

Директор ТОВ «КПІ ПРО»
Ярослав ФІЛАТОВ

Інженер - технолог ТОВ «КПІ ПРО»
Віта ЛАНСЬКА




Додаток Н. Акти впровадження

Додаток Н.1

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «МПС-ПРОДУКТ»


 Оксана БІЛОМИТЦЕВА
 « 23 » листопада 2023 р.


Акт

**виготовлення дослідної партії низьколактозних йогуртів на основі
сколотин**

Представники Підприємства: директор ТОВ «МПС-ПРОДУКТ» Біломитцева О.М., голова технологічного департаменту ТОВ «МПС-ПРОДУКТ» Сабіров О.В.

Представники Розробника (Державний торговельно-економічний університет): Юдіна Т.І. – д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства Серенко А.А. аспірант, кафедри технології і організації ресторанного господарства.

Адреса потужностей: м. Київ, вул. Мілютенка, 19

Назва продукції: низьколактозний йогурт на основі сколотин.

Обсяг дослідних партій: 4,5 кілограма (15 порцій по 300 г)

Дата виготовлення партії: 23 листопада 2023 р.

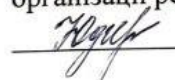
Від ДТЕУ:

Проректор з економіко-науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків

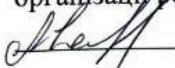

 Анжеліка ТЕРАСИМЕНКО


 23.11.2023 р.

Д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства



 Тетяна ЮДИНА

Аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства


 Антон СЕРЕНКО

Від Підприємства:

Директор ТОВ «МПС-ПРОДУКТ»


 Оксана БІЛОМИТЦЕВА

23.11.2023 р.

Голова технологічного департаменту
ТОВ «МПС-ПРОДУКТ»


 Олександр САБІРОВ


ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор кафе-сироварні «Мацоні»

ТОВ «УКРРЕСТ»

Ольга АНДРІАНОВА

«27» листопада 2023 р.

**Акт****виготовлення дослідної партії низьколактозних йогуртів на основі
сколотин**

Представники Підприємства: директор кафе-сироварні «Мацоні» ТОВ «УКРРЕСТ» Андріанова О.Ю.

Представники Розробника (Державний торговельно-економічний університет): Юдіна Т.І. – д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства Серенко А.А. аспірант, кафедри технології і організації ресторанного господарства.

Адреса потужностей: 02154, м. Київ, бульвар Ігоря Шамо, 1/5

Назва продукції: низьколактозний йогурт на основі сколотин.

Обсяг дослідних партій: 3000 г

Дата виготовлення партій: 27 листопада 2023 р.

Від ДТЕУ:
Проректор науково-педагогічної
роботи та міжнародних зв'язків
Анжеліка ТЕРАСИМЕНКО

Д.т.н., професор кафедри технології і
організації ресторанного господарства

Тетяна ЮДИНА

Аспірант кафедри технології і
організації ресторанного господарства

Антон СЕРЕНКО

Від Підприємства:

Директор кафе-сироварні «Мацоні»
ТОВ «УКРРЕСТ»

Ольга АНДРІАНОВА

«27» листопада 2023 р.





А К Т

В П Р О В А Д Ж Е Н Н Я Н А У К О В О - Д О С Л І Д Н О Ї Р О Б О Т И

Цим актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи аспіранта Серенка А.А. «Технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин», що виконана на кафедрі технології і організації ресторанного господарства Державного торговельно-економічного університету впроваджено у ТОВ «КПІ ПРО».

Вид впровадження результатів: нова технологія низьколактозних йогуртів на основі сколотин.

У виробничих умовах ТОВ «КПІ ПРО» в період жовтень-грудень 2023р. було виготовлено 7,5 кг низьколактозних йогуртів на основі сколотин. Реалізація виготовлених напоїв здійснена у закладах ТОВ «КПІ ПРО».

Одержаний результат: розроблені напої дозволяють розширити асортимент продукції спеціального дієтичного призначення для осіб з інтолерантністю до лактози.

Від ДТЕУ:

Проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків
Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО
02.12.23 р.

Д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства
Тетяна ЮДИНА

Аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства
Антон СЕРЕНКО

Від Підприємства:

Директор ТОВ «КПІ ПРО»

04

Інженер - технолог ТОВ «КПІ ПРО»
Віта ЛАНСЬКА

Додаток II. Список опублікованих праць за темою дисертації

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ***Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:***

1. Юдіна Т., Серенко А. Формування вітчизняного ринку безлактозних і низьколактозних молочних продуктів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2021. № 2 (38). С.34-43

DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)03)

2. Серенко А.А., Моїсеєва Л.О., Юдіна Т.І. Використання вторинної молочної сировини у виробництві низьколактозних йогуртів. Обладнання та технології харчових виробництв: збірник наукових праць. 2021. №2. С. 5-12.

DOI: <https://doi.org:10.33274/2079-4827-2021-42-1-5-12>

3. Романчук І. О., Юдіна Т. І., Мінорова А. В., Моїсеєва Л. О., Серенко А. А., Бабко Д. Є. Ефективність гідролізу лактози у вторинній молочній сировині. *Зб. наук. пр. «Продовольчі ресурси»*. 2021. Т. 8 №17. С. 129-136

DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-13>

4. Юдіна Т., Серенко А. Технологія низьколактозних молочних сумішей для йогуртів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2022. № 3 (43). С.108-116

DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)09).

5. Серенко А.А. Теоретичні та практичні аспекти виробництва низьколактозних кисломолочних напоїв. *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: Scientific monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. P. 227-246.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-11>

6. Юдіна Т., Серенко А. Обґрунтування параметрів сквашування молочних сумішей для низьколактозних йогуртів. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*. 2023. №. 5. С. 205-211.

DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-325-5-205-211>

7. Юдіна Т.І., Серенко А.А., Харчова та біологічна цінність низьколактозного йогурту на основі сколотин. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2024. №1 (49). С. 107-116.

DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2024\(49\)07](https://doi.org/10.31617/2.2024(49)07)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертацій:

Тези доповідей та матеріали конференцій

8. А. Серенко, Т. Юдіна. Технологія низьколактозних кисломолочних напоїв на основі сколотин. Матеріали 87-Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* (м. Київ, 16 квітня 2021 р.). Київ: НУХТ. – Ч.1. – С. 315.

9. Юдіна Т.І., Серенко А.А. Технологія низьколактозного концентрату сколотин. *«Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції»* (м. Прага, Чехія, 30 квітня 2021 р.). Прага: Oktan Prints.r.o., 2021. - С. 233. DOI: <https://doi.org/10.46489/IDOHAR-310509>

10. Т.І. Юдіна, А.А. Серенко. Обґрунтування вибору вторинної молочної сировини у технології низьколактозних кисломолочних напоїв. *«Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнародна науково-практична конференція»* (м. Харків, 18 травня 2021 р.). Харків: ХДУХТ, 2021. Ч. 2. С. 131-132.

11. Т.І. Юдіна, А.А. Серенко. Крафтові кисломолочні напої оздоровчого призначення. *«Глобалізаційні виклики розвитку національних економік: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції»* (м. Київ, 19 жовтня 2021 р.). Київ: КНТЕУ. 2021. С. 533-536.

DOI: <http://doi.org/10.31617/k.knute.2021-10-19>

12. Yudina T., Serenko A. Enzymatic hydrolysis of lactose in buttermilk. The 13 th International scientific and practical conference *«International scientific innovations in human life»* (Manchester, July 6-8, 2022). United Kingdom, Manchester: Cognum Publishing House. 2022. P.148-151.

13. Т. Юдіна, А. Серенко. Ферментоліз лактози у молочних сумішах на основі сколотин із підвищеним вмістом сухих речовин. *Матеріали 89-ої Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* (м. Київ, 3–7 квітня 2023 р.). Київ: НУХТ. Ч.1. С. 322

14. Юдіна Т.І., Серенко А.А. Ферментативний гідроліз лактози у сколотинах із підвищеним вмістом сухих речовин. *«Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока: програма та тези матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції»* (м. Київ, 21 вересня 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023р. С. 31.

15. Серенко А., Юдіна Т. Технологія низьколактозних йогуртів оздоровчого призначення. *Збірник наукових матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи»* (м. Київ, 26-27 жовтня 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023. С. 97-99.

16. Юдіна Т.І., Серенко А.А., Ляшко С.Г., Показники безпеки низьколактозного йогурту на основі сколотин. *«Якість і безпека харчових продуктів: збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції»* (м. Київ, 9-10 листопада 2023 р.). Київ: НУХТ, 2023. С. 164-165.