

МИНИСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МИНИСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису*

ТРУБНІКОВА АНАСТАСІЯ АНАТОЛІЇВНА

УДК 637.247.044-021.146.4:66-914.7

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
БЕЗЛАКТОЗНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ
ІЗ ЗАДАНИМ СКЛАДОМ НУТРИЄНТІВ

05.18.04 – технології м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів
(технічні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Виконання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 А.А. Трубнікова

Науковий керівник
Шарахматова Тетяна Євгенівна
кандидат технічних наук, доцент

*примірник дисертації ідентичний
за змістом з іншими примірниками*

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д47.088.02
д.т.н., професор




Г.В. Крусір

АНОТАЦІЯ

Трубнікова А.А. Розроблення безлактозного концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 «Технології м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів». – Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2019.

У дисертаційній роботі представлені результати досліджень щодо розроблення технології виробництва безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів (білків, ліпідів, лактози, мінеральних речовин) на основі мембранних процесів видалення лактози та використання отриманого концентрату як основного компонента при виробництві низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива.

У вступі висвітлено стан проблеми та її актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами, сформульовано мету і завдання досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію роботи та наукові публікації за темою дисертаційної роботи.

У першому розділі «Аналіз літературних джерел» наведені відомості про хімічний склад і біологічну цінність маслянки, що дозволяє використовувати її як цінну вторинну сировину для подальших досліджень; описані причини непереносимості лактози організмом людини і способи видалення лактози з молочних продуктів, зокрема маслянки, їх недоліки та переваги. Наведені загальні відомості про мембрани і мембранні технології. Достатньо уваги приділено діафільтрації, як основному прийому видалення низькомолекулярних речовин з УФ концентрату молочної сировини. Обґрунтований метод нанофільтрації для використання при діафільтрації (отримання безлактозного НФ пермеату). Проведений аналіз і обґрунтування методів виділення і концентрування білково-ліпідної фракції маслянки. Описані технології і способи отримання безлактозних і низьколактозних молочних продуктів, в тому числі,

рідких і сухих концентратів молочного білку і зроблений їх критичний аналіз. Проведений моніторинг ринку сучасних безлактозних і низьколактозних продуктів. На основі узагальнених відомостей, що наведені в першому розділі, сформульована гіпотеза щодо можливості використання в якості розчинника НФ пермеату УФ пермеату маслянки, який знижує концентрацію лактози (або повністю видаляє, в залежності від кінцевої мети) при діяфільтрації УФ ретентату, дозволяє в ньому зберегти мінеральний склад.

У другому розділі «Об'єкти і методи досліджень» наведено основні об'єкти та методи досліджень, програму досліджень (рис. 1), характеристики лабораторного обладнання, на якому проводили дослідження, комплекс традиційних і сучасних хімічних, біохімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та математично-статистичних методів досліджень, відкоригованих для роботи з молочною сировиною і білковими молочними концентратами.

У третьому розділі «Дослідження процесу отримання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів» наведено результати досліджень мембранного процесу отримання безлактозного концентрату, в якому задавали наступний склад нутрієнтів: білків – 12...16 %; жирів – 1,5...4,0 %; мінеральних речовин (золи) – 0,6...0,8 %; концентрація лактози – max 0,1 %.

Запропоновано прикладну методику для розрахунку очищення ультрафільтраційного концентрату маслянки. Як розчинник використаний нанофільтраційний пермеат ультрафільтрації маслянки. На основі експериментальних даних продуктивності мембран і їх селективності по лактозі розраховані основні характеристики діяфільтрації при різних варіантах практичного застосування. При порівнянні різних варіантів діяфільтрації найбільш прийнятні періодичний спосіб з безперервним розведенням і безперервний спосіб з перехресним і протилежним потоком нанофільтраційного пермеату. Найменше співвідношення об'ємів розчинника і концентрату при діяфільтрації досягається у разі безперервного протитока. Час діяфільтраційної

обробки залежить від питомих показників мембрани, робочих параметрів процесу і обраного варіанту очищення від лактози. Найбільш економічним є безперервний варіант. Запропонована методика розрахунку діафільтрації оцінює можливі варіанти очищення від лактози.

Вивчені основні залежності мембранної обробки маслянки шляхом ультра- та діафільтрації нанофільтраційним пермеатом, отриманим відповідною обробкою ультрафільтраційного пермеату маслянки. Для кожної мембрани визначали продуктивність за фільтратом та селективність у залежності від робочих параметрів нанофільтрації та діафільтрації (ДФ). УФ ретентат маслянки на порожнистих волокнах при тискові 0,15 МПа та температурі 50 °С отримували при факторі концентрування $F=4$. Встановлена низька селективність мембрани ВПУ-15 за лактозою – 4 % та висока за білком – 99,6 %. Нанофільтрація УФ пермеату маслянки проводилась у діапазоні тиску 0,5...2,0 МПа. Від 0,5 до 1,5 МПа встановлено лінійну залежність питомої продуктивності від тиску при температурі 20...22 °С. При факторі концентрування $F=4$ у ретентаті нанофільтрації спостерігалось 17,9 % лактози, а у НФ пермеаті 0,05 % при однаковій концентрації солей 0,7 %. При безперервній діафільтрації УФ ретентату маслянки спостерігалось зростання продуктивності мембран з ростом температури до 8,2...10 л/м²·год. Найменша концентрація лактози (0,01 %) в УФ ретентаті спостерігалась при застосуванні семикратного об'єму НФ пермеату у якості розчинника. Ефект видалення лактози становив 99,8 %. Результати досліджень показали, що комбінація ультрафільтрації та безперервної діафільтрації за допомогою НФ пермеату дає бажаний результат видалення лактози з концентрату маслянки. Найкращими параметрами процесу досліджень були тиск 1,5 МПа та температура 50 °С.

Розроблений спосіб для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату та установка для його здійснення. Безперервність мембранного видалення лактози досягнута певною комбінацією УФ, ДФ і НФ обробки. В ході експериментів визначили, що УФ мембрани ВПУ-15 за своїми характеристиками підходять для УФ і ДФ. Їх селективність по

лактозі $R = 1\%$. НФ мембрани марки ОПМН мають високу ($R = 99,7\%$) селективність за лактозою і низьку – за мінеральними речовинами. Це дозволило використовувати їх для отримання пермеату, який застосовували як буферний розчин.

Вперше отриманий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки, який є основою для низьколактозних і безлактозних молочних продуктів, без вмісту лактози та моноцукрів, збагачений білками та фосфоліпідами і який може використовуватися в інших галузях харчової промисловості.

Науково обґрунтовано технологічні параметри одержання та зберігання рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Проведено контроль безпеки рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки і встановлено зміни контамінації КМАФАнМ, *E. coli*, *coliforms*, *Bacillus cereus*, бактерії роду *Listeria*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* при зберіганні. Для контролю безпеки продукту використовували нове покоління мікробіологічних середовищ – хромогенні поживні мікробіологічні середовища Compact Dry (виробник Nissui Pharmaceutical CO. LTD, Японія). Результати проведених досліджень дають можливість стверджувати, що гарантований термін зберігання досліджуваного продукту – 5 діб при температурі 4 ± 2 °C.

У четвертому розділі «Отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки» досліджено можливість одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки методом сушіння на інертних носіях, що дозволить підвищити його попит на світовому ринку і розширити застосування в інших галузях харчової промисловості.

Наведена технологія виробництва сухого безлактозного-білково-ліпідного концентрату маслянки. Визначений раціональний режим сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату у сушарці фонтануючого шару із інертними носіями: температура повітря на вході $125 \dots 130$ °C; температура продукту на виході з сушарки – $55 \dots 60$ °C; швидкість повітря у вхідному перетині – $15 \dots 20$ м/с; масова частка сухих речовин у вхідному концентраті – не

більше 20 %; кінцева вологість сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки – не більше 5,0 %; інертний носій – фторопласт у формі кубиків з розмірами грані 5 мм; спосіб подачі розчину у сушильну камеру – знизу у фонтануючий шар інертного носія. Визначені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Сухі безлактозні білково-ліпідні концентрати маслянки з високим вмістом білка (81,03...81,819 %) забезпечують поліпшення білкової складової без додавання лактози до харчових продуктів (масова частка лактози не більше 0,06 %). З додаванням сухих безлактозних білково-ліпідних концентратів до рецептури додатково вносяться цінні мінерали, такі як кальцій, магній і фосфор, що може зменшити потребу в додаткових джерелах цих мінералів. Гарантований термін зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки 6 місяців при 0...15 °С та 5 місяців – при 16...25 °С і відносній вологості повітря не більше 65 %.

У п'ятому розділі «Використання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки у виробництві низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива» доведена можливість використання розроблених безлактозних білково-ліпідних концентратів на прикладі виробництва низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива.

У роботі обґрунтовано вибір закваски для виробництва йогуртної основи як компонента низьколактозного морозива, представлені дослідження технологічних властивостей йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. Вивчена можливість використання маслянки з підвищеною масовою часткою сухих речовин в якості основного компоненту для виробництва суміші морозива. Встановлена раціональна концентрація сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, що входить до рецептури йогуртної основи (5,0 % від її маси). Досліджено процес ферментації молочної основи DVS культурами (YF-903+La-5+Bb-12). Визначено оптимальне співвідношення безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки і лабораторної йогуртової основи, що становить 59,4 / 40,6. Обґрунтовані

рецептурні компоненти для виробництва низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, масові частки яких становили: інулін – 3,69 %; лактулоза – 1 %; імбир – 0,3 %; лимонна кислота – 0,15 %; стабілізатор – 0,2 %.

Розроблено технологію низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива. Досліджено в'язкісні характеристики сумішей низьколактозного морозива та визначено температури кристалізації сумішей низьколактозного морозива. Визначено технологічні режими виробництва низьколактозного морозива. Досліджено органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники низьколактозного морозива та встановлено їх відповідність діючим нормативно-технічним документам. Вміст лактози в зразках низьколактозного морозива значно менший і складає 0,99 % в порівнянні з класичним морозивом, яке містить 5,67 % лактози. Висока кількість в низьколактозному морозиві лакто- $(2,5\pm 0,9)\cdot 10^8$ і біфідобактерій $(3,0\pm 0,2)\cdot 10^9$ КУО/1 г свідчить про високу пробіотичну дію. Антиоксидантна активність зразків низьколактозного морозива складає 330...345 у.о., що в 3,0...3,1 рази вища у порівнянні з класичним молочним морозивом.

Гарантований термін зберігання досліджуваного продукту – не більше 180 діб при температурі мінус 26...мінус 28 °С.

Для утилізації технологічного відходу нанофільтрації (НФ ретентату), як природоохоронного заходу, проведено тестування і аналіз роботи запатентованої конструкції аератора з конічною відцентровою насадкою для біотехнологічної обробки нанофільтраційного ретентату лактози.

Розроблено нормативну документацію на концентрати білкові молочні безлактозні рідкі (ТУ У 15.5-36759161-008:2019, ТІ до ТУ У 15.5-36759161-008:2019), концентрати білкові молочні безлактозні сухі (ТУ У 15.5-36759161-009:2019, ТІ до ТУ У 15.5-36759161-009:2019) та проект документації на низьколактозне синбіотичне йогуртове морозиво (ТУ У та ТІ). Впровадження науково-технічних розробок шляхом випуску промислових партій нових продуктів здійснено у виробничих умовах промислових підприємств Тульчинської філії ТОВ «ТЕРРА ФУД» (м. Тульчин, Вінницька область) та ПП

«Дьякончук» (м. Одеса). Розрахована економічна ефективність від можливого впровадження.

Ключові слова: маслянка, ультра-, діафільтрація, нанофільтрація, НФ пермеат, рідкий безлактозний білково-ліпідний концентрат, технологія, зберігання, сушіння, показники якості, низьколактозне морозиво

ANOTATION

Trubnikova A. Development of free-lactose protein-lipid concentrate of the buttermilk with a given nutrient composition. – Manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.18.04 «Meat, dairy and hydrobiont technology». – Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, 2019.

The dissertation presents the results of research on the development of technology for the production of lactose-free protein-lipid concentrate of fat with a specified composition of nutrients (proteins, fats, carbohydrates, mineral salts) on the basis of membrane processes of lactose removal and use of the obtained concentrate as a major component in the production of ice cream.

The introduction covers the state of the problem and its relevance, the relationship with scientific programs, topics, plans, formulated the purpose and objectives of the research, outlines the scientific novelty and practical significance of the results obtained, provides data on the personal contribution of the applicant, approbation of work and scientific publications on the topic dissertation work.

The first section, “Analysis of Literary Sources,” provides information on the chemical composition and biological value of the buttermilk, which makes it possible to use it as a valuable secondary raw material for further research; causes of lactose intolerance by the human body and methods for removing lactose from dairy products, in particular buttermilk, their disadvantages and advantages are described. General information about membranes and membrane technologies is given. Much attention has been paid to diafiltration as a primary means of removing low molecular weight substances from the UF concentrate of dairy raw materials. A grounded method of

nanofiltration for use in diafiltration (obtaining of NF permeate free-lactose). The analysis and substantiation of the methods of isolation and concentration of the protein-lipid fraction of the buttermilk were performed. The technologies and methods of producing lactose-free and low-lactose dairy products, including liquid and dry milk protein concentrates, are described and their critical analysis is made. The market of modern products without lactose and low amount of lactose was monitored. On the basis of the general information given in the first section, the hypothesis about the possibility of using as a solvent NF permeate UF buttermilk permeate, which reduces the concentration of lactose (or completely removes, depending on the final purpose) during diafiltration concentrate UF, allows to store in it mineral salts.

The second section "Objects and methods of research" shows the main objects and methods of research, the program of research, the characteristics of the laboratory equipment on which the research was conducted, the complex of traditional and modern chemical, biochemical, physicochemical, microbiological and mathematical and statistical methods of research, adjusted to work with milk raw materials and protein milk concentrates.

In the third section "Investigation of the process of obtaining lactose-free protein-lipid concentrate with the specified composition of nutrients" presents the results of studies of the membrane process of production of lactose-free concentrate, which gave the amount of nutrients: proteins - 12 ... 16%; fats - 1,5 ... 4,0%; minerals (ash) - 0.6... 0.8%; the concentration of lactose is a maximum of 0.1%.

The method of calculation of diafiltration purification of concentrate of ultrafiltration of buttermilk is offered. Nanofiltration permeate of buttermilk ultrafiltration was used as the solvent. On the basis of experimental data on the productivity of membranes and their selectivity for lactose, the main characteristics of diafiltration in various variants of practical application have been calculated. When comparing different variants of diafiltration, the most appropriate periodic method with continuous dilution and continuous method with cross and opposite flow of nanofiltration permeate. The smallest amount of a nanofiltrate is observed in the case of a continuous countercurrent. The time for diafiltration treatment depends on the

membrane specific parameters, process operating parameters and the chosen lactose purification option. The most cost-effective option is a continuous option with a countercurrent nanofiltrate. However, it can not be recommended because of the considerable duration of the process. The proposed technique for calculating diafiltration allows behind a short time to evaluate possible options for purifying the product from lactose and to give an conclusion on the optimality.

The presented work is aimed at studying the basic dependencies of membrane processing of buttermilk by ultra- and diafiltration with NF permeate obtained by the corresponding processing of UF permeate of buttermilk. The study used standard methods for determining the components of the buttermilk and its UF and NF products. The filtrate productivity and selectivity were determined for each membrane depending on the operating parameters of nanofiltration (NF) and diafiltration (DF). UF buttermilk retentate on hollow fibers at a pressure of 0.15 MPa and a temperature of 50 °C was obtained at a concentration factor of $F = 4$.

Low selectivity of the VPU-15 membrane for lactose – 4% and high for protein – 99.6 % were detected. The nanofiltration of UF permeate of buttermilk was carried out at a pressure range of 0.5 ... 2.0 MPa. The linear dependence of the specific productivity on the pressure at a temperature of 20 ... 22 °C from 0.5 to 1.5 MPa was established.

At concentration factor $F = 4$ in the retentate of nanofiltration 17.9 % of lactose was observed, and in NF permeate 0.05 % with the same concentration of salts of 0.7 %. With continuous diafiltration of the UF retentate of the buttermilk, an increase in the membrane's productivity was observed with increasing temperature to 8.2 ... 10 l/m²·h. The lowest concentration of lactose (0.01 %) in the UF retentate was observed with the use of a sevenfold volume of NF permeate as a solvent. The effect of lactose removal was 99.8 %. The results of the studies have shown that the combination of ultrafiltration and continuous diafiltration with NF permeate gives the desired result of the removal of lactose from the buttermilk concentrate. The best parameters of the research process were a pressure of 1.5 MPa and a temperature of

50 °C. The obtained data can become the basis for obtaining mathematical dependencies for an estimation of an effective membrane method.

A method for continuous production of lactose-free protein-lipid concentrate and installation for its realization have been developed. Continuity of membrane removal of lactose achieved by a certain combination of UF, DF and NF treatment. Continuity of membrane lactose removal can be achieved by a specific combination of UF, DF and NF treatment. In the course of the experiments it was determined that the UF membranes of the VPU-15 are suitable for UF and DF. Their selectivity for lactose is $R = 1 \%$. The NF membrane of the OPMN brand has a high ($R = 99.7 \%$) selectivity for lactose and a low selectivity for mineral content. This allows them to be used to produce permeate, which is used as a buffer solution.

First obtained lactose-free protein-lipid concentrate of buttermilk, which is the basis for low-lactose and lactose-free dairy products. Concentrate free of lactose and monosaccharides enriched with proteins and phospholipids, can be used in other branches of the food industry.

Technological parameters of obtaining and storage of liquid lactose-free protein-lipid concentrate of buttermilk are scientifically substantiated. The safety of liquid free-lactose protein-lipid concentrate of buttermilk and changes of contamination by mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, *Escherichia coli*, coliforms, *Bacillus cereus*, bacteria of the genus *Listeria*, *Pseudomonas* were established. A new generation microbial medium, the Compact Dry Chromogenic Nutrient Microbial Environment (manufactured by Nissui Pharmaceutical CO. LTD, Japan), was used to control the safety of the product. The results of the studies show that the guaranteed shelf life of the product under study is 5 days at $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

The fourth section "Obtaining dry lactose-free protein-lipid concentrate of buttermilk" explores the possibility of obtaining dry lactose-free protein-lipid concentrate of buttermilk by drying in on inert carrier, which will increase its demand in the world market and expand its use in other food industries.

In the work the technology of production of a dry free-lactose of protein-lipid concentrate of a buttermilk is given. The rational mode of drying of a liquid free-lactose

protein-lipid concentrate in the dryer of the hanging layer with inert carriers is determined: the temperature of the air at the inlet is 125...130 °C; product temperature at the outlet – 55...60 °C; air velocity at the inlet – 15...20 m/s; mass fraction of dry substances in the inlet concentrate – not more than 20 %; the final moisture content of the dry free-lactose protein-lipid concentrate of the buttermilk is 5.0 %; inert carrier - fluoroplast in the form of cubes with the dimensions of the face 5 mm; the way of feeding the solution to the drying chamber – from below to the hanging layer of an inert carrier.

The organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters of the obtained dry free-lactose protein-lipid concentrate of the buttermilk were determined. Dry free-lactose protein-lipid concentrates of high protein content (81.03 ... 81.81 %) provide an improvement in the protein without the addition of lactose to food products (mass fraction of lactose not more than 0.064 %).

When adding dry free-lactose protein-lipid concentrates to the formulation additionally added valuable minerals such as calcium, magnesium and phosphorus, which reduces the need for additional sources of these minerals.

Guaranteed shelf life of dry lactose-free protein-lipid buttermilk concentrate is 6 months at 0... 15 °C and 5 months at 16... 25 °C and relative humidity is not more than 65 %.

In the fifth section "Use of lactose-free protein-lipid concentrate buttermilk in the production of low-lactose synbiotic ice cream" the possibility of using the developed lactose-free protein-lipid concentrates on the example of the production of low-lactose synbiotic ice-cream is proved.

The work substantiates the choice of leaven for the production of yoghurt base as a component of low-lactose ice-cream, researches of technological properties of the yoghurt base for production of low-lactose ice-cream are presented. The sources of information on the use of microorganisms that are most active in the production of lactase enzyme in the production of yogurt base are analyzed, and the choice of composition of micro-biological cultures based on β -galactosidase activity is substantiated. The possibility of using a buttermilk with an increased mass fraction of

dry matter as the main component of a mixture of ice cream is studied. A rational concentration of dry lactose-free protein-lipid buttermilk concentrate, which is part of the base of yogurt (5.0 % of its weight), has been established. The process of fermentation of the milk basis of DVS cultures (YF-903 + La-5 + Bb-12) was investigated. For the production of synbiotic yogurt ice cream with a low lactose content, the optimal ratio of lactose-free protein concentrate from buttermilk and the laboratory basis of yogurt, is 59.4 / 40.6. Prescription components were established for the production of synbiotic yogurt ice cream with a low content of lactose, the mass fractions of which were: inulin – 3.69 %; lactulose – 1 %; ginger – 0.3 %; citric acid – 0.15 %; stabilizer – 0.2 %.

The technology of low-lactose milk ice cream with pro-, prebiotic and antioxidant properties for people intolerant to lactose is presented. The viscosity characteristics of mixtures of low-lactose ice-cream are investigated and temperatures of crystallization of mixtures of low-lactose ice-cream are determined. The technological modes of production of a low-lactose milk ice cream are determined. The organoleptic, physico-chemical, microbiological parameters of low-lactose ice-cream have been investigated and their compliance with the current normative and technical documents has been established.

The lactose content in the test sample of the ice cream mixture was 0.99 %, antioxidant activity was 3.1 times higher than that of traditional yogurt ice cream. A high amount of lactose (2.5×10^8) and bifidobacteria (3×10^9) CFU in ice cream with a low lactose content indicates a high probiotic activity. The shelf life of synbiotic yogurt ice cream with a low content of lactose is 180 days at a temperature of minus 26 ... minus 28 °C.

For utilization of technological waste of nanofiltration (NF retentate) as a nature conservation measure, testing and analysis of the patented aerator design with conical centrifugal nozzle for biotechnological processing of NF retentate were carried out.

A draft of regulatory documentation for liquid concentrates of lactose-free milk protein-lipid and dry of lactose-free milk protein-lipid concentrates has been developed. Implementation of scientific and technical developments through the

release of industrial batches of new products was carried out in the production conditions of industrial enterprises of the Tulchin branch of TERRA FOOD LLC (Tulchyn, Vinnytsia region) and SPD Diaconchuk (Odessa).

Keywords: buttermilk, ultra-, diafiltration, nanofiltration, NF permeate, liquid lactose-free protein-lipid concentrate, technology, storage, drying, quality indicators, low-lactose ice cream

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

статті у фахових виданнях України:

1. Bondar S., Trubnikova A., Chabanova O., Sharahmatova T. Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved. Харчова наука та технологія, 2018, Т. 12, №. 1, С. 90–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.839>.

2. Бондар, С.М., Трубнікова А.А., Чабанова О.Б. Дослідження мембранного процесу видалення лактози з концентрату маслянки. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології, 2018, 20(85), С. 62–69. doi: 10.15421/nvlvet8512

3. Бондарь С.Н., Трубникова А.А., Чабанова О.Б. Повышение эффективности газообмена при аэробной обработке нанофильтрационных продуктов из пахты. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2018, Том 29 (68), Ч. 3, № 1, С.30–36.

4. Трубникова А. А. Контроль и управление непрерывным процессом мембранного удаления лактозы из пахты. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП» 2018, № 16 (1292), С. 177–183. doi:10.20998/2413-4295.2018.16.26

5. Трубнікова А.А., Шарахматова Т.Є., Мамінтова К. О., Цупра О.С. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2018, № 9 (1285), С. 243-255. doi:10.20998/2413-4295.2018.09.35.

6. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М. Обґрунтування режимів зберігання низьколактозного морозива. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2018, Том 29 (68), № 5, С. 47–53.

7. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М.. Обґрунтування режимів зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2019, Том 30 (69), № 3, С. 57–68.

8. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М., Савчак Є.М. Розробка технології низьколактозного морозива на основі безлактозного концентрату маслянки. Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ», 2018, №. 45 (1321), С. 214–227. doi:10.20998/2413-4295.2018.45.30

9. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Бондар С.М., Шарахматова Т.Є. Одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ», 2019, №. 45 (1321), С. 214–227. doi:10.20998/2413-4295.2017.12.01.

10. Худенко Н.П., Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Бондар С.М., Шарахматова Т.Є. Кореляційно-регресійний аналіз рецептурних складових низьколактозного морозива. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2019, Том 30 (69), № 3, С. 117–125.

патенти України на корисну модель:

11. Патент 135282UA на корисну модель, МПК А 23 G 9/04 (2006.01). Спосіб виробництва низьколактозного морозива. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, К.О. Мамінтова, І.О. Климентьєва. № и 201900440; заявл. 16.01.19; опубл. 25.06.19, бюл. № 12/2019.

12. Патент 135571UA на корисну модель, МПК А 23 С 9/04 (2006.01). Установа для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова,

Т.Є. Шарахматова, В.А. Трубніков. № у 2019 00437; заявл. 16.01.19; опубл. 10.07.19, бюл. № 13/2019.

13. Патент 135572UA на корисну модель, МПК А 23 G 9/04 (2006.01). Спосіб виробництва м'якого низьколактозного морозива. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, К.О. Мамінтова, І.О. Климентьєва. № у 2019 00443; заявл. 16.01.19; опубл. 10.07.19, бюл. № 13/2019.

14. Патент 121543UA на корисну модель, МПК (2017): A23G 9/32, A23G 9/40, A23G 9/42, A23G 9/04 (2006.01). Суміш для виробництва морозива. Т.Є. Шарахматова, А.А. Трубнікова. № у 2017 05830; заявл. 12.06.2017; опубл. 11.12.2017, бюл. №23/2017.

15. Позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель № 15348/ЗУ/19 від 19.06.2019 р.; МПК А 23 С 9/04 (2006.01). Спосіб для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, В.А. Трубніков. № у 2019 00444; заявл. 16.01.19.

статті у виданнях іноземної держави:

16. Trubnikova A., Chabanova O., Sharahmatova T., Bondar S., Vikul S. Grounding and Development of Low-Lactose Biologically Active Milk Ice Cream Formula. Path of Science: International Electronic Scientific. Traektoriâ Nauki= Path of Science, 2018, Vol. 4, No 9, P. 3001–3021. <http://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/544>. DOI 10.22178/pos.38-7.

тези наукових доповідей:

17. Трубнікова А.А. Розроблення технології безлактозного білкового концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.), Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса. ОНАХТ, 2019, С. 104–105.

18. Кирилов В.Х., Трубнікова А.А. Факторний і регресійний аналіз рецептурних складових низьколактозного морозива. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії., (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.) Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2019, С. 107–109.

19. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є. Одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.), Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса. ОНАХТ, 2019, С. 105–107.

20. Бондар С.М., Чабанова О.Б., Трубнікова А.А., Мамінтова К.С. Отримання безлактозного концентрату. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів», (Одеса, 25–30 вересня 2017 р.) Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса. ОНАХТ, 2017, С. 64–66.

21. Шарахматова Т.Є., Трубнікова А.А. Цукрозамінники в харчовій промисловості. Програма і матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції», (7–8 листопада 2016 р.), Нац. універс. харч. техн. Київ, НУХТ, 2016 р., С. 96–97.

22. Шарахматова Т.Є., Трубнікова А.А. Дослідження параметрів гідролізу лактози ферментними препаратами β -галактозидази. The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solutions», (Brno, Czech Republic, april 27–28, 2018), ENAI, Brno, 2018, P. 97.

23. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є. Обґрунтування та розробка рецептур безлактозного молочного збивного десерту. International Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland», (Wolomin, Republic of Poland, 19–20 October 2018). Volume 2. Wolomin: Izdevnieciba «Baltija Publishing», Wolomin, 2018, P. 128–130.

24. Бондар С.М. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є. Діафільтраційне очищення ультрафільтраційного концентрату маслянки від лактози. Збірник тез доповідей 78 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 23–27 квіт. 2018 р.), Одес. нац. акад. харч. технологій; Одеса, 2018, С. 101–103.

25. Трубникова А.А., Шарахматова Т.Е. Разработка рецептур низколактозного мороженого. Збірник матеріалів XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів з міжнар. участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді», (Одеса, 4–6 жовт. 2018 р.), Одес. нац. акад. харч. технологій, Одеса, 2018, С. 137–139.

Особистий внесок автора:

- 1) проведення літературного пошуку, участь у дослідженнях, аналіз і узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 1–3).
- 2) організація та участь у експериментальних дослідженнях, обробка даних і підготовка їх до друку (поз. 4–10, 16–25).
- 3) проведення патентного пошуку, здійснення порівняльного аналізу існуючих аналогів, узагальнення та систематизація результатів, підготовки заявки на патент (поз. 11–15).

ЗМІСТ

	Стор.
Перелік умовних позначень.....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	14
1.1. Характеристика та харчова цінність маслянки.....	14
1.2. Технологічні властивості маслянки.....	17
1.3. Лактоза – основний вуглевод маслянки. Причини інтолерантності до лактози.....	18
1.4. Загальні відомості про мембрани і мембранні процеси.....	19
1.5. Моніторинг сучасних безлактозних і низьколактозних молочних продуктів.....	32
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1.....	47
РОЗДІЛ 2. ОБ`ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
2.1. Об`єкти досліджень.....	48
2.2. Обладнання, що задіяне в дослідженнях.....	51
2.3. Методи досліджень.....	58
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2.....	64
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ ІЗ ЗАДАНИМ СКЛАДОМ НУТРИЄНТІВ.....	65
3.1. Розроблення прикладної методики розрахунку для оцінки ефективності діяфільтраційного очищення маслянки від лактози із збереженням мінерального складу.....	65
3.2. Дослідження процесу ультрафільтрації маслянки.....	75
3.3. Дослідження процесу нанофільтрації УФ пермеату маслянки.....	77
3.4. Дослідження процесу діяфільтрації УФ ретентату маслянки НФ пермеатом.....	79

3.5. Шляхи реалізації розробленого способу одержання молочного безлактозного білкового концентрату та установка для його здійснення.....83

3.6. Дослідження впливу розчинності кальцію на функціонально-технологічні властивості безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....91

3.7. Обґрунтування технологічних режимів виробництва рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки і визначення показників якості.....98

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3.....108

РОЗДІЛ 4. ОТРИМАННЯ СУХОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ.....110

4.1. Дослідження процесу сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....110

4.2. Визначення показників якості отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....114

4.3. Обґрунтування режимів зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....116

4.4. Опис технологічної схеми виробництва сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....121

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4.....123

РОЗДІЛ 5. ВИКОРИСТАННЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ У ВИРОБНИЦТВІ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО СИНБІОТИЧНОГО ЙОГУРТОВОГО МОРОЗИВА124

5.1. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива.....124

5.2. Обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива.....131

5.3. Оптимізація рецептурних складових низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива.....131

5.4 Розроблення технології низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива	137
5.5. Обґрунтування режимів зберігання низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива.....	146
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 5.....	152
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	154
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	156
ДОДАТКИ.....	180
ДОДАТОК А. Акт експертизи низьколактозної суміші морозива з визначення оптимальної концентрації лимонної кислоти.....	181
ДОДАТОК Б. Акт експертизи низьколактозної суміші морозива з визначення оптимальної концентрації імбиру.....	182
ДОДАТОК В. Утилізація технологічного відходу нанофільтрації продуктів з маслянки як природоохоронний захід.....	183
ДОДАТОК Г. Технологічні показники сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....	191
ДОДАТОК Д. Рекомендації щодо відновлення сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....	193
ДОДАТОК Е. Обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива.....	195
ДОДАТОК Ж. Нормативні документи, розроблені за темою дисертації.....	206
ДОДАТОК З. Акти апробації наукової розробки та протоколи дегустацій виготовленої продукції.....	209
ДОДАТОК К. Економічна ефективність впровадження технології отримання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.....	217
ДОДАТОК Л. Апаратурні схеми виробництва отриманих продуктів.....	231
ДОДАТОК М. Список публікацій здобувача.....	234

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

V_o – початковий об'єм водної фази маслянки

$V_{нф}$ – співвідношення об'ємів розчинника, що використовуємо для очищення і об'єму концентрату маслянки, взятого для очищення (діафільтраційний об'єм)

C_o^l – початкова концентрація лактози в водній фазі маслянки

C_k^l – кінцева концентрації лактози в водній фазі маслянки

$C_{кон}^l$ – концентрація лактози в водній фазі маслянки в ультрафільтраційному концентраті

C_f^l – концентрація лактози в ультрафільтраційному пермеаті (фільтраті)

C^{BMC} – концентрація високомолекулярних речовин в маслянці, які не беруть участі в процесі діафільтрації

G – питома продуктивність мембран

F – площа мембран в установці

$V_{нф}^1$ – діафільтраційний об'єм (діаоб'єм), для одного циклу розведення

N – цикли розведення

Kp^1 – кратність розведення водної фази за 1 цикл

τ – загальний час безперервної діафільтрації

ΦK – фактор концентрування

$\frac{C_o^l}{C_k^l}$ – ступінь очищення

УФ – ультрафільтрація

УФ ретентат – концентрат, що утворюється при ультрафільтрації

УФ пермеат – фільтрат, що утворюється при ультрафільтрації

НФ – нанофільтрація

НФ ретентат – концентрат, що утворюється при нанофільтрації

НФ пермеат – фільтрат, що утворюється при нанофільтрації

ДФ – діафільтрація

ДФ ретентат – концентрат, що утворюється при діафільтрації

ДФ пермеат – фільтрат, що утворюється при діяфільтрації

ББКМ – безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки

ВМС – вторинна молочна сировина

ПУЗ – піноутворювальна здатність

БГКП – бактерії групи кишкових паличок

КМАіФАНМ – кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів

СЗМЗ – сухий знежирений молочний залишок

Й – йогуртна основа, як компонент морозива

СР – сухі речовини

ЖК – жирнокислотний склад

КМБ – концентрати молочних білків

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Серед проблем останніх років, що супроводжують споживання молочних продуктів, особливого поширення набуває лактазна недостатність людей. Вона може мати спадкове і набуте походження. Від лактазної недостатності страждають 70–75% населення світу [1,2]. Поширення цієї патології в Україні складає в залежності від регіонів 15-35% дорослого населення [3]. Люди, інтолерантні до лактози, вимушені обмежувати або повністю виключати з раціону харчування традиційні молочні продукти, або приймати препарати лактази постійно. Обмеження споживання молочних продуктів призводить до нераціонального харчування, а це, в свою чергу, до зростання рівня захворювання населення, зниження працездатності та скорочення тривалості життя [4–13].

Для забезпечення групи населення, інтолерантної до лактози, повноцінним харчуванням необхідні безлактозні та низьколактозні молочні продукти. В Україні ринок цієї групи продуктів досить обмежений, їх асортимент не достатній для задоволення потреб населення, інтолерантного до лактози, до того ж маслянка, що є цінною вторинною молочною сировиною, у технології таких продуктів не використовується.

Проблема видалення лактози з молочних продуктів залишається актуальною. Вона може вирішуватись через застосування відповідних ферментів та шляхом молекулярно-ситових явищ. Останні реалізуються через впровадження мембранних технологій концентрування та сепарування.

Для оброблення рідких середовищ мембранні процеси є альтернативою ферментативним способам завдяки унікальним особливостям (відносно низькі температури оброблення, безперервність, збереження нативних властивостей, простота апаратурного оснащення, низькі енерговитрати).

Протягом останніх десятиліть харчова і особливо молочна промисловість у всьому світі, в тому числі (хоча і в значно меншому ступені) в Україні, широко використовує для перероблення молока і вторинної молочної сировини широку гаму

мембранних методів і технологій. До них відносяться, зокрема, ультрафільтрація (УФ), яку використовують для виділення білків, і нанофільтрація (НФ), що застосовується для знесолення молочної сировини [14–15].

Дослідження іноземних і вітчизняних учених присвячені вузькому колу питань, які стосуються використання УФ, НФ та діафільтрації (ДФ) при переробленні знежиреного молока та молочної сироватки з отриманням сухих та рідких концентратів. Є окремі дослідження науковців щодо ультрафільтрації маслянки, але вони не стосуються видалення лактози. Практично відсутні наукові розробки, присвячені дослідженню процесу діафільтрації маслянки. Відомо, що як розчинник при діафільтрації використовують пом'якшену воду, яка вимиває з концентратів низькомолекулярні речовини (лактозу і мінеральні солі у водній фазі). Якщо цей прийом застосувати для виробництва без- або низьколактозних продуктів, то виникає проблема небажаної зміни мінеральної складової хімічного складу. Відповідно виникнуть додаткові витрати на відновлення мінерального складу концентрату. Тому актуальним є розроблення принципово нового способу діафільтраційного очищення концентратів, який би дозволив ефективно позбутися від лактози і при цьому зберегти мінеральну складову продукту.

Якщо до вищесказаного додати ще й стійку тенденцію дефіциту повноцінних білків у харчуванні людей, то розробка науково-обґрунтованих технологій безлактозних білково-ліпідних концентратів з маслянки є актуальним і перспективним напрямком у харчовій науці, до того ж дає змогу вирішити проблему енерго- та ресурсозбереження.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є теоретичне та експериментальне обґрунтування технології безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів на основі мембранних процесів видалення лактози та використання його при виробництві синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити доцільність використання ультрафільтрації для концентрування білково-ліпідної фракції маслянки та її діафільтрації пермеатом, отриманим нанофільтрацією ультрафільтраційного пермеату маслянки для видалення лактози;
- розробити прикладну методику розрахунку для оцінки ефективності процесу діафільтрації маслянки зі збереженням мінерального складу;
- визначити граничні умови ультрафільтрації для максимального концентрування білково-ліпідної фракції маслянки;
- визначити основні характеристики НФ мембран марки ОПМН і НФ пермеату, який використовується як розчинник при діафільтрації УФ ретентату маслянки;
- дослідити процес безперервної діафільтрації УФ ретентату маслянки;
- розробити технологію і основні принципи функціонування установки для безперервного одержання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки;
- дослідити вплив режимів пастеризації, сушіння і зберігання на показники якості кінцевих продуктів;
- розробити науково-обґрунтовані рецептури і технологію низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива на основі безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки;
- розробити нормативну документацію на виробництво рідкого і сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки та низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива на його основі, провести промислову апробацію розроблених концентратів та низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, розрахувати економічну ефективність від впровадження розроблених технологій.

Об'єкт дослідження – технології безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива;

Предмет дослідження – продукти ультрафільтрації, нанофільтрації, діафільтрації маслянки, рідкий та сухий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки, сухе знежирене безлактозне молоко, закваски для виробництва йогурту із зниженим вмістом лактози, стабілізатор, харчосмакові інгредієнти для

низьколактозного йогуртового молочного морозива, органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні, мікробіологічні показники якості сировини і готової продукції.

Методи досліджень – комплекс традиційних і сучасних хімічних, біохімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та математично-статистичних методів досліджень, відкоригованих для роботи з молочною сировиною і білковими молочними концентратами.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

– отримані науково обґрунтовані дані щодо впливу діафільтраційного очищення на вміст лактози та мінеральних речовин при використанні у якості розчинника пермеату, отриманого нанофільтрацією ультрафільтраційного пермеату маслянки;

– встановлена чітка залежність впливу вмісту кальцію на функціональні властивості безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки;

– отримана нова інформація щодо залежності антиоксидантної активності безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки і продуктів на його основі від хімічного складу рецептурних компонентів (білків, фосфоліпідів, тощо);

– досліджено вплив безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки на функціональні властивості синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива.

Науково і експериментально обґрунтовано процес сушіння безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки у завислому шарі інертних носіїв, встановлено режими сушіння та функціональні властивості продукту.

Поглиблено знання щодо стабільності мікрофлори у процесі зберігання розробленого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблена прикладна методика розрахунку діафільтраційного процесу з використанням пермеату, отриманого нанофільтрацією ультрафільтраційного пермеату маслянки.

Розроблена технологія рідкого і сухого безлактозного білково-ліпідного

концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів (білків, жирів, лактози, мінеральних речовин), яка дозволяє розширити асортимент безлактозних і низьколактозних продуктів з найменшими ресурсо- та енерговитратами.

Запропоновано експериментально обґрунтоване технічне рішення реалізації розробленої мембранної технології видалення лактози з маслянки безперервним способом із збереженням мінерального складу і розроблено схему, яка дозволяє автоматизувати процес.

Розроблено рецептури та технологію нової лінійки синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива, які характеризуються підвищеними функціональними властивостями.

Розроблено нормативну документацію на безлактозні білкові концентрати рідкі (ТУ У 15.5-36759161-008:2019 та ТІ до ТУ У), безлактозні білкові концентрати сухі (ТУ У 15.5-36759161-009:2019 та ТІ до ТУ У) та проект документації на низьколактозне синбіотичне йогуртове морозиво (ТУ У та ТІ).

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі ОНАХТ.

Впровадження науково-технічних розробок шляхом випуску промислових партій нових продуктів здійснені у виробничих умовах промислових підприємств Тульчинської філії ТОВ «ТЕРРА ФУД» (м. Тульчин, Вінницька область) та СПД Дьякончук (м. Одеса).

Наукова новизна прийнятих технологічних рішень захищена 5 патентами України на корисну модель.

Особистий внесок здобувача полягає у аналізі літературних джерел, плануванні та проведенні експериментів, обробці та узагальненні отриманих результатів, підготовці матеріалів досліджень до публікування і заявок на корисні моделі, розробці нормативної документації, промисловій апробації розроблених технологій. Особистий внесок здобувача підтверджено представленими документами та науковими публікаціями. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачу належить: постановка експериментів та аналіз отриманих результатів, формулювання та узагальнення висновків.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали схвалення на: міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції» (НУХТ, Київ, 2016); міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів» (Одеса, 2017, 2019); 78-ій науковій конференції викладачів ОНАХТ (Одеса, 2018); the international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solutions» (Brno, Czech Republic, 2018); international Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland» (Wolomin, Republic of Poland, 2018); 79-ій науковій конференції викладачів ОНАХТ (Одеса, 2019); XI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (Одеса, 2018).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць, з них 9 – у наукових фахових виданнях України, 1 – у виданні України, яке включено до міжнародної наукометричної бази (Web of Science), 1 – у виданні іноземної держави; 5 патентів України на корисну модель, тези 9 доповідей у матеріалах наукових та науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку літературних джерел з 240 найменувань, додатків. Роботу викладено на 155 сторінках основного тексту, вона містить 34 таблиці (15 стор.), 43 рисунки (22 стор.).

РОЗДІЛ 1

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Характеристика та харчова цінність маслянки

Маслянка – побічний продукт високої біологічної цінності, який отримують при виробництві вершкового масла способом збивання і перетворення високожирних вершків. При виробництві 1 т вершкового масла отримують близько 1,5 т маслянки [16].

Залежно від способів виготовлення масла розрізняють такі види маслянки: маслянка, що отримується при виробництві масла методом збивання вершків у масловиготовлювачах періодичної або безперервної дії; маслянка, що отримується при виробництві масла методом перетворення високожирних вершків. Залежно від виду масла розрізняють маслянку, яку одержують при виробництві солодковершкового масла, і маслянку, яку одержують при виробництві кисловершкового масла [16–20].

Маслянка та продукти, отримані з маслянки, при дотриманні вимог технології, санітарії та гігієни, виконують всі функції харчування: енергетичну, пластичну, біологічну та імунну. Маслянка за статистикою відноситься до відходів молочної промисловості. Використання маслянки на харчові цілі не перевищує 35% від загального обсягу виробництва [19,20].

Цінність маслянки обумовлена наявністю в ній групи протисклеротичних речовин: білково-лецитинового комплексу і поліненасичених жирних кислот, вітаміну Е [18,20,21].

Ліпідні компоненти маслянки представлені: тригліцеридами, моно- та дігліцеридами, фосфоліпідами, вільними жирними кислотами, стеринами та каротиноїдами. Характерною особливістю ліпідів маслянки є відносно високий вміст жирних кислот, в тому числі низькомолекулярних. Масова частка жиру в маслянці не значна – 0,4...0,7%. Молочний жир у маслянці має високий ступінь дисперсності, що сприяє легшому емульгуванню та омиленню жиру жовчними

кислотами. Засвоюваність молочного жиру маслянки сягає 95...96%. У маслянці відносно високий вміст біологічно-активних речовин (високоактивних антисклеротичних речовин) – фосфоліпідів, рівень яких в ній більше ніж в 2 рази перевищує вміст у вершковому маслі [22–28]. Фосфоліпідів в маслянці в 1,4 рази більше, ніж в незбираному молоці і в 10-11 разів більше, ніж в знежиреному. На думку ряду дослідників [22–28], до складу фосфоліпідів входять нейтральні ліпіди і фосфатидні кислоти: фосфатиділетаноламін, фосфатиділсерін, фосфатидлінозітол, сфінгомієлін, лізофосфатиділхолін і фосфатиділхолін. На частку холінвмісних сполук доводиться від 42 до 52% від загальної кількості фосфоліпідів. Фосфоліпіди відіграють першорядне значення у нормалізації жирового і холестеринового обміну, надають антиатеросклеротичну дію і покращують стан організму людини при серцево-судинних захворюваннях [21,22,25].

При виробництві вершкового масла способом збивання в маслянку з вершків переходить до 70% фосфоліпідів. З них особливе значення має лецитин, який, утворюючи з білками високоактивний білково-лецитиновий комплекс, бере участь у жировому обміні речовин [21–26]. Жоден харчовий продукт не містить лецитин у такій активній формі, як маслянка, оскільки в усіх інших продуктах лецитин пов'язаний з жирною фракцією, а не з білковою. Регулюючи інтенсивність всмоктування жиру, лецитин запобігає утворенню і накопиченню в організмі надлишкових кількостей холестерину, сприяє його розщепленню і виведенню з організму [24,25].

Холін є мембранопротектором, він захищає клітини від руйнування. Важливе значення має холін для клітин печінки, створює захисні механізми, які дозволяють печінці протистояти шкідливому впливу хімічних речовин, що надходять ззовні. Холін бере участь в процесах жирового обміну, впливає на процеси розщеплення жирів [21].

Холестерин, що пов'язаний з лецитином, має здатність зв'язувати ядовиті речовини, що потрапляють в організм людини або утворюються в ньому, та знезаражує їх [21].

Маслянка – це продукт, гарантовано захищений від будь-якого виявлення атерогенної дії на організм людини (вміст холестерину у маслянці складає 10 мг на 100 г продукту), тому її вживання не лімітується і може здійснюватися без обмежень щоденно у всіх вікових групах, в тому числі і в групах людей літнього віку [16–19, 21,22,25,27].

Білки маслянки містять практично всі фракції білків незбираного молока і мають ідентичний набір амінокислот, включаючи незамінні, в тому числі амінокислоти-антиоксиданти (метіонін+цистін), біологічні властивості яких особливо ефективно проявляються у комбінації з вітамінами В₁, В₂, В₁₂, С, Е та пантотеновою кислотою, що входять до складу маслянки [21,26]. Сироваткові білки представлені в основному β-лактоглобуліном (50% від їх загального вмісту та 12% від загальної кількості білків маслянки), що значно впливає на властивості маслянки та 2...5% припадає на α-лактоальбумін. За даними [21,26,27], α-лактоальбумін має вищу харчову цінність, ніж β-лактоглобулін. Відмінною рисою білкового складу маслянки є наявність білків оболонок жирових кульок, що переходять до маслянки у процесі виробництва вершкового масла. Білки оболонок жирових кульок відрізняються від казеїну елементарним складом. Вони містять менше нітрогену (13,2 %) і фосфору (0,48 %), більше сірки – 1,72 %. В білках маслянки міститься амінокислота – метіонін, яка є джерелом утворення холіну та фосфатидів, що відіграють важливу роль в обмінних процесах організму. Білки маслянки в нативному і денатурованому стані засвоюються організмом на 96...98%.

Вуглеводи маслянки представлені, в основному, лактозою (4,7%), у незначній кількості присутні глюкоза і галактоза, є дані про присутність арабінози і лактулози.

Мінеральні речовини маслянки знаходяться в вигляді катіонів кальцію, магнію, калію, натрію та аніонів соляної, сірчаної, фосфорної кислот. Кальцій приймає участь у формуванні кісток, фосфор живить нервову систему, мідь каталізує окислювально-відновлювальні процеси та приймає участь в обміні речовин, кобальт входить до складу вітаміну В₁₂. Співвідношення Са:Р складає 1:1, у маслянці воно є оптимальним, рекомендованим для раціонального харчування [16–19,21].

У маслянці представлені майже всі вітаміни групи В – В₁ (тіамін) – 0,04 мг, В₂ (рибофлавін) – 0,2 мг, В₅ (пантотенова кислота), В₆ (піридоксин) – 0,05 мг, фолієва кислота (В₉) – 5 мкг, В₁₂ – 0,4 мкг. Вміст вітаміну С в маслянці нижчий, ніж у незбираному молоці, що викликано впливом високих температур на молоко і вершки в процесі виробництва масла [16–19,21].

Хімічний склад маслянки є повноцінним за рахунок присутності всієї гами білкових сполук молока, в тому числі казеїну та сироваткових білків, збереження вуглеводного і мінерального комплексів, збагачених ліпідних фракцій за рахунок фосфоліпідів, летких жирних кислот, поліненасичених жирних кислот.

1.2. Технологічні властивості маслянки

Технологічні властивості маслянки залежать від її складу і фізико-хімічних показників. Показники, які характеризують фізичні властивості маслянки, аналогічні показниками знежиреного молока [16,17].

Маслянка, отримана при виробленні солодковершкового масла методом збивання, має титровану кислотність в межах 18 ... 20 ° Т (активну кислотність – 6,53...6,59), а кисловершкового – 40 °Т; маслянка, отримана від виробництва масла методом перетворення високожирних вершків, – 17..18 °Т (рН 6,52...6,60). Фізичні властивості маслянки: густина 1026–1035 кг/м³, в'язкість 1,65 – 1,70 Па·с (10⁻³), теплоємність 3,936 кДж, теплопровідність 0,452 Вт/м³ градусів, поверхневий натяг 40 Н/м (10⁻³), осмотичний тиск 0,66 МПа, температура замерзання мінус 0,54 °С, електропровідність 0,43 См/м [16–19,21].

Білки маслянки мають специфічні властивості, які відіграють певну роль у здійсненні технологічних процесів при виробництві продуктів із маслянки – термостійкість, гідратація, піноутворення, коагуляція, емульгування, розчинність, сичужна коагуляція тощо [28–34]. Термостійкість залежить від багатьох факторів: кислотності, сольової рівноваги, складу і стану білків, вмісту сухого знежиреного молочного залишку тощо. Казеїн на відміну від інших глобулярних білків характеризується високою термостійкістю. Він витримує нагрівання при 140 °С

протягом 10...20 хв. без коагуляції. Термостабільність казеїну пояснюється особливостями його структури – високим вмістом проліну, відсутністю вільних сульфгідрільних груп, мало упорядкованою вторинною структурою, яка у нативному стані має вигляд денатурованої. Чутливість до нагрівання окремих фракцій сироваткових білків різна. Найменш стійкими до нагрівання є імуноглобуліни, потім альбуміни сироватки крові, більш стійкі β-лактоглобулін і α-лактальбумін [21,31–33]. Казеїн характеризується дуже високими гідрофільними властивостями. [21,32]. Розчинність білків є первинним показником функціональних властивостей. Важливе значення розчинність білків має для підвищення якості продуктів, у виробництві яких передбачений їх гідроліз (автоліз) і денатурація (первинні технологічні стадії, сушіння і зберігання) [21,90]. Розчинність білків значною мірою впливає на піноутворювання [21,28–34].

Головну функцію емульгувальної здатності маслянки виконують фосфоліпіди. Емульгувальна властивість казеїнових білків вища, ніж сироваткових, вона обумовлена наявністю гідрофільних і гідрофобних атомних угруповувань, що адсорбуються на поверхні розділу фаз та міцно на ньому утримується, створюючи і стабілізуючи емульсію [21,28–34].

1.3. Лактоза – основний вуглевод маслянки. Причини лактозної непереносимості

При переробці молока на вершкове масло до маслянки переходить 99,4% лактози. Тобто лактози у маслянці 4,5–4,8%. Вона нормалізує процеси бродіння в шлунково-кишковому тракті та сприяє всмоктуванню у кишечнику кальцію та інших мінеральних речовин [21,35].

Засвоюванню лактози сприяє фермент лактаза (β-галактозидаза), який утворюється в організмі людини. Під дією цього ферменту лактоза розщеплюється на прості цукри – глюкозу і галактозу, які легко засвоюються організмом. Деякі люди страждають на непереносимість лактози і внаслідок цього відчувають дискомфорт після вживання молока та молочних продуктів. Це пов'язано із

зниженим утворенням ферменту лактази в кишечнику або недостатньою його активністю. Симптоми порушення засвоєння лактози, викликані відсутністю (алактазія) або недостатністю (гіполактазія) лактази, називають непереносимістю лактози [1,2,4–13]. Люди, що страждають на лактозну непереносимість, вимушені обмежувати або повністю виключати з раціону харчування традиційні молочні продукти, або приймати препарати лактази постійно. Обмеження споживання молочних продуктів позбавляє людей легкодоступних джерел кальцію, вітаміну D, магнію, калію, білків та інших поживних речовин. Молоко і молочні продукти знижують ризик гіпертонії, колоректального раку і діабету [1,2,4–9].

Оскільки більшість людей з непереносимістю лактози можуть переносити деяку кількість лактози в своєму раціоні, їм не потрібно повністю відмовлятися від молока та молочних продуктів. Вважається, що дорослі та підлітки з малою абсорбцією лактози, можуть споживати 12 г лактози на добу, збільшення споживання лактози може викликати різноманітні прояви порушення травлення, ускладнити фізичний стан здоров'я чутливої людини, тим самим знизити рівень якості життя [4]. Висока поширеність лактозної непереносимості в розвинених країнах (70–75%) [1,2], в тому числі і в Україні (15–35%) [3], ставлять цю хворобу в ряд соціальних хвороб, що потребують широкого проведення лікувально-профілактичних заходів. У зв'язку з цим проблема розробки низьколактозних і безлактозних продуктів набуває особливої актуальності.

1.4. Загальні відомості про мембрани та мембранні процеси

Мембранами називають такі структури, розмір яких у одному вимірі (товщина), значно менший ніж у інших вимірах і крізь які відбувається масоперенос під впливом рушійних сил. Мембрана розділяє дві фази, які різняться фізично або хімічно від самої мембрани. Це можуть бути рідини або гази. Мембрана має властивості, що дають їй змогу впливати на процеси масопереносу між фазами, які вона розділяє [36].

Мембрани для баромембранних процесів повинні відповідати таким основним вимогам: мати високорозділювальну здатність (селективність); високу питому продуктивність (проникність); хімічну стійкість до дії середовища; механічну міцність при монтажі, транспортуванні і зберіганні. Крім того, властивості мембрани в процесі експлуатації не повинні змінюватися [36,37,41,49].

До основних властивостей мембран належить:

1. Селективність (R) – здатність мембрани мати різну проникність за відношенням до різних компонентів суміші, що розділяється.

Селективність (%) розраховують за формулою (1.1):

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100, \quad (1.1)$$

де C_1 і C_2 – концентрація затримуваної речовини в вихідному розчині і у фільтраті.

Потік речовин, що пройшли через напівпроникну мембрану, називають фільтратом, або пермеатом; потік речовин, що не пройшли через напівпроникну мембрану в процесі розділення – концентратом [36,37,41,46,49].

2. Питома продуктивність (проникність) – потік речовини (об'ємний, масовий або молярний), що проходить через одиницю поверхні мембрани в одиницю часу. Так як питома продуктивність обернено пропорційна товщині ізотропної мембрани або товщині активного шару для анізотропної, коефіцієнт проникності часто відносять до одиниці товщини мембрани.

3. Пористість (об'ємна частка пор) також є важливою характеристикою мембрани, тому що гідродинамічна проникність тим вища, чим більша пористість.

В молочній промисловості використовують напівпроникні мембрани першого, другого, третього і четвертого поколінь. В основі такої класифікації лежать зміни властивостей матеріалів, з яких виготовлені напівпроникні мембрани, отже, і їх характеристик під дією основних параметрів експлуатації (температура, рН оброблюваного розчину, тиск) [36,37,41,46,49]. Під мембранами першого покоління слід розуміти мембрани, що були виготовлені з полімерів ацетатцелюлози, другого покоління – з ароматичних полімерів (поліаміда,

полісульфона тощо), третього і четвертого покоління – з мінеральних речовин, металокераміки тощо. Мембрани останніх поколінь притаманна висока механічна міцність, термостійкість (до 200 °C і вище), хімічна стійкість (рН 0...14), стійкість до тиску, зносостійкість, корозійна стійкість, тривалий термін експлуатації (до 10 років). Основними недоліками таких мембран є: обмежений діаметр пор, невелика площа активної поверхні мембранного елемента, підвищена витрата миючих засобів і енергії, як наслідок, збільшення вартості і термінів окупності обладнання. В молочній промисловості найбільш розповсюджені мембрани Carbosep та Membralax, виготовлені французькими фірмами. Ці мембрани виготовлені з оксиду цирконію, нанесеного на основу з агломерованого вуглецю [49].

На механізм селективної проникності мембран впливають тиск, температура, гідродинамічні умови, електричні і магнітні поля, ультразвукові хвилі тощо. Вибір робочого тиску залежить від виду процесу, природи і концентрації розчину, що розділяється, типу мембрани, конструкції апарату, гідравлічного опору міжмембранного каналу і дренажу тощо. Вплив температури на розділення залежить від природи розчинених компонентів, причому швидкість проходу цих компонентів через мембрану, в порівнянні зі швидкістю течії води, зі зміною температури може відрізнятись. Зі збільшенням концентрації підвищується осмотичний тиск розчину, а отже, знижується ефективна рушійна сила процесу розділення; крім того, збільшується в'язкість, у результаті чого зменшується коефіцієнт масовіддачі. Зміна рН розчину може впливати на технологічні характеристики мембрани і перш за все на селективність. рН впливає на товщину граничних шарів рідини, що значною мірою теж визначає селективні властивості мембрани.

Сьогодні світові виробники мембран і мембранного обладнання виготовляють широкий спектр продукції, яка є доступною для споживача в залежності від цілі застосування мембранних способів обробки рідин. Більша частина мембранних процесів у світовій практиці пов'язана з ультрафільтрацією, а у харчових виробництвах – з переробкою молока і молочної сироватки.

Мембрани за конструкцією бувають чотирьох типів: плоскі; трубчасті; порожнистоволоконні; рулонні [36,37,41,46,49,59].

Плоскі мембрани мають вигляд листів різного розміру, форми, конфігурації. Вони застосовуються у всіх мембранних процесах без винятку і відрізняються матеріалом, з якого виготовлені, структурою та розміром пор, який дозволяє селективно відокремлювати одні речовини від інших.

Трубчасті мембрани зазвичай уявляють собою трубки діаметром 0,8...2,5 см, виготовлені з пористого матеріалу, наприклад, скловолокна. На внутрішню або зовнішню поверхню трубки за допомогою адгезійного складу нанесена мембрана. З зовнішньої або внутрішньої сторони трубчастої мембрани циркулює розчин, який підлягає обробці. Фільтрат накопичується на протилежних сторонах поверхні трубки. Скловолоконна трубка відіграє роль каркаса, надає форми, міцності і утворює канали для концентрату і фільтрату. У більшості випадків мембрану наносять на внутрішню поверхню трубки і використовують при ультрафільтрації.

Порожнистоволоконні мембрани – це трубки малого діаметру (0,8...1,8 мм), які нагадують капіляри довжиною 0,5...1,0 м. Такі структури формуються спеціальним методом з полімерів так, щоб роздільний шар мембрани був зовні або зсередини трубки. В промисловості порожнистоволоконні мембрани застосовують при ультрафільтрації і зворотному осмосі. Міцність порожнистоволоконних мембран і є тим обмеженням, що не дозволяє використовувати високий перепад тиску і підвищувати продуктивність мембранної обробки. Однак, у порожнистоволоконних мембран є цінна властивість – можливість використання зворотного току рідини для відновлення продуктивності і висока пакувальна густина, що дозволяє в одиниці об'єму помістити більше мембранної площі, ніж для плоских і трубчастих мембран.

Рулонні мембрани складаються з плоских мембран, з'єднаних у конструктивний елемент, який дозволяє відокремлювати фільтрат від концентрату і виводити їх окремо. Це дві плоскі мембрани між якими поміщають дренаж, наприклад, капронову сітку. В такому вигляді вони змотуються так, щоб утворився рулон (swiss-roll). У дренажному просторі накопичується фільтрат. Концентрат

циркулює всередині рулону паралельно його осі. Рулонні мембрани використовують для ультрафільтрації і зворотного осмосу. Вони мають високий вміст площі фільтрування в одиниці об'єму. Недоліком їх є телескопічний ефект, котрий виникає при переміщенні розчинів з високою швидкістю, і складність у видаленні можливого осаду на поверхні мембранної плівки.

З окремих мембран формують конструктивні мембранні елементи, які можуть бути у вигляді рамок з двома мембранами або іншого виду. Тоді мова йде про плоскорамні елементи або у вигляді окремих волокон, трубок, рулонів. Мембранні елементи поєднуються у мембранні модулі. До складу модулів можуть входити від декількох до декількох сотень і більше елементів. У модулі конструктивно організовані потоки концентрату і фільтрату так, що вони циркулюють окремо і збираються в окремих колекторах. З мембранних модулів формують мембранні установки, які за конструкцією відповідають виду мембран і мембранних елементів (плоскорамні, порожнистоволоконні, трубчасті і рулонні).

Базова конструкція мембранної установки відображена на рис. 1.1.

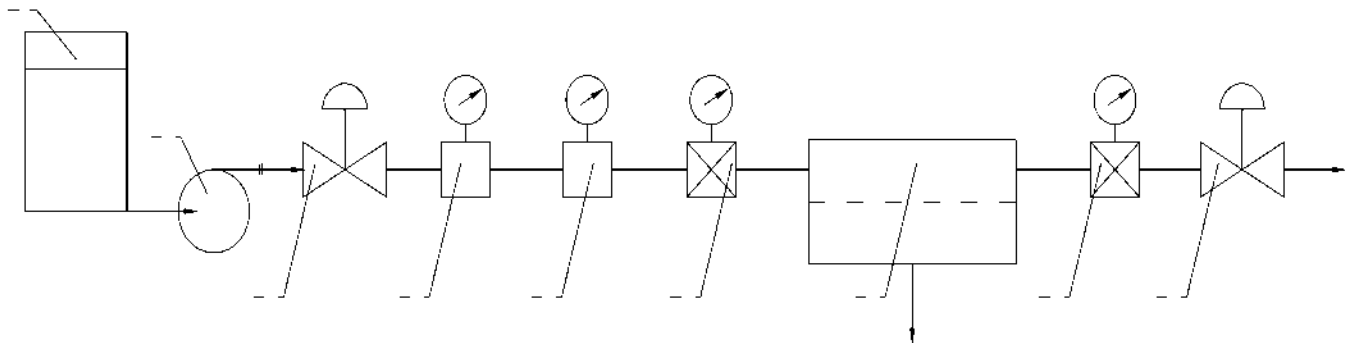


Рис. 1.1. Базова конструкція мембранної установки:

1. Ємність для вихідної речовини. 2. Насос відцентровий. 3. Клапан контролю потоку. 4. Вимірювач швидкості потоку (ротаметр). 5. Термометр. 6. Манометр вхідного тиску. 7. Мембранний модуль. 8. Манометр вихідного тиску. 9. Підпорний клапан тиску

Розрізняють чотири способи проведення процесу мембранного фільтрування: безперервне фільтрування з одноразовим проходом; періодичне фільтрування; безперервне фільтрування з одноразовим проходом; періодичне фільтрування;

періодичне фільтрування із зростанням об'єму; безперервне фільтрування з внутрішньою рециркуляцією.

Безперервне фільтрування з одноразовим проходом рідини через систему установки визначається тим, що вихідна рідина проходить над мембраною тільки один раз. На практиці цей спосіб майже не застосовують, тому що для досягнення потрібної концентрації певної рідини мембранна площа має бути досить значною.

Періодичний спосіб мембранного фільтрування передбачає багаторазове проходження розчину над мембраною. Концентрат на виході з мембранного модуля повертається назад у ємність і рециркулює по всій системі установки до тих пір, поки об'єм рідини не зменшиться до потрібного рівня. Цей спосіб найбільше підходить для обробки невеликих об'ємів рідких середовищ і часто застосовується у лабораторних і пілотних дослідженнях. Перевагою даного способу є те, що потрібне найпростіше оснащення процесу і для невеликих об'ємів потрібний рівень концентрації досягається дуже швидко, порівняно з іншими способами. Це пояснюється інтенсивним видаленням фільтрату раніше, ніж швидкість його відбору зменшиться до небажаної величини. Недоліком у цьому випадку є тривалий час знаходження концентрату в одному контурі (танку) до проходу рідини через мембранний модуль, що може викликати небажаний розвиток мікрофлори.

Періодичний спосіб фільтрування із зростанням об'єму нагадує попередній випадок, однак полягає у збільшенні об'єму рідини у танку після падіння його рівня до певного значення. Процес триває до тих пір, поки об'єм рідини в установці не буде відповідати потрібній концентрації. В цьому випадку тривалість знаходження рідини в установці ще більша, ніж у попередньому способі, і середній потік фільтрату буде нижчим.

Безперервне фільтрування з внутрішньою рециркуляцією є найбільш придатним способом для застосування мембранного процесу в широких масштабах. Воно дозволяє проводити обробку рідини безперервно. Варіант цього способу представлений на рис. 1.2.

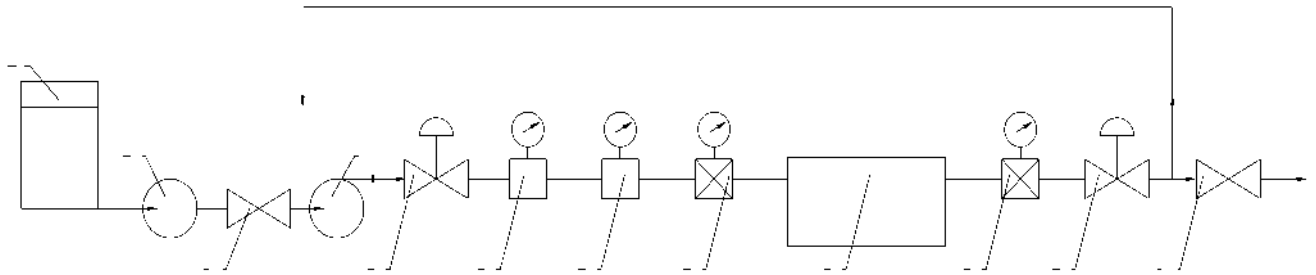


Рис. 1.2. Схема безперервного способу мембранного фільтрування:

1. Ємність для вихідної речовини.
2. Насос живильний.
3. Клапан контролю потоку.
4. Вимірювач швидкості потоку (ротаметр).
5. Термометр.
6. Манометр вхідного тиску.
7. Мембранний модуль.
8. Манометр вихідного тиску.
9. Підпорний клапан тиску.
- 10, 11. Клапани.
12. Циркуляційний насос.

Установка має внутрішній контур, що складається з мембранного модуля і рециркуляційного насосу. Цей контур живиться вихідною рідиною за допомогою меншого насосу. Рідина після виходу з мембранного модуля частково подається на рециркуляцію на вхід циркуляційного насосу. Установка працює таким чином, щоб концентрат, збагачений на виході мембранного модуля і повернутий на рециркуляцію, доповнювався б живильним насосом новою порцією вихідної рідини. Ця порція поповнює мембранний модуль з компенсацією зменшення об'єму в мембранному контурі за рахунок відбору фільтрату і частки концентрату.

Тривалість обробки рідини (затримання в установці) набагато менша, ніж в інших випадках за рахунок безперервного відбору концентрату. Рідина добре перемішується у мембранному контурі. Деякі компоненти розчину швидко виходять з установки, інші – повільніше, бо довше затримуються у контурі в залежності від швидкості подавання живильним насосом і видалення концентрату. Середня тривалість обробки рідини вимірюється хвилинами, а не годинами, як у першому способі. Енергетичні витрати при використанні рециркуляції більш ефективні внаслідок повного використання тиску. Однак проходить описаний процес при меншій продуктивності відбору фільтрату внаслідок високої концентрації затриманих речовин у циркуляційному контурі. Промислові мембранні установки можуть вміщати декілька сотень квадратних метрів мембранної площі.

Сучасні установки повністю автоматизовані. Всі робочі параметри контролюються і регулюються автоматичними пристроями. Мембрани і мембранні установки в Україні, на жаль, не виготовляються. Найбільш доступними за ціною є мембранні установки російського виробництва, хоча у конструктивному виконанні вони і програють світовим лідерам (PCI, Osmonics, DDS, Nitto Denki, Millipore, Dupont). Мембрани ж російського виробництва можуть за своїми характеристиками конкурувати і на світовому ринку. Основними розробниками мембран і обладнання у Росії є фірма «Владипор» (м. Володимир).

Зазвичай, використовують чотири основні процеси мембранного фільтрування: *мікрофільтрація (МФ)*, *ультрафільтрація (УФ)*, *нанофільтрація (НФ)* і *зворотний осмос (ЗО)* (табл.1.1) [36,37].

Таблиця 1.1

Процеси мембранного фільтрування

Процес	Розмір затримуваних частинок, мкм	Молекулярна маса частинок, кДа	Робочий тиск, МПа	Речовини, які виділяються
Мікрофільтрація	0,05-10,000	100-1000	0,02-0,30	Бактерії, жирові кульки, фракції казеїну
Ультрафільтрація	0,005-0,100	1-100	0,1-0,5	Колоїдні частинки і високомолекулярні речовини
Нанофільтрація	0,001-0,005	0,5-1,0	0,5-2,0	Лактоза, небілкові азотисті сполуки, частково мінеральні речовини
Зворотний осмос	менше 0,001	0,1-0,5	2,0-10,0	Мінеральні речовини

Ультрафільтрація – це процес фільтрації під тиском 0,1...0,5 МПа, за допомогою напівпроникних мембран, з розмірами пор 50...100 нм.

Дослідженню процесів ультрафільтрації харчової сировини та їх апаратурного оформлення присвячені наукові роботи багатьох вітчизняних та іноземних вчених, серед яких Ю.І. Дитнерський, М.М. Ліпатов, О.П. Чагаровський, О.В. Круглик, Є.О.

Фетисов, В.М. Гуцалюк, О.В. Конанихін, Т.І. Юдіна, Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, Н.Н. Ожгихина, О.А. Вишемирський, В. Cuartas-Uribe, R. Atra, G. Konrad та інші [14,15,28,31,38–48].

Використовуючи ультрафільтрацію при переробці маслянки, можна отримати два різних за складом і властивостями продукти: рідкий концентрат білків (ретентат) і фільтрат (пермеат), який є розчином молочних компонентів (вуглеводи, мінеральні речовини, кислоти, низькомолекулярні азотисті речовини). Ці напівфабрикати в подальшому можуть використовуватися у технології харчових продуктів.

Дослідженням процесу ультрафільтрації маслянки займалися у Харківському університеті харчування та торгівлі. Визначено раціональні технологічні параметри проведення процесу УФ розділення маслянки, досліджено показники якості продуктів УФ розділення маслянки [29,31,38,47,48].

Комплексною переробкою маслянки ультрафільтрацією займалися [38]. Було встановлено оптимальний параметр процесу УФ маслянки, температуру та фактор концентрування. Встановлено, що білковий концентрат маслянки з масовою часткою сухих речовин 14...18% придатний для використання в харчових цілях в натуральному вигляді, а концентрат з масовою часткою сухих речовин 24...28% – в якості білкового наповнювача при виробництві вершкового масла [38].

Юдіна Т.І. досліджувала хімічний склад білкового концентрату маслянки, одержаного методом ультрафільтрації [29,31,32,90].

Математичним моделюванням процесу мембранного концентрування білково-вуглеводної молочної сировини займалися в ХДУХТ [54]. Наведено результати досліджень впливу основних параметрів процесу мембранного оброблення білково-вуглеводної молочної сировини на продуктивність ультрафільтраційних мембран. Визначено раціональні параметри проведення процесу ультрафільтраційного концентрування білково-вуглеводної молочної сировини в режимі барботування.

Діафільтрація як технологічний процес застосовується при ультрафільтраційній обробці рідких середовищ. В ідеальному випадку при ультрафільтрації вода і низькомолекулярні сполуки вільно проходять через

мембрану. По обидва боки мембрани концентрація цих сполук у водній фазі розчину буде однакою. Якщо воду, як чистий розчинник, додати до концентрату, який знаходиться над мембраною, концентрація розчинених сполук зменшиться і у концентраті і у фільтраті при подальшій ультрафільтрації. Якщо воду додавати у концентрат декілька разів, то концентрація низькомолекулярних сполук буде і надалі зменшуватися до тих пір, поки вони не будуть видалені, вимиті з концентрату. Цей процес стосовно ультрафільтрації отримав назву діафільтрація. Якщо треба отримати білковий концентрат з вторинної молочної сировини воду у вихідний розчин можна додавати двома шляхами: у ємність перед початком діафільтрації; безперервно у процесі діафільтрації із швидкістю відбору фільтрату [49]. В останньому випадку об'єм доданої води для досягнення бажаного рівня чистоти розчину стосовно низькомолекулярних сполук можна визначити за виразом:

$$V = \frac{m_w}{(1-R)} \ln \frac{m_1}{m_2},$$

де V – об'єм води, потрібний на діафільтрацію; R – коефіцієнт затримання низькомолекулярної сполуки (селективність); m_w – маса води у вихідному розчині; m_1 , m_2 – відповідно маса низькомолекулярної сполуки у розчині до і після діафільтрації.

Схема процесу мембранного розділення діафільтрацією наведена на рис. 1.3.

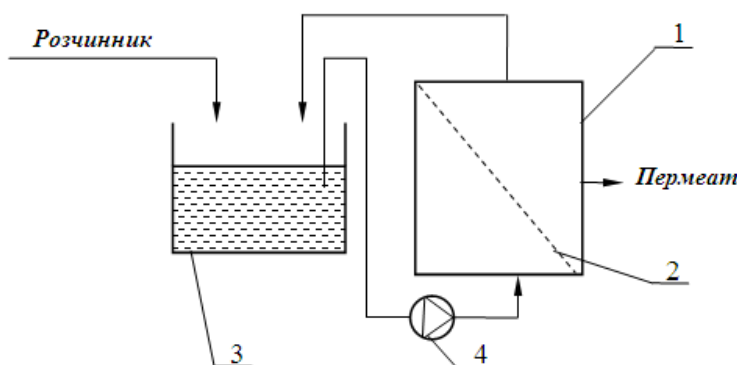


Рис. 1.3. Схема процесу мембранного розділення діафільтрацією

1 – ультрафільтраційний модуль; 2 – напівпроникна селективна мембрана;
3 – ємність з сировиною; 4 – насос.

Діафільтрація у безперервному режимі набагато ефективніша, ніж додавання води у ємність з розчином перед діафільтрацією. На практиці вихідний розчин спочатку підлягає ультрафільтрації до максимально можливого значення фактору концентрування. Потім отриманий концентрат очищують за допомогою діафільтрації. Таким чином, комбінацією ультра- та діафільтрації досягають бажаного ефекту очищення високомолекулярних сполук від низькомолекулярних.

Діафільтрація є ефективним методом очищення різних високомолекулярних сполук від небажаних низькомолекулярних речовин особливо тоді, коли мова йде про збереження нативних властивостей білка, вітамінів, ферментів, їх біологічної активності. Така обробка в порівнянні з традиційними методами очищення (осадження тощо) дозволяє практично повністю зберегти біологічну цінність компонентів рідких середовищ харчової промисловості.

Чинниками, що впливають на процес діафільтрації є: ступінь попереднього концентрування; ступінь розбавлення; число циклів розбавлення.

Вивченням діафільтраційного очищення займалися науковці, роботи яких наведені [41,46,50–53]. Розрахунки процесу діафільтрації молочних продуктів розглядаються в ряді робіт [46,50–53,55]. У всіх випадках розчинником продуктів є вода. У роботах [50,53] представлений теоретичний підхід до розрахунку на основі моделювання та оптимізації "ідеальної" діафільтрації. Такий процес не враховує специфіки високо- і низькомолекулярних речовин. У цих роботах передбачається, що селективність високомолекулярних речовин $R = 1$, а низькомолекулярних $R = 0$. На практиці в залежності від типу мембран R для лактози приймає різні значення. У цих та інших [51] дослідженнях розглядається лише один варіант діафільтрації – з безперервним розведенням при постійному обсязі продукту. Варіантів діафільтрації може бути кілька. Це показано в розділі 3 даної роботи. В роботі [52] представлено моделювання діафільтрації зі змінним об'ємом продукту. Харчові багатокомпонентні рідини і їх склад не враховуються. Комп'ютеризована програма Wolfram Alfa використовується для розрахунку ультра-і діафільтрації в роботі [53]. Програма значно скорочує час розрахунків, але має справу з діафільтрацією постійного обсягу продукту, без урахування його хімічного складу. Переважна

більшість досліджень діафільтрації молочних продуктів в літературі колишнього СРСР і Росії належить В. Кругліку. Результати узагальнені в роботах [46,55]. У цих працях використовується досить складний математичний апарат. У розрахунках як розчинник враховують чисту воду, а не розчин. Об'єктом дослідження служили білкові концентрати та їх гідролізати.

Таким чином, проблема вибору варіанта діафільтрації маслянки зі збереженням мінерального складу у пресі висвітлюється частково. Роботи, в яких розчинником є нанофільтрат відсутні. Крім того, для порівняльного розрахунку варіантів діафільтрації необхідні експериментальні дані хімічного складу – продуктів ультра-і нанофільтрації маслянки. Необхідно визначити також питому продуктивність мембран обраного типу і їх селективність. Ці дані в джерелах [46,50–55] неоднозначні.

Необхідною є методика розрахунку процесу діафільтрації з НФ пермеатом, яка використовує експериментальні дані. Результати розрахунків повинні бути достовірними і досить повно відображати ефект діафільтраційного очищення.

Нанофільтрація [36,37,49,56–58] – дозволяє, як сконцентрувати молочну сировину, так і частково виділити з неї мінеральні речовини, тобто провести часткову демінералізацію до 30%. Розміри пор цих мембран становлять від 0,01 до 0,001 мкм, тому на них концентруються молочний жир, казеїнові міцели і сироваткові білки, а також лактоза і частково мінеральні солі; розмір частинок до 0,001 мкм і молекулярна маса до 1000. Нанофільтрацію проводять під тиском 2,0...10,0 МПа і температурі 50°C. У молочній промисловості нанофільтрацію використовують після ультрафільтрації молочної сировини для часткового знесолення (демінералізації) підсирної сироватки, а також часткової демінералізації фільтрату, отриманого після ультрафільтрації. Ретентат включає частину мінеральних речовин, білкові та вуглеводні компоненти, а пермеат являє собою водний розчин солей низької концентрації. Ретентат використовують при виробництві концентратів, згущених і сухих продуктів, а пермеат може бути використаний на технологічні потреби підприємства.

В країнах з розвинутою молочною промисловістю, молочні концентрати, отримані із застосуванням мембранних технологій, широко використовуються у виробництві морозива, кисломолочних напоїв, вершкових сирів, майонезів, кондитерських виробів тощо, а також застосовуються у складі дитячих, дієтичних і спеціальних продуктів з підвищеною біологічною і фізіологічною цінністю [44,45].

Мембранні методи видалення лактози з різних продуктів переробки молока (знежиреного молока, сироватки, маслянки) застосовують з метою збільшення ступеня чистоти кінцевих продуктів, наприклад, сухих білково-ліпідних концентратів. Це дозволяє також забезпечити високий ступінь утилізації вторинних продуктів переробки молока, спростити технологічну схему, зменшити енерго- і ресурсовитрати та негативний вплив на довкілля [49]. Комбінація сучасних способів обробки ультра-, мікро-, нанофільтрація та зворотний осмос забезпечує збереження властивостей основних молочних компонентів і їх біологічну цінність [49].

Уважний розгляд проблемних публікацій призводить до висновку, що маслянка, здебільшого розглядається як цінне джерело ліпідних фракцій молока (у тому числі, мембранах оболонки жирових кульок). Застосування мембранних способів її обробки в основному направлене на ізоляцію білків і ліпідів. Низькомолекулярні компоненти відіграють у цьому випадку роль баласту. На наш погляд такий підхід дещо обмежує сферу використання маслянки. Зокрема, якщо взяти мембранні концентрати маслянки за основу при виробництві низьколактозних чи безлактозних десертів (морозива, суфле тощо) виникає проблема збереження мінеральних складових маслянки. Проблему можна вирішити, якщо комбінувати ультрафільтрацію, діафільтрацію з нанофільтрацією ультрафільтраційного пермеату. Для цього треба встановити основні залежності, що супроводжують видалення лактози з маслянки за допомогою мембран, зокрема порожнистоволоконної конструкції. Встановлені особливості процесу діафільтрації як ключового процесу, що забезпечує практично повне вилучення лактози з маслянки із збереженням нативних складових молока, дають змогу подальшої розробки замкненого технологічного циклу концентрування та очищення маслянки. У порівнянні з мембранно-ферментативними та ферментативними способами

видалення лактози мембранним способом дозволить організувати процес безперервно, для будь-яких обсягів безлактозної основи із високим ступенем автоматизації і контролю виробництва. Крім того у цьому випадку можна гарантувати чіткі і бажані характеристики продукту.

1.5. Моніторинг сучасних безлактозних і низьколактозних молочних продуктів

1.5.1. Запатентовані способи одержання безлактозних і низьколактозних молочних продуктів. Для видалення лактози із молочної сировини зазвичай застосовують ферментативні та мембранні способи або їх комбінування.

Відомий спосіб виготовлення безлактозного молока [60], заснований на ферментативному гідролізі лактози молока за допомогою ферменту β -галактозидази. β -галактозидаза розщеплює більш, ніж 80 % лактози на моносахариди: глюкозу і галактозу. Однак, загальна кількість цукрів при цьому методі не зменшується. Більш того, постійне вживання такого молока погано впливає на стабільність цукру в крові хворих діабетом. Прості цукри, отримані при гідролізі, викликають смак, який може бути надто солодким для деяких категорій споживачів, і може бути недоцільним у низькокалорійних дієтах. До того ж, проведення ферментативних процесів є дуже дорогим з економічної точки зору.

Відомий спосіб одержання молока, що не містить лактози, менш солодкого, ніж молоко, яке одержане виключно ферментативним гідролізом [61], в якому зниження рівня лактози здійснюють методами ультрафільтрації та діафільтрації, перш ніж молоко піддають ферментативному гідролізу. Метою УФ є концентрування високомолекулярних речовин. ДФ проводять для видалення лактози до 3% перед гідролізом. Гідроліз призводить до розпаду залишкової кількості лактози до складових, внаслідок чого молоко стає менш солодким, ніж вихідне. Недоліком даного способу є застосування при діафільтрації як розчинника води, яку додають у концентрат для видалення лактози, одночасно з лактозою з

молока видаляються нативні мінеральні сполуки, що порушує його цінний сольовий состав. Ферментативний гідроліз, окрім того, не гарантує повного розщеплення лактози і призводить до накопичення інших вуглеводів, що можуть негативно вплинути на здоров'я хворих, і змінити смак молока.

Відомий спосіб специфічного хроматографічного відділення лактози від молока [62], в якому молоко фракціонують таким чином, що фракція лактози відділяється, а солі залишаються в білковій фракції або у фракції білок/жир. Замість фільтрату отримують розчин чистої лактози, і всі речовини, що визначають смак продукту, в тому числі солі, залишаються в молоці. Однак хроматографічне розділення є тривалим за часом і складним процесом. Також недоліком даного способу є висока закупівельна ціна обладнання та значні витрати води і хімічних реактивів.

Відомий спосіб виробництва безлактозного молока [63], що передбачає знежирення молока, його нагрівання, пастеризацію, подальше охолодження; додавання молочного коагулянту і кальцієвої солі для отримання молочного згустку. Далі молочний згусток нагрівають, розрізають з перемішуванням для одержання частинок згустку та сироватки, які збирають окремо. Частинки згустку розчиняють молочним розчинником для одержання повторно розчиненого молока з рН 6,6...7,0. Сироватку фільтрують, збирають, додають очищену воду, перемішують, знову фільтрують та збирають. Безлактозну сироватку або суху безлактозну сироватку отримують методом мембранного розділення. Повторно розчинене молоко змішують з безлактозною сироваткою або сухою безлактозною сироваткою з додаванням або без додавання натурального молочного жиру та емульгують для отримання безлактозного молока. Далі безлактозне молоко гомогенізують, підігривають і пастеризують для отримання рідкого безлактозного молока, яке потім може бути висушене для отримання сухого безлактозного молока, або гомогенізують і пастеризують суміш одержаного безлактозного молока із звичайним молоком для одержання низьколактозного молока, яке потім може бути висушене для отримання сухого низьколактозного молока. Недоліком даного способу є його багатостадійність, негативний вплив на нативні властивості

біологічно-активних речовин, періодичність і потреба в особливому обладнанні для кожної стадії.

Відомий спосіб отримання молока з гідролізованою лактозою [64], відповідно до якого молочну сировину піддають гідролізу β -галактозидазою (5000 одиниць лактазної активності/г) частково (0,03%; 4 °С, 24 години) або повністю (0,1%; 40 годин), тепловій обробці для інактивації ферментів (72 °С, 5 хвилин), охолодженню до 45...50 °С, та нанофільтрації під тиском 9...10 бар (130...140 фунтів на квадратний дюйм; фактор концентрування 1,6). В НФ-концентрат додають воду і проводять теплову обробку (при 65 °С, 30 хвилин). Молоко з гідролізованою лактозою містить білок (3,1%), жир (3,5%), лактозу (0,06%), глюкозу (1,45%) і галактозу (1,29%). У даному способі, що включає однофазну нанофільтрацію, порушується сольовий склад молока за рахунок додавання води, та не всі моновалентні мінеральні речовини досить ефективно повертаються до молока.

Відомий спосіб виробництва низьколактозного і безлактозного молочного продукту [65], який передбачає гідроліз лактози у молочній сировині. Потім проводять першу нанофільтрацію гідролізованої молочної сировини для відділення білка в концентрат першої нанофільтрації, а цукри та мінеральні речовини в фільтрат першої нанофільтрації. Проводять другу нанофільтрацію фільтрату першої нанофільтрації для відділення цукру в концентрат другої нанофільтрації, а мінеральні речовини в фільтрат другої нанофільтрації. Спосіб отримання молочного продукту низьколактозного або безлактозного включає отримання безлактозного або низьколактозного молочного продукту з бажаним складом, що містить концентрат першої нанофільтрації та фільтрат другої нанофільтрації, отриманих за заявленим способом. Недоліком цього способу є складність здійснення контролю концентрації цукрів, і відповідно, солодкості, через те, що багатоступенева НФ не гарантує повного розділення низькомолекулярних вуглеводів і мінеральних речовин.

Відомий спосіб виробництва молочного продукту із зниженою концентрацією лактози, який передбачає регулювання рН до 7,0...9,5 з подальшою

ультрафільтрацією і нанофільтрацією, додавання води і подальше корегування рН до 6,7. Кількість лактози у кінцевому продукті – 2,0% досягається за рахунок ферментації ферментом лактазою [66]. До недоліків пропонованого способу можна віднести періодичність окремих етапів виробництва, включаючи мембранну обробку, внесення сторонніх сполук для підвищення рН, що призводить до зміни дисбалансу сольового складу природнього продукту. В будь-якому разі додавання води до молока однозначно призводить до розбавлення водної фази молока, де міститься лактоза і солі. Ферментація лактози проводиться періодичним способом і не гарантує придатності продукту для вживання хворими на діабет.

Загальним недоліком усіх вищерозглянутих аналогів є періодичність технологічного процесу видалення лактози. В результаті отримують різні фракції, які змішують для отримання кінцевого бажаного продукту. Через необхідність зберігання проміжних фракцій зростають витрати на додаткове обладнання та КВПтаА.

Відомий спосіб виробництва молочного продукту, що не містить лактозу [67], що передбачає пастеризацію і охолодження молока, його ультрафільтрацію, нанофільтрацію отриманого УФ-пермеату та концентрування НФ-пермеату зворотним осмосом. Потім здійснюють гідроліз молочного продукту за допомогою лактази. Гідроліз може бути здійснено протягом 1...36 годин при 5...70 °С. Ультрафільтрацію проводять з коефіцієнтом концентрування $k = 1...4$, (оптимальне значення $k_{\text{опт}} = 1,5...2$), нанофільтрацію УФ-пермеату – з $k = 1...6$ ($k_{\text{опт}} = 3...5$), а зворотній осмос – з $k = 2...20$ ($k_{\text{опт}} = 5...12$). Отриманий ЗО-концентрат використовують як сіль, яку додають до УФ-концентрату. Як сіль, яку додають до УФ-концентрату, також може бути використана інша сіль, зокрема, сіль молочної сироватки. При цьому передбачено регулювання вмісту сухої речовини в молочній продукції шляхом додавання води. Відповідно до опису даного способу, відновлення сольового балансу УФ-концентрату перед здійсненням гідролізу лактазою здійснюють так: а) одержаний УФ-концентрат (69,2 мас.%) змішують з одержаним ЗО-концентратом (10,5 мас. %) і водою (20,3 мас.%); б) одержаний УФ-концентрат змішують (69,2 мас.%) із сольовим концентратом, одержаним з НФ-

пермеату сироватки (10,5 мас. %) і водою (20,3 мас.%).

Але спосіб має низку суттєвих недоліків:

1. Кожен з мембранних процесів, наведений у прикладах опису заявленого способу, за матеріальним балансом не дозволяє проводити процес безперервно, для будь-якого об'єму молочної сировини, що збільшує виробничі витрати і призводить до ризику вторинного обсіменіння молочної сировини на окремих стадіях (ультра-, нанофільтрації та зворотнього осмосу). Через періодичність здійснення технологічного процесу виникає необхідність використання додаткового обладнання та КВПтаА.

2. Видалення лактози в заявленому способі здійснюють шляхом простого розбавлення УФ-концентрату ЗО-концентратом та водою, за рахунок чого збільшується об'єм і, відповідно, зменшується концентрація лактози, яка додатково гідролізується ферментами.

3. Застосування ферментативного гідролізу потребує певного часу, спеціального обладнання, контролюючих заходів (постійний хімічний аналіз молока та контроль технологічних параметрів (температура, час)), а також додаткових операцій, пов'язаних з інактивацією ферменту лактази.

4. Застосування ферментів призводить до накопичення продуктів гідролізу і утворення стороннього смаку.

5. Оскільки підтримання сольового складу та збереження смаку молочної сировини досягається внесенням сольового ЗО-концентрату та води, це значно ускладнює технологічну схему, зокрема, і через проведення вказаних операцій періодичним способом.

6. Застосування для концентрування НФ-пермеату зворотнього осмосу потребує спеціальних мембранних апаратів, які працюють при підвищеному тиску (від 20 до 100 атм.), що призводить до зростання енерговитрат при здійсненні способу і ускладнює технологічну схему.

7. Додавання інших солей до УФ-концентрату, зокрема солей молочної сироватки, для одержання яких застосовують складний і тривалий хроматографічний процес, який не призводить до отримання сухої солі, тобто

додатково потрібно висушування. Це потребує організації окремого багатоступеневого високотехнологічного і енерговитратного виробництва. Зберігання такого продукту потребує, через високу гігроскопічність, спеціальної упаковки та умов зберігання. Окрім того, внесення сторонніх солей у готовий продукт для відновлення сольового балансу може порушити розчинність біополімерів і, викликати, як наслідок, їх коагуляцію, що призведе до втрати біологічної цінності.

1.5.2. Безлактозні і низьколактозні продукти, що присутні на ринку. Інтollerантність до лактози до недавнього часу здебільшого була притаманна грудним дітям або людям похилого віку, тому асортимент молочних продуктів зі зниженим вмістом лактози був представлений низьколактозним молоком для геродієтичного харчування та низько- або безлактозними сумішами для дитячого харчування. В останні роки в усьому світі здійснюються заходи щодо створення і впровадження у виробництво молочних продуктів для хворих всіх вікових категорій з харчовими алергіями і патологіями органів травлення, що супроводжуються нестерпністю до окремих компонентів їжі, в тому числі і молочного цукру [68–76].

В країнах ЄС вміст лактози в безлактозних продуктах не повинен перевищувати 0,1 г на 100 г готового продукту, в низьколактозних продуктах – 1 г на 100 г готового продукту (в Україні нормативи не прийняті) [77].

Сьогодні при виробництві молочної продукції з низьким вмістом лактози застосовують декілька способів. Досить поширені технологічні прийоми, коли лактоза розпадається у процесі традиційного виробництва. Це стосується, насамперед, кисломолочних продуктів. Природній вміст лактози у цьому випадку зменшується внаслідок розвитку молочнокислої мікрофлори. Кисломолочні бактерії розкладають тільки деяку частку лактози [74].

У деяких випадках рекомендується безпосередньо при споживанні їжі додавання спеціальних препаратів, наприклад, Лактазар [75], що полегшують травлення лактози, однак, негативно впливають на органолептичні властивості.

Процес споживання продуктів сумісний з прийомом медикаментів стає не дуже приємним.

Найбільш розповсюдженим способом зменшення вмісту лактози у молоці і молочних продуктах є використання ферменту лактази. Лактаза здатна розкласти до 98% лактози. З лактози утворюється глюкоза та галактоза. Вихідний склад молока в основному зберігається. Однак, за рахунок глюкози молоко набуває солодкого присмаку. Не всім споживачам таке молоко стає до вподоби. Крім того, невелика (близько 1...2%) частка лактози залишається у молоці. Для хворих із високою чутливістю до лактози подібні низьколактозні продукти викликають негативну реакцію організму. Процес ферментативного гідролізу здебільшого є періодичним, а фермент дорогим [70,76].

Для подібних випадків несприйняття лактози розроблене повністю безлактозне молоко. На ринку безлактозних молочних продуктів домінують такі, що випускають торгові бренди Valio Zero Lactose, Real Goodness, Tine Lactosefri, Latter тощо. У основі технології безлактозного молока є винаходи, захищені патентами, фірми Valio. При застосуванні ферментів їх додають безпосередньо в молоко або у пакет, призначений для фасування молока, або використовують іммобілізований варіант лактази. Останній спосіб дозволяє використовувати фермент повторно, але призводить до втрати активності. Подібні способи широко використовує підприємство Organic Valley (США) [68,69]. Недоліки ферментативного гідролізу, окрім солодкого смаку молока, пов'язані також із жорстким контролем рН, температури та тривалості процесу. Також необхідно виключити розвиток сторонньої мікрофлори у процесі інкубації лактози.

Останнім часом деякі виробники (Dunker, Rohman, Considini), з метою зменшення вмісту лактози (приблизно до 1...1,6%) до гідролітичного розщеплення застосовують мембранні методи. Це дозволяє значно зменшити солодкість продукту після ферментної обробки.

Визнаним лідером у впровадженні мембранного сепарування лактози з молока є фірма Valio. Технологія цієї фірми дозволяє випускати молоко із вмістом лактози на рівні 0,01%. Технологія мембранної фільтрації фірми Valio має за основний

ультрафільтраційний процес обробки молока. Коли у молоці забезпечується мінімальна за технологією концентрація лактози, у молоко додається фермент лактаза [68,69].

Щодо ринку безлактозних продуктів в Україні, то тільки один молочний холдинг «Мілкіленд-Україна» в 2015 р. вивів на ринок нову торгову марку «LatteR», під якою випускаються безлактозні молочні продукти (йогурт питний, кефір термостатний, сметана, кисломолочний сир, йогурт по-грецьки, сир та масло). Технологічний процес передбачає ферментативний спосіб видалення лактози, теплову обробку до та після ферментації молочної сировини. Що відповідно має свої недоліки описані вище. На ринку молочної продукції з'явився безлактозний крем-сир Філадельфія компанії Mondelez International. Цей сир став першим продуктом бренду в категорії товарів «без лактози».

Тому розширення асортименту безлактозних та низьколактозних молочних продуктів є актуальним.

1.5.3. Сухі концентрати молочних білків. Концентрати молочних білків (КМБ) та ізоляти є новою категорією сухих молочних інгредієнтів, які швидко набирають популярність. Ці продукти виготовляються шляхом концентрування молочних білків (сироваткових білків і казеїнів) з молока шляхом мембранної обробки, а потім сушіння розпиленням. Порошки з вмістом білка нижче 90 називаються концентратами молочних білків, а ті, що мають вміст білка $\geq 90\%$, відомі як білкові ізоляти [78-89]. Продукти мають відносно високий вміст золи і кальцію, оскільки мінерали, пов'язані з білками, такі як міцелярний фосфат кальцію, зберігаються [78,79]. Сухі молочні білкові концентрати мають значно низький вміст лактози і мінералів у порівнянні з сухим знежиреним молоком і сухим незбираним молоком завдяки процесам ультрафільтрації та діафільтрації. Співвідношення казеїну та сироваткових білків у сухих молочних білкових концентратах ідентичне нативному молоку. Вони мають кращі функціональні властивості: розчинність, емульгування, гелеутворення і спінювання, зв'язування з водою і термостабільність

[79]. Стандарти ідентифікації молочних білкових концентратів досі не існують у харчовій промисловості в усьому світі [80].

Сухі молочні білкові концентрати швидко набувають популярності у всьому світі. Випуск на ринок близько 900 різних продуктів (з високим вмістом білка і низьким вмістом лактози, спеціальних продуктів харчування, спортивних напоїв, енергетичних і дієтичних батончиків та інших), що використовують КМБ в якості ключового інгредієнта, свідчить про їхню популярність [86]. За даними авторів [79], ринок білкових інгредієнтів з високим вмістом білка, який раніше займали казеїн, казеїнати тощо, в даний час переважають сухі молочні білкові концентрати. Нині Нова Зеландія є провідним виробником і експортером сухих молочних білкових концентратів у світі, за якими йде ЄС. Наприклад, виробництво КМБ в усьому світі зросло з 40 тис. т у 2000 році до близько 270 тис. т у 2014 року. Згідно прогнозу виробництво КМБ зросте більш ніж на 400 тис. т до 2020 року, і це може збільшити обсяг ринку шляхом витіснення казеїну [89].

У нашій країні і за кордоном проведено значну кількість досліджень з розробки технології отримання молочного білка у вологому і сухому виді, гель-формі, гранулах. Проблематичним є отримання розчинних форм копреципітату. Методи виділення, концентрування та технологічної обробки білків молочної сировини поділяють на методи виділення основного білку – казеїну (кислотний, сичужний, кислотно-сичужний, фільтрацією) і комплексного виділення казеїну та сироваткових білків (термокальцієвий і термокислотний). Вибір способу коагуляції визначається у відповідності зі способом одержання конкретного молочно-білкового концентрату [90].

Відомий процес фракціонування компонентів молочної сировини полісахаридами з утворенням молочно-білкових концентратів з певним складом і функціональними властивостями. Недоліком цього процесу є його тривалість, висока вартість вихідної сировини та відсутність конкретного застосування концентрату [91]. Авторами [92] запропоновано технологію виробництва молочно-білкових копреципітатів із маслянки з використанням як коагулянтів пюре із ягід журавлини та калини.

Поєднання мембранних методів обробки молочної сировини (ультра, діафільтрація і електродіаліз) відкриває нові можливості в області отримання молочно-білкових концентратів з необхідними властивостями, вуглеводним і мінеральним складом. Так, при схемі: ультрафільтраційне концентрування сироватки – діафільтрація – електродіаліз можна виробляти концентрати, що містять 90...95% і більше білків молочної сироватки з мінімальним вмістом лактози (0,5%) і мінеральних речовин (<0,3%) [78,79].

Сухі молочні білкові концентрати виробляють ультрафільтрацією (УФ), діафільтрацією (ДФ) до приблизно 21% загального білка та менше 0,5% лактози з подальшим необов'язковим випаровуванням концентрату або концентрату знежиреного молока перед розпилювальним сушінням до вологи менш ніж 5%. Більш висока стабільність і хороша розчинність є передумовами для багатьох функціональних властивостей сухих високобілкових концентратів [93].

Завдяки ультрафільтрації рівень білка в КМБ може контролюватися, що дозволяє виробляти широкий спектр білкових концентратів. Концентрати містять однакове співвідношення казеїну та сироваткового білка, присутнього в вихідному сирому молоці. Проте сьогодні існує тенденція до отримання КМБ з дещо більшим вмістом казеїну [94–96].

Білки в КМБ діють на межі розділу повітря/вода, утворюючи стабільну плівку бульбашок повітря. Це стабілізує безе, муси, тістечка, морозиво, збиті вершки і суфле. Білки в КМБ діють на межі розділу олія/вода, утворюючи і стабілізуючи жирові емульсії в ковбасах і іншому обробленому м'ясі, молочних напоях, супах, вінегретах, соусах і хлібобулочних виробах. КМБ може збільшити в'язкість харчового продукту завдяки своїй внутрішній структурі білка [98].

1.5.3.1. Способи сушіння білкових концентратів. Одним з надійних і добре досліджених способів зберігання є сушіння. Сушіння являє собою досить складний технологічний тепломасообмінний процес видалення вологи сировини під впливом тепла, або інших факторів з метою подовження терміну зберігання.

Відомі на сьогодні способи сушіння відрізняються в першу чергу способом підводу тепла до об'єкту сушіння. Застосовують найширше конвективний і кондуктивний (контактний) способи [49, 99–101].

Для сушіння рідких білкових концентратів можна застосовувати розпилювальні сушарки, сушарки з завислим шаром інертних носіїв і валкові сушарки.

Основним недоліком розпилювальних сушарок є складність конструкції і відносно великі габарити, недостатнє використання об'єму сушильної камери, підвищені витрати тепла на випаровування вологи (на 1 кг вологи, що випаровується, до 2,5...4 кг водяної пари як енергоносія) [49].

Інтенсифікація розпилювального сушіння реалізується у сушарках із завислим шаром інертних носіїв. Принципово процес сушіння полягає в тому, що рідкий продукт пневматичними форсунками розпиляють на шар гранул інертного матеріалу – носія, які знаходяться у стані псевдорідини під дією потоку повітря. Краплі матеріалу осідають на поверхні гранул та швидко висушуються гарячим повітрям. Внаслідок зіткнення і тертя гранул суха речовина відокремлюється, подрібнюється і виноситься повітрям з сушильної камери. У апараті забезпечується висока швидкість процесу сушіння через велику сумарну площу поверхні гранул, на яких осідає продукт, і через безперервний процес оновлення цієї поверхні [49,102].

Найбільш поширені типи сушарок з інертними носіями добре описані в [103,104], сушарка для струменевого шару [105], пневматична сушарка [106], ротаційна сушарка [107], сушарка з вертикальним внутрішнім конвеєрним гвинтом [108] тощо.

Для сушіння рідких концентрованих білкових продуктів придатні кондуктивні сушарки вальцевого типу. На таких сушарках можна сушити рідини з високою в'язкістю, навіть пюреподібні за консистенцією. Витрати пари становлять 1,2...1,4 кг на 1 кг вологи, що випаровується. Висушений продукт має якість та розчинність нижчу ніж у розпилювальних сушарках та сушарках завислого шару на інертах [49].

Зважаючи на вказане сушіння, як метод зберігання білково-ліпідного концентрату маслянки доцільніше застосовувати у варіанті розпилення на інертних носіях.

1.5.4. Моніторинг сучасних технологій низьколактозних і безлактозних видів морозива. Виробництво морозива, як в Україні, так і за її межами є доволі процвітаючою галуззю та має перспективи для розширення асортименту, удосконалення існуючих рецептур [109,110].

Відомий спосіб виробництва безлактозного морозива [111], що передбачає приготування суміші, яка включає рідкі і сухі молочні компоненти, стабілізатор, ароматичні добавки, цукор та воду. Проводять фільтрацію одержаної суміші, пастеризацію, гомогенізацію, охолодження до температури ферментації, ферментацію ферментним препаратом β -галактозидази «Ha-Lactase», охолодження, дозрівання, фризювання, фасування. Після витримування гідролізованої ферментом суміші проводять другий етап ферментації шляхом внесення закваски *Lactobacillus acidophilus* NCFM.

Відомий спосіб виробництва м'якого морозива, що включає змішування компонентів: молока знежиреного, сироватки сухої демінералізованої, цукру, стабілізаторів, ферменту β -галактозидази, фарбників, ароматизаторів і води. Потім проводять гідроліз лактози до 50 %, після чого вносять жир. Далі суміш пастеризують, гомогенізують, фризюють і загартовують [112].

В роботі [113] розроблена технологія низьколактозного загартованого морозива з використанням ферментативного гідролізу лактози. Експериментально підтверджена можливість використання ферментативного гідролізу лактози в сумішах морозива різної жирності. Ступінь гідролізу лактози складає 70...80 %.

Автори роботи [114] навели технологію одержання нового функціонального продукту – низьколактозного морозива, збагаченого журавлиним пюре. Розроблена технологічна схема виробництва нового виду морозива. Вивчено вплив ферментативної обробки суміші на мікробіологічну безпеку готового продукту.

Розглянуто вплив ферментного препарату β -галактозидази та журавлиного пюре на фізико-хімічні, органолептичні та реологічні властивості готового продукту.

В роботах [111–124] встановлено режими проведення ферментативного гідролізу лактозовмісної молочної сировини при виробництві низьколактозних і безлактозних видів морозива.

Спосіб видалення лактози із молочної сировини ферментативним шляхом має низку суттєвих недоліків: застосування ферментативного гідролізу потребує певного часу, спеціального обладнання, контролюючих заходів (постійний хімічний аналіз молока та контроль технологічних параметрів, а саме температура, час, а також додаткових операцій, пов'язаних з інактивацією ферменту лактази). Застосування ферментів призводить до накопичення продуктів гідролізу і утворення стороннього смаку.

Виробництво морозива з молочнокислими бактеріями є одним із шляхів зниження вмісту лактози [112,115,118–120]. Але такі види морозива, що засновані тільки на молочнокислому бродінні, не дозволяють отримати безлактозні та низьколактозні продукти. Таким способом можна отримати продукти із зниженим вмістом лактози.

Виробництво морозива з підвищеним вмістом білку та відповідно зниженим вмістом лактози наведено в роботі [124]. Вміст білка в сумішах варіювався від 3,74% (у контролі) до 7,08%. Рівень молочного білка впливав на розмір кристалів льоду. Зі збільшеним вмістом білку, розмір кристалів льоду зменшувався. Доведено, що можна виробляти морозиво з підвищеним вмістом білку.

Одним з нових продуктів, що вже поширюється на ринку США та Західної Європи є Frozen yogurt, тобто йогуртове морозиво з пробіотиками та зниженим вмістом жиру. Існує три способи отримання йогуртового морозива [125].

Таким чином, важливим напрямком є удосконалення рецептур низьколактозного морозива на основі натуральної сировини та виробництво морозива з підвищеним пре- і пробіотичним ефектом з видаленням лактози мембранним способом.

1.5.4.1.Композиції мікробіологічних культур, які продукують фермент лактазу, з метою отримання йогуртної основи із зниженим вмістом лактози для виробництва низьколактозного йогуртового морозива. Нині асортимент пробіотичних штамів для виробництва молочних продуктів значно розширився й представлений живими клітинами молочнокислих бактерій або інактивованою пробіотичною мікрофлорою, продуктами метаболізму або стимуляторами росту мікрофлори (пребіотиками), а також синбіотиками – комбінованими препаратами, що містять пробіотики і пребіотики [126]. Доцільним вважається використання комбінованих пробіотиків, симбіотичні штами яких мають широкий спектр фізіологічних ефектів. Такі пробіотики забезпечують можливість запобігти або знизити ризик розвитку багатофакторних захворювань, оскільки пробіотичні властивості є штамоспецифічними [126,127]. Комбіновані пробіотики мають більш виражений ефект, ніж пробіотики, що містять монокультуру пробіотичних бактерій [128,129].

Молочнокислі культури мають досить високу β -галактозидазну активність в порівнянні з іншими мікроорганізмами, найвищу активність зброджувати лактозу мають термофільний стрептокок, болгарська паличка та ацидофільна паличка [130–133].

S. thermophilus активно гідролізує лактозу, є кислотоутворювачем, забезпечуючи тим самим бактерицидний ефект відносно патогенних мікроорганізмів, а також здатний синтезувати і виділяти полісахариди [131,132].

Lactobacillus bulgaricus має виражену протеолітичну активність і виділяє валін – амінокислоту, яка стимулює розвиток *Streptococcus thermophilus*. При зброджуванні глюкози переважно утворює D (–)– ізомери молочної кислоти (вже виділені штами *L. bulgaricus*, що утворюють L (+)– молочну кислоту); галактозу не розщеплює. Штами *Lactobacillus bulgaricus* утворюють також ацетальдегід, який надає продуктам специфічний смак і аромат, і антибіотичні речовини, що пригнічують небажану мікрофлору в кишечнику. Своїм розвитком термофільний стрептокок випереджає болгарську паличку, знижуючи окислювально-відновний

потенціал і рН молока, що створює сприятливі умови для розвитку *Lactobacillus bulgaricus* [131,134].

Lactobacillus acidophilus є сильним кислотоутворювачем, при ферментації молока розщеплює 0,9–1,0 % лактози, утворюючи L (+) або DL–ізомери молочної кислоти. Зброджування лактози чистими культурами *Lactobacillus acidophilus* здійснюється гліколітичним шляхом з утилізацією глюкози і галактози [131,136].

Біфідобактерії володіють низькою β -галактозидазною активністю, тому погано розвиваються в молоці. Активізація зростання біфідобактерій в молоці за рахунок високої β -галактозидазної активності інших заквашувальних культур пов'язана з підвищенням власної β -галактозидазної активності біфідобактерій. В цих умовах біфідобактерії набувають властивість накопичувати необхідні для свого зростання сполуки: глюкозу і олігосахариди. У зв'язку з цим культивування біфідобактерій спільно з молочнокислими культурами, що володіють високою β -галактозидазною активністю, зокрема, з *Lactobacillus acidophilus* є доцільним [131,135–137]. Спільне культивування лакто– і біфідобактерій стимулює накопичення летких жирних кислот і діацетила, що покращує органолептичні властивості продукту.

В якості заквашувальних культур доцільно обрати: *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та пробіотики – *Bifidobacterium lactis* та *Lactobacillus acidophilus*. Проаналізовано заквашувальні препарати, які містять зазначені молочнокислі мікроорганізми – сухі бактеріальні закваски безпосереднього внесення фірми «Хр.Хансен» (Данія): FD DVS YF–L903, до складу якої входять змішані культури *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, у комбінації з закваскою FD DVS La–5, яка містить монокультури *Lactobacillus acidophilus*.

Таким чином, вибір композицій мікробіологічних культур, які найактивніше продукують β -галактозидазу та проявляють пробіотичну дію з метою отримання йогуртової основи із зниженим вмістом лактози для виробництва низьколактозного морозива є актуальною проблемою і зумовлює необхідність проведення досліджень у цій галузі.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1

1. Маслянка є біологічно цінною дієтичною молочною сировиною, склад і властивості якої дозволяють використовувати її як основу для виробництва харчових продуктів.

2. Серед різних способів зменшення вмісту лактози у маслянці найперспективнішими є мембранні, зокрема діафільтрація, які не використовують сторонніх речовин, не порушують нативні властивості маслянки.

3. Проблема вибору варіанта діафільтрації вторинної молочної сировини, зокрема маслянки, зі збереженням мінерального складу залишається актуальною. Вибір варіанту діафільтрації тісно пов'язаний з належною методикою розрахунку.

4. Одержання НФ пермеату нанофільтрацією УФ пермеату маслянки, як розчинника при діафільтрації УФ ретентату маслянки, дозволить ефективно видаляти лактозу при цьому зберігати його мінеральний склад.

5. Моніторинг методів виділення і концентрування білково-ліпідної фракції маслянки свідчить про переваги мембранних методів, зокрема ультрафільтрації.

6. Моніторинг українського ринку безлактозних і низьколактозних продуктів свідчить про гостру проблему дефіциту цих продуктів, що робить актуальними і перспективними наукові розробки в цій галузі.

7. Проведений аналіз сучасних технологій виробництва морозива показав, що важливим напрямком є удосконалення рецептур низьколактозного морозива на основі натуральної сировини та виробництво низьколактозного йогуртового морозива з підвищеним пре- і пробіотичним ефектом.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкти досліджень

Дана робота виконувалась в лабораторіях кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики та кафедри екології та природоохоронних технологій Одеської національної академії харчових технологій.

Досліди проводились в два етапи: теоретичний і експериментальний. Програма досліджень наведена на рис. 2.1.

Об'єкти досліджень: маслянка, отримана способом періодичного збивання (ТОВ «Гормолзавод №1», м. Одеса); ультрафільтрат молока (ТОВ «Білоцерківський молочний комбінат», Київська область, м. Біла Церква); стабілізаційна система «Ультра текс» ICE1-0023 (ПП «Текстра-Віта», Україна), що має наступний склад: крохмаль модифікований Е 1442, концентрат сироваткових білків, крохмаль модифікований Е 1450, моно- та дигліцериди жирних кислот Е 471, гуарова камідь Е 412, камідь рожкового дерева Е 410; препарат інуліну торгової марки «Frutafit IQ» (Нідерланди), характеристика інуліну представлена в таблиці 2.1; препарат лактулози («Fresenius Kabi Company», Італія) (табл. 2.2); сухі бактеріальні закваски FD DVS YF-L903 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*), FD DVS La-5 (*Lactobacillus acidophilus*), FD DVS Bb-12 (*Bifidobacterium animalis*) («Хр.Хансен», Данія); лимонна кислота торгової марки «Мрія» («Укроптбакалія», Україна), відповідно ДСТУ ГОСТ 908:2006 [22]; порошок імбиру торгової марки «Еко» («Екотехніка», Україна), відповідно ДСТУ ISO 1003:2005 [44]; цукор-пісок кристалічний торгової марки «Хуторок» (Україна), відповідно ДСТУ 4623:2006; продукти ультрафільтрації, нанофільтрації, діафільтрації, що тримані в лабораторних умовах.

Таблиця 2.1

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники препарату інуліну Frutafit IQ

Найменування показника	Фактичне значення
Масова частка сухих речовин, %	95,8
Активна кислотність, од. рН	5,6
Масова частка інуліну, %	93
Масова частка інших вуглеводів, %	7
Масова частка золи, %	<0,2
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/1 г	<100
Кількість пліснявих грибів, КУО/1 г	<10
Кількість дріжджів, КУО/1 г	<10
Наявність БГКП, в 1 г	відсутні
Патогенні мікроорганізми, в тому числі сальмонели, в 400 г	відсутні
<i>S. aureus</i> в 1 г	відсутні

Таблиця 2.2

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники препарату лактулози

Найменування показника	Фактичне значення
Зовнішній вигляд	білий або майже білий порошок
Масова частка води, %	<2,5
Активна кислотність, од. рН	5,8
Прозорість розчину	прозорий
Масова частка лактулози, %	99,2
Масова частка інших вуглеводів, %	<0,5
Масова частка важких металів	≤ 10 мг/кг
Масова частка миш'яку	≤ 3 мг/кг
Масова частка свинцю	≤ 1 мг/кг
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/1 г	≤ 100
Наявність БГКП, в 1 г	відсутні
Патогенні мікроорганізми, в тому числі сальмонели, в 10 г	відсутні



Рис. 2.1. Програма досліджень

2.2. Обладнання, що задіяне в дослідженнях

Ультрафільтраційне концентрування маслянки. Для обробки маслянки використовували лабораторну мембранну установку для ультрафільтрації УПЛ-0,6 (рис.2.2).



Рис. 2.2. Лабораторна мембранна установка для ультрафільтрації УПЛ-0,6

У складі установки є половолоконний модуль АР-0,2 з мембранами ВПУ-15. Молекулярна маса розділення мембран (cut-off) 15 кДа. Матеріал мембран – поліамід.

У ході обробки визначали фактор концентрування маслянки за формулою (2.1):

$$\Phi K = \frac{V_o}{V_k}, \quad (2.1)$$

де V_o, V_k – початковий і кінцевий об'єм маслянки при ультрафільтрації відповідно.

Селективність мембран по білку та лактозі визначали за формулою (2.2), (%):

$$R = \frac{C_k - C_f}{C_k}, \quad (2.2)$$

де C_k, C_f – концентрація компонентів в концентраті та фільтраті відповідно, %.

Робочий тиск процесу визначали за формулою (2.3):

$$P = \frac{P_{вх} + P_{вих}}{2}, \quad (2.3)$$

де $P_{вх}, P_{вих}$ – тиск на вході і виході з модуля відповідно, МПа.

Нанофільтрація УФ пермеату маслянки. В експериментах використовували плоскорамну мембранну установку, оснащену мембранами з ефірів целюлози для нанофільтрації ОПМН-П. Умови експлуатації мембран: максимальна температура – 50 °С, робочий діапазон від 2 до 12 рН. Робочі характеристики наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Робочі характеристики мембран ОПМН-П

Марка мембрани	Значення
Робочий тиск, МПа	1,6
Мінімальна продуктивність по фільтрату при температурі 25 °С, дм ³ /м ² год	100
Селективність, %	
по 0,2%, <i>MgSO₄</i> , не менше	98,5
по 0,15%, <i>NaCl</i> , не менше	55,0
Стійкість з <i>Cl</i> , млн ⁻¹ , не менше	1

Вид мембран і установки, що використовували у роботі представлені на рис.2.3. та 2.4.



Рис. 2.3. Мембрана марки ОПМН-П



Рис. 2.4. Лабораторна установка ФТ-01

Установка укомплектована шестеренчастим насосом високого тиску. Мембрани мають форму диска. Загальна площа мембран в установці 0,5 м². В ході концентрування визначали продуктивність мембран за допомогою мірного циліндра і секундоміра. В НФ пермеаті визначали лактозу і мінеральні речовини. Отриманий НФ пермеат використовували для діафільтрації УФ ретентату маслянки як буфер.

Діафільтрація УФ ретентату маслянки. В лабораторних умовах безперервний процес діафільтрації здійснювали в установці, наведеній на рис. 2.5, що містить водний термостат 1; ємність 2 для УФ-ретентату, розміщену всередині термостату 1; магнітну мішалку 3, розташовану у ємності 2; скляні трубки 4а, 4б, 4в; перистальтичний насос 5, порожнистоволоконний модуль 6, на вході і виході якого встановлені манометри 7а, 7б, мірний циліндр 8, кран 9, триходовий кран 10 та ємність для НФ-пермеату 11.

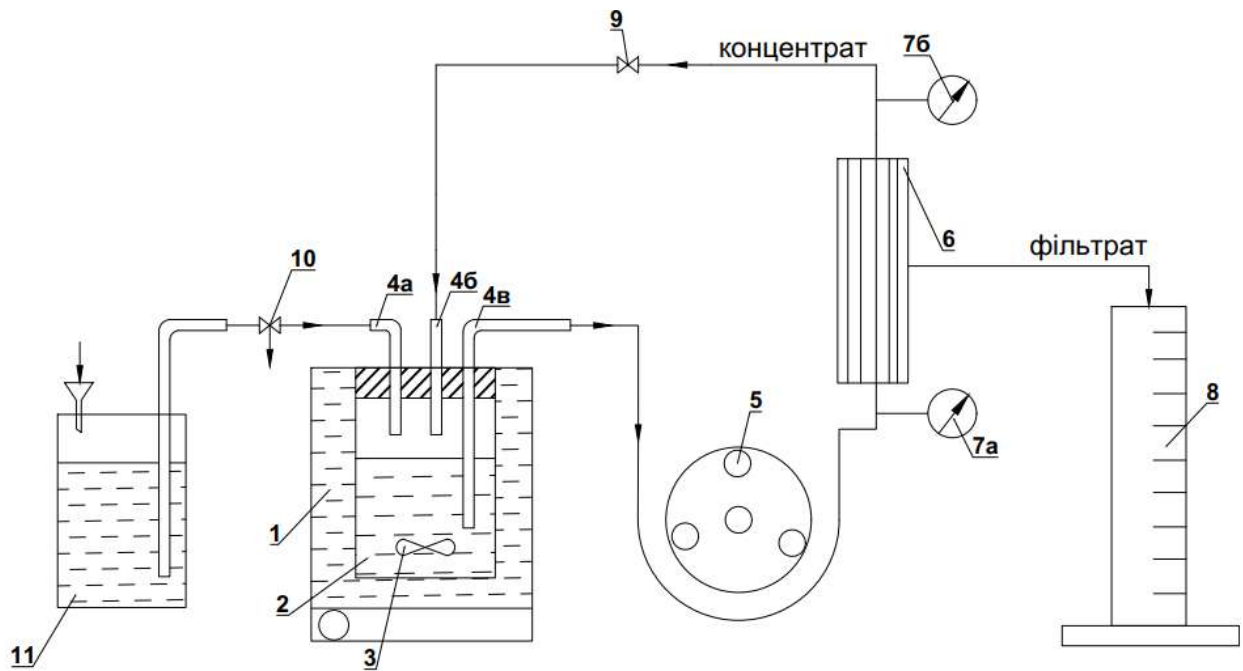


Рис.2.5. Схема лабораторної мембранної установки для дослідження процесу діалізації УФ ретентату маслянки

Один кінець кожної із скляних трубок 4а, 4б, 4в розміщений у ємності 2 для УФ-ретентату. Другий кінець трубки 4а силіконовим шлангом поєднаний з ємністю 11 для НФ пермеату. Між ємністю 2 та ємністю 11 встановлений триходовий кран 10 (контур подачі НФ-пермеату). Другий кінець трубки 4б силіконовим шлангом поєднаний з виходом мембранного модуля 6. Між ємністю 2 та мембранним модулем 6 встановлений кран 9 (контур повернення УФ-ретентату у вихідну ємність 1). Другий кінець трубки 4в силіконовим шлангом поєднаний з входом мембранного модуля 6. Між ємністю 2 та мембранним модулем 6 встановлений перистальтичний насос 5 (контур подачі УФ-ретентату до порожнистоволоконного мембранного модуля 6).

Безперервність процесу досягалася через герметичність системи і забезпечення постійного об'єму УФ-ретентату, який очищували від лактози.

У ємність 2 поміщали пастеризовану охолоджену маслянку і проводили ультрафільтрацію для досягнення необхідного фактору концентрування ($ФК = 3 \dots 5$) при відкритому триходовому крані 10 і порожній ємності 11. Одержаний УФ-пермеат збирали в окрему ємність (на кресленні не показано), а потім піддавали

нанофільтрації для отримання НФ-пермеату, що необхідний для очищення УФ-ретентату. Для проведення діафільтрації в ємність 11 додавали потрібну кількість НФ-пермеату так, щоб забезпечити безперервне надходження його до ємності 2. Безперервність очищення при постійному об'єму УФ-ретентату досягалася тим, що по мірі видалення пермеату рівень рідини у вихідній ємності 2 знижувався, що призводило до розрідження у ємності 2; відповідно розрідженню, з ємності 11 відбувалася подача НФ-пермеату до ємності 2. Таким чином, об'єм УФ-ретентату весь час залишався постійним. При необхідності, для досягнення потрібного рівня очищення у ємність 11 додавали необхідну кількість НФ-пермеату, який отримували при нанофільтрації УФ-пермеату від ультрафільтрації іншої молочної сировини (сирної сироватки при виробництві сиру «Фета»). Регулюванням тиску краном 9 і швидкості потоку через модуль змінювали витрати пермеату. Продуктивність процесу визначали за об'ємом пермеату за допомогою мірного циліндра 8 і секундоміра. Під час діафільтрації контролювали вміст лактози в НФ-пермеаті та УФ-ретентаті. Для вирівнювання концентрації в об'ємі застосовували магнітну мішалку 3. Температуру підтримували водним термостатом 1. При досягненні потрібного рівня очищення діафільтрацію припиняли шляхом відключення насоса 5, роз'єднання трубопроводів і крана 10 від ємності 2. Далі з ємності 2 зливали одержаний молочний безлактозний білково-ліпідний концентрат.

Ефективність видалення лактози розраховували в залежності від концентрацій під час очищення за формулою (2.4) :

$$EB = \frac{C_{KO} - C_{KK}}{C_{KO}} \times 100 \% , \quad (2.4)$$

де C_{KO}, C_{KK} – концентрації лактози на початку і в кінці процесу відповідно для певного діаоб'єму буфера, %.

Діафільтраційний об'єм буфера складав відношення:

$$DV = \frac{V_{\phi}}{V_{K}} , \quad (2.5)$$

де V_{ϕ} - об'єм відібраного пермеату (фільтрату), V_{K} – первинний об'єм ретентату (концентрату) маслянки, взятий для очищення.

Вид сушарки завислого шару інертних тіл наведена на рис. 2.6. Принципова схема сушильної установки наведена на рис. 2.7.

Сушильна установка складається із робочої камери, відцентрового вентилятора високого тиску ВВД-5, електрокалориферу потужністю 28 кВт, циклонів НДЮГАЗ діаметром 400 мм, електродвигуна перемінного току тип А0-51-2 (потужність на валу 4,5 кВт, число обертів/хв. – 2900), повітроводів, вузла завантаження, силового щита, пульта управління. Форма робочої камери - у вигляді циліндра з нижньою частиною, виконаною у вигляді усіченого конуса. Подача теплоносія відбувається знизу через центральний отвір.

Основні розміри робочої камери: кут конуса – 45° ; діаметр циліндричної частини – 730 мм; діаметр вхідного отвору – 150 мм; діаметр вихідного отвору – 180 мм; висота робочої камери – 2100 мм.

Розчин подається в шар інертного носія пневматичною форсункою через штуцер, який знаходиться в нижній частині робочої камери на відстані 50 мм від вхідного отвору, тиск в камері створюється компресорною установкою УК-40/20. В сушарці складають завислий шар носіїв 5 з інертного матеріалу (фторопласту), котрі мають форму кубиків з розмірами ребра 5 мм. Нагріте до відповідної температури повітря вентилятором подається через газорозподільну плиту 4 з отворами меншими розмірів носіїв із швидкістю, що забезпечує розвинуту фазу завислого шару, коли вони починають інтенсивно і хаотично переміщатись у об'ємі сушильної камери. На нагріту поверхню інертних носіїв безперервно наноситься розчин за допомогою пневматичного розпилювача 6. Інтенсивне тертя носіїв між собою і стінками камери призводить до відокремлення плівки висушеного продукту, котра виноситься з камери потоком повітря у циклон 7. У циклоні повітря очищається від пилу. Сушений продукт зсипається у накопичувач, а відпрацьоване повітря подається на додаткове очищення у рукавний фільтр.

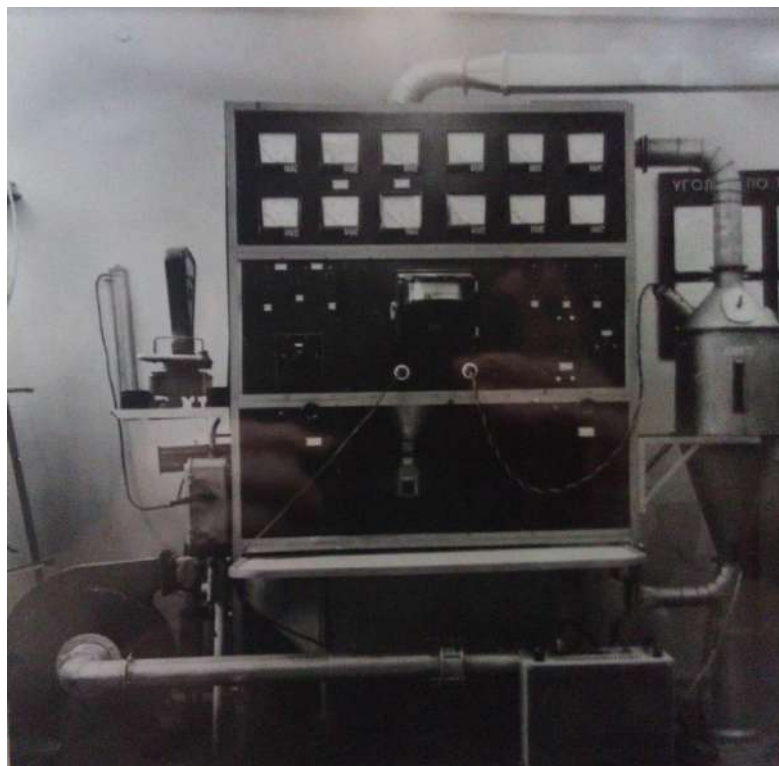


Рис. 2.6. Сушильна установка завислого шару інертних тіл

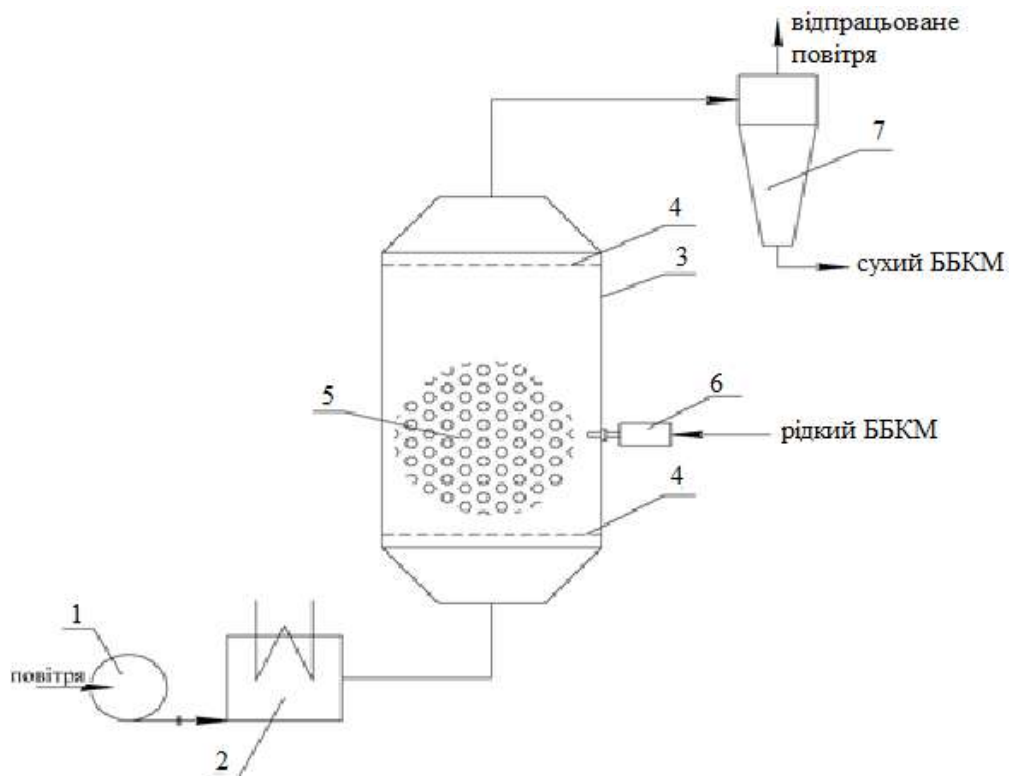


Рис. 2.7. Принципова схема сушильної установки завислого шару інертних носіїв: 1. Вентилятор; 2. Калорифер; 3. Корпус камери; 4. Газорозподільна плита; 5. Інертні носії; 6. Розпилювальний пристрій; 7. Циклон.

Фризер періодичної дії Vimar vic-1599A.

Лабораторний гомогенізатор типу 3021 (Польща).

Лабораторний стенд для біотехнологічної обробки НФ ретеннату лактози зображений на рис. 2.8.

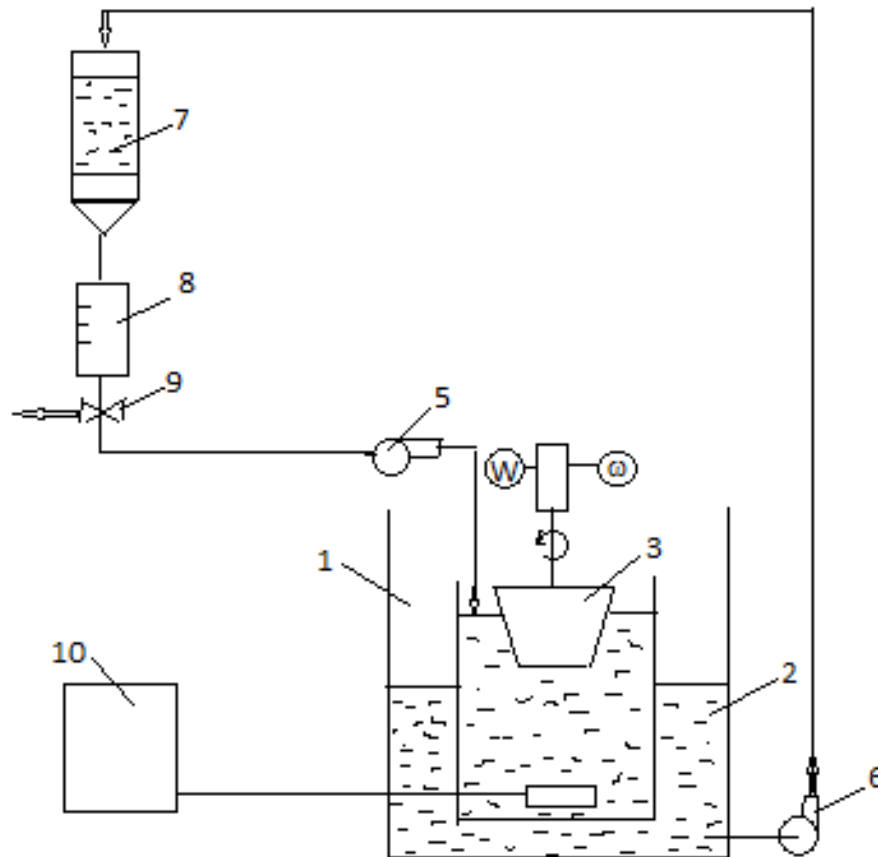


Рис. 2.8. Принципова схема експериментального стенду

1 – зовнішня ємність з рідиною; 2 – внутрішня ємність з рідиною; 3 – конус; 4 – мотор з тахометром і ваттметром; 5, 6 – насоси; 7 – живить ємність; 8 – ротаметр; 9 – кран; 10 – оксиметр

Дві ємності циліндричної форми поміщаються одна в одну. Внутрішня поверхня діаметром 30 см містить досліджуваний рідкий субстрат. У рідину занурюється порожнистий усічений конус, обертається, висотою 12 см з більшим і меншим діаметрами 25 см і 6 см. У верхній частині конусу є невелика горизонтальна площадка шириною 1 см. Обертання від двигуна передається через вал конусу. Двигун постійного струму забезпечений тахометром і ваттметром.

При обертанні навантаженого конусу, на поверхні конусу утворюється плівка. Це явище – результат дії трьох сил: тяжіння, відцентрової і сили Коріоліса. Плівка переміщається вгору. Коли рідина досягає кінця конусу, вона зривається. Це призводить до краплеутворення. Краплі досягають стінок зовнішнього циліндру і спадають. На стінках утворюється плівка, яка стікає в основний об'єм. Процес повторюється безперервно, тому що циркуляційний насос подає рідину в живильну ємність. З цієї ємності інший насос через ротаметр подає рідину у внутрішню ємність. Витрати рідин узгоджені. Рівень рідини у внутрішній ємності регулюється за рахунок подачі насоса з живильної ємності. Витрата рідини, що утворює плівку, встановлюється в залежності від рівня у внутрішній ємності. Показання ротаметра відповідають швидкості потоку плівки при незмінному рівні у внутрішній ємності. Датчик кисню був поміщений у внутрішню ємність для усунення помилки при визначенні коефіцієнтів масопереносу за рахунок контакту «газ-рідина» у зовнішній ємності. Об'єм рідини становив 5 дм³. Концентрація кисню в середовищі визначалася оксиметром АЖА 101 2М (Гомельський завод вимірювальних приладів, Білорусь).

2.3. Методи досліджень

2.3.1. Методи визначення органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників. При виконанні роботи застосовували наступні стандартні загальноприйняті в дослідницькій практиці фізико-хімічні, мікробіологічні та реологічні методи досліджень:

- органолептичні показники – за ДСТУ 3662–97 [138];
- температура – за ГОСТ 26754-85 [139];
- титрована кислотність, титриметричний метод – за ГОСТ 3624-92 [140];
- активна кислотність, потенціометричний метод – за ДСТУ 8550:2015 [141];
- густина, ареометричний метод – за ГОСТ 3625-84 [142];
- масова частку жиру, гравіметричний метод (контрольний) – за ДСТУ ISO 7208-2002 [143];

- масова частку золи – за Г. Ініховим [144];
- масова частка білку, метод Кьельдаля – за ДСТУ 8063:2015 [145];
- амінокислотний склад, методом хроматографії на автоматичному аміноаналізаторі S 433 (компанія "АЛТ Україна Лтд", м. Київ);
- масова частка сухих речовин, метод висушування проби; рефрактометричний метод – за ДСТУ 8552:2015 [146];
- масова частка вологи в сухих молочних продуктах – за ДСТУ 8574:2015 [147];
- кріоскопічна температура, кріоскопічний метод – за ДСТУ ГОСТ 30562:2003 (ИСО 5764-87) [148] та на вимірювальному комплексі, розробленому здобувачем та науковцями ОНАХТ;
- індекс розчинності – за ГОСТ 30305.4-95 [149];
- масова частка лактози, ферментативний спосіб – за стандартом ФРН DIN 10344-82 [150], що заснований на гідролізі лактози до глюкози і галактози, подальшому окисленні сумарного вмісту галактози в присутності НАД + і визначенні кількості НАДН, що утворився, спектрометричним методом;
- масова частка фосфоліпідів – за ГОСТ 26183-84 (ДСТУ 4556:2006) [151]; метод заснований на екстракції фосфоліпідів із сухого продукту неполярним розчинником (гексаном), осаджування фосфоліпідів із розчину ацетоном та зважування отриманого осаду;
- пероксидне число – за ДСТУ 4570:2006; кислотне число – за [152];
- жирнокислотний склад, методом газорідинної хроматографії на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890 (науково-сервісна фірма «ОТАВА», м. Київ) з полум'яно-іонізаційним детектором, обладнаному капілярною колонкою SP-2560 (95% biscyanopropyl 1/5 % cyanopropylphenyl polysiloxane, Supelco), довжиною 100 м. Програмування температури термостату колонок від 40 °С до 260 °С. Температура дозатора 280 °С. Температура детектора 290 °С. Газ-носій – гелій. Для ідентифікації хроматографічних піків та їх обрахунку використовували стандарти метилових ефірів окремих жирних кислот;

- масова частка цукрози, йодометричним методом – за ГОСТ 3628 [153];
- масова частка кальцію, комплексонометричним титкуванням – за Дуденковим [44];
- оцінка органолептичних показників кисломолочного морозива – за ДСТУ ISO 22935-2-2011 [154];
- розміри кристалів льоду, розміри повітряних пухирців – за [155];
- кількість молочнокислих мікроорганізмів та кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали – за ГОСТ 9225-84а [156];
- бактерії групи кишкової палички – за ДСТУ IDF 73 А [157];
- кількість біфідобактерій – за ДСТУ 7355:2013 [158];
- кількість пліснявих грибів і дріжджів – за СТ СЭВ 4251-83.
- сенсорний аналіз морозива – за ДСТУ ISO 6564:2005 (методи створювання спектра флейвору) [159];
- сенсорний аналіз смакоароматичних речовин – за ДСТУ ISO 5495:2005 (Методологія. Метод парного порівняння) [160].

Спочатку розраховували частоту переваг (F_i) за формулою:

$$F_i = \text{Сума вподобань зразку} / \text{Число експертів} \quad (2.6)$$

Потім розраховували бал (G_i) за формулою:

$$G_i = F_i / C, \quad (2.7)$$

де C – загальне число оцінок кожного експерта:

$$C = m \cdot (m-1)/2 \quad (2.8)$$

де m – число досліджуваних зразків.

- прискорений мікробіологічний контроль зразків концентрату – за експрес-методом. Використовували нове покоління мікробіологічних середовищ – хромогенні поживні мікробіологічні середовища Compact Dry (виробник Nissui Pharmaceutical CO. LTD. (Японія) – готові до застосування сухі стерильні середовища на чашках (площа 20 см²).

2.3.2. Методи визначення структурно-механічних властивостей матеріалів. Дослідження в'язкісних характеристик проводили на капілярному віскозиметрі ВПЖ-2 (діаметр 1,31 мм) та ротаційному віскозиметрі Реотест-2, в основі принципу якого лежить вимірювання одномірного здвигу, що виникає при дотичному зміщенні шарів продукту, використовувалась вимірювальна система циліндрів Н/Н.

Ефективну в'язкість визначали за формулою:

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma} * 100 \quad (2.9)$$

де η – ефективна в'язкість, Па·с; τ – дотична напруга на зріз, Н/м²; γ – швидкість деформації, с⁻¹.

$$\tau = Z * a, \quad (2.10)$$

де Z – константа циліндру, Н/(м²·поділ.шк.); a – значення шкали індикаторного приладу, поділки шкали.

2.3.3. Спеціальні методи досліджень. *Піноутворювальну здатність білкових сумішей* визначали за методикою [155] за кількістю піни, що утворилась із постійного об'єму.

Піноутворювальну здатність у відсотках розраховують за формулою:

$$\Pi = \frac{V_o \times 100}{V_p}, \quad (2.11)$$

де V_o - об'єм піни, що утворилася, см³;

V_p - вихідний об'єм рідини, см³.

Стійкість піни у хвилинах визначали за здатністю піни зберігати загальний об'єм, дисперсний склад після закінчення певного проміжку часу.

Стійкість піни (С) у відсотках розраховують за формулою:

$$C = \frac{V_{30} \times 100}{V_0}, \quad (2.12)$$

де V_{30} – об'єм піни після 30 хв, см³;

V_0 – первинний об'єм піни, см³.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне результатів трьох паралельних визначень.

Визначення збитості морозива, опору морозива таненню – за [155].

Визначення емульгувальної здатності молочних концентратів. Наважку сухого безлактозного концентрату маслянки поміщали в посудину з нержавіючої сталі, заливали водою, термостатували при 50 °С в водяній бані протягом 15 хвилин і, при перемішуванні на мішалці МШ-1 зі швидкістю 80 об/хв, доводили до температури 25-27 °С, а потім вносили тонкою цівкою олію. Грубу емульсію диспергували на лабораторному гомогенізаторі типу 3021 (ПНР) протягом 3 хвилини зі швидкістю обертання мішалки 5000 об/хв.

Стійкість емульсії визначали методом центрифужних пробірок – за ГОСТ 30004.2-93;

Антиоксидантну активність, експрес-методом – за [161], що заснований на каталітичній реакції переносу електрона продуктом в системі: нікотинамідаденіндинуклеотид відновлений НАД·Н₂-К₃Fe(CN)₆ ферриціанід калію. Критерієм оцінки антиоксидантної активності функціонального інгредієнту стало визначення відношення їх оптичної густини у системі NAD·Н₂-К₃[Fe(CN)₆] до оптичної густини самої системи в часі.

Визначення змочуваності сухого концентрату. В хімічну склянку ємністю 400 см³ наливають 100 см³ води при температурі 20 °С, додають 10 г сухого молочного продукту. Тривалість повного занурення частинок продукту у воду слугує мірою його змочування. Умовно в цьому методі за одиницю часу змочування приймають тривалість занурення, виражену в секундах, чим вона менша, тим краще змочується продукт.

Сипучість порошку (вимірюється в V_c, г/с) являє собою здатність сировини витікати з отвору з конкретною швидкістю. Виражається сипкість числом секунд, за які повинно 50 г підготовленого порошку витікати з каліброваного отвору конусної воронки (кут конусу 60 °), що має діаметр 2,5 мм.

Визначання відносної швидкості розчинення сухого концентрату – за ДСТУ 4556:2006. Метод заснований на визначанні кількості сухої речовини, що перейшла

в розчин під час перемішування протягом 5 с за температури $(20 \pm 0,5)$ °С, у відсотках.

Величину насипної маси (маси одиниці об'єму сухого продукту) – за ДСТУ 7644:2014.

Величина насипної маси з ущільненням показує масу одиниці об'єму сухого продукту, яка заповнила мірний посуд з ущільненням. Після заповнення циліндра досліджуваним зразком, як описано в попередній методиці, частки продукту ущільнююють струшуванням циліндра до постійного об'єму. Розрахунок насипної маси з ущільненням ($M_{н.у}$, кг/м³) проводять за формулою

$$M_{н.у} = \frac{m_2 - m_1}{V - \Delta V}, \quad (2.19)$$

де ΔV – зміна об'єму продукту після його ущільнення в мірному посуді, м³.

Програмні засоби й комп'ютерні технології, що використовувалися в дисертаційній роботі.

У роботі використовували такі комп'ютерні технології: пакет MS Office версії 2012, 2016, програми Table Curve 2D та Table Curve 3D. Обробка результатів досліджень здійснювалася на ПЕОМ класу AMD Ryzen 5. Статистична обробка експериментальних даних проводилася з використанням EXCEL. Точність отриманих результатів забезпечувалася 3-4-кратною повторюваністю дослідів. Апаратурно-технологічні схеми виробництва концентрату та морозива виконували у системі компютерної програми для автоматизованого проектування AutoCAD 2020. Пошук та обмін інформацією здійснювався за допомогою Opera Stable у глобальній мережі Інтернет.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Систематизовані основні напрямки досліджень, складено програму проведення досліджень, що складається з теоретичного та експериментального етапів.

Надано характеристику об'єктів дослідження та схеми обладнання, що задіяне у експериментальних дослідженнях.

Наведено опис стандартних загальноприйнятих в дослідницькій практиці органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та функціонально-технологічних методів дослідження.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕМБРАННОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ МОЛОЧНОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ ІЗ ЗАДАНИМ СКЛАДОМ НУТРИЄНТІВ

Діафільтрація – варіант баромембранного процесу поділу розчинених високомолекулярних і низькомолекулярних компонентів, при якому концентрат розбавляють розчинником. Концентрація сполук у продукті знижується. Подальша ультрафільтрація розведеного розчину призводить до перерозподілу розчинених речовин. Низькомолекулярні речовини з розчинником проходять через мембрану, високомолекулярні затримуються.

Якщо в якості розчинника використовувати воду, то при діафільтрації маслянки разом з лактозою видаляються солі. Цей недолік усувається при використанні в якості розчинника лактози НФ пермеату, що отриманий нанофільтрацією УФ пермеату маслянки. НФ пермеат має мінеральний склад ідентичний маслянці.

Вибір оптимального з можливих варіантів вимагає певних розрахунків [162].

Можливі варіанти процесу діафільтраційного очищення маслянки від лактози викладені нижче.

3.1. Розроблення прикладної методики для розрахунку оцінки ефективності діафільтраційного способу очищення маслянки від лактози із збереженням мінерального складу

Періодичний процес з однократним розведенням концентрату. В цьому випадку УФ ретентат маслянки відразу розводиться необхідною кількістю НФ пермеату, що не містить лактозу, отриманого при нанофільтрації УФ пермеату маслянки. Кількість НФ пермеату визначається необхідною кінцевою концентрацією лактози в продукті. Після розведення проводять ультрафільтрацію, доводячи об'єм концентрату до початкового.

Для спрощення міркувань візьмемо до уваги, що лактоза і мінеральні речовини знаходяться у водній фазі маслянки. Жир і білок в діафільтрації не беруть участь. В такому випадку кратністю розведення водної фази маслянки назвемо величину

$$Kp = \frac{V_0 + V_{нф}}{V_0}, \quad (3.1)$$

де V_0 , $V_{нф}$ – відповідно початковий об'єм водної фази маслянки і діафільтраційний об'єм НФ пермеату, дм³.

Кінцева концентрація лактози після проведення діафільтрації буде в стільки разів менше початкової, у скільки розведена водна фаза маслянки з урахуванням селективності мембрани

$$C_k^l = \frac{C_0^l}{Kp} (1 + R^l), \quad (3.2)$$

де C_0^l, C_k^l – відповідно початкова і кінцева концентрації лактози в водній фазі маслянки, %.

Селективність мембрани по лактозі

$$R^l = \frac{C_{кон}^l - C_{ф}^l}{C_{кон}^l}, \quad (3.3)$$

де $C_{кон}^l, C_{ф}^l$ – відповідно концентрації лактози в водній фазі маслянки в УФ ретентаті і УФ пермеаті, %.

В цьому і подальших розрахунках приймаємо, що щільність розчину, який діафільтрують, дорівнює 1 кг/дм³.

Необхідний діафільтраційний об'єм НФ пермеату для досягнення необхідної кінцевої концентрації лактози C_k^l легко обчислюється з виразу (3.1) з урахуванням (3.2):

$$V_{нф} = V_0(Rh - 1). \quad (3.4)$$

Якщо необхідно врахувати весь об'єм маслянки, взятий для діафільтрації, то вводять поправку на високомолекулярні сполуки

$$V_{нф} = V_0(1 + C^{BMC} \times 0,01)(Kp - 1) , \quad (3.5)$$

де C^{BMC} – концентрація високомолекулярних речовин (білка і жиру) в маслянці, які не беруть участі в процесі діяфільтрації, %.

Початковий об'єм концентрату маслянки, взятий на оброблення позначимо

$$V_{он} = V_0(1 + 0,01 \times C^{BMC}) . \quad (3.6)$$

Якщо відома питома продуктивність мембрани G , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, яка залежить від характеристик цієї мембрани, параметрів процесу, хімічного складу маслянки тощо, то можна визначити час, за який в установці з площею мембран F буде досягнута необхідна кінцева концентрація лактози

$$\tau = \frac{V_{ф}}{G \times F} , \quad (3.7)$$

де $V_{нф}$ – діяфільтраційний об'єм, дм^3 ; F – площа мембран в установці, м^2 .

Періодичний процес з багаторазовим розведенням концентрату маслянки. У цьому випадку вихідний об'єм маслянки проходить циклічну обробку «розведення–фільтрування» кілька разів. За весь час обробки, в такий спосіб, маслянка пройде N однотипних циклів обробки.

Кратність розведення водної фази маслянки за один цикл складе

$$Kp^1 = \frac{V_0 + V_{нф}^1}{V_0} , \quad (3.8)$$

де $V_{нф}^1$ – діяфільтраційний об'єм НФ пермеату для одного циклу розведення, дм^3 .

За N циклів розведення буде витрачено діяфільтраційний об'єм НФ пермеату

$$V_{нф}^N = N \times V_{нф}^1 . \quad (3.9)$$

Кратність розведення водної фази маслянки за N циклів дорівнює

$$Kp^N = (Kp^1)^N . \quad (3.10)$$

В кінцевому підсумку концентрація лактози в водній фазі маслянки після проведення N циклів діяфільтрації складе

$$C_k^l = \frac{C_o^l}{(Kp^1)^N} \times (1 + R^l), \quad (3.11)$$

де Kp^1 – кратність розведення водної фази за 1 цикл.

Початковий об'єм маслянки при цьому пов'язаний з об'ємом водної фази і концентрацією білка і жиру виразом (3.6).

Періодичний процес з безперервним розведенням концентрату маслянки (рис. 3.1). За цим варіантом до вихідного об'єму маслянки безперервно додають НФ пермеат так, щоб його витрата дорівнювала витраті УФ пермеату. Об'єм концентрату маслянки, таким чином, залишається незмінним.

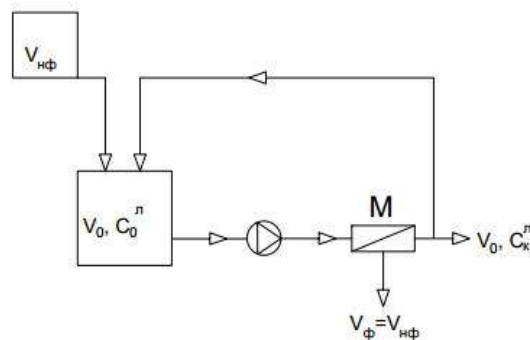


Рис. 3.1. Схема періодичного процесу діяфільтрації з безперервним розведенням: C_o^l, C_k^l – початкова і кінцева концентрації лактози, ⊗ – насос, М – мембранний модуль, V_o – початковий об'єм водної фази концентрату, $V_{ф}$ – об'єм пермеату, $V_{нф}$ – діяфільтраційний об'єм НФ пермеату

Нехай весь процес діяфільтрації в даному варіанті буде представлений як мультициклічний, з дискретністю за часом, що дорівнює 1 с.

Отже, загальне число циклів обробки за час τ складе

$$N = 3600 \times \tau, \quad (3.12)$$

де τ – загальний час безперервної діяфільтрації, год.

Кратність розведення вихідної водної фази в цьому випадку складе

$$Kp^1 = \frac{V_0 + V_{нф}^1}{V_0}, \quad (3.13)$$

де $V_{нф}^1$ – діафільтраційний об'єм НФ пермеату, $\text{дм}^3/\text{с}$.

За час τ кратність розведення складе

$$Kp^\tau = (Kp^1)^\tau = (Kp^1)^{3600 \times \tau}. \quad (3.14)$$

За аналогією з попередніми варіантами кінцева концентрація лактози в водній фазі концентрату маслянки через час τ буде дорівнювати

$$C_{\kappa}^{\tau} = \frac{C_o^{\tau}}{Kp^\tau} \times (1 + R^\tau) \quad (3.15)$$

або

$$C_{\kappa}^{\tau} = \frac{C_o^{\tau}}{(Kp^1)^{3600 \times \tau}} \times (1 + R^\tau). \quad (3.16)$$

Логарифмуючи вираз (3.16) отримуємо

$$\lg C_{\kappa}^{\tau} = \lg C_o^{\tau} - \lg (Kp^1)^{3600 \times \tau} + \lg(1 + R), \quad (3.17)$$

$$\lg C_{\kappa}^{\tau} = \lg C_o^{\tau} - \tau \times 3600 \lg Kp^1 + \lg(1 + R) \quad (3.18)$$

З виразу (3.18) можна знайти загальний час діафільтрації при постійному об'ємі концентрату маслянки, який потрібний для зниження концентрації лактози з C_o^{τ} до C_{κ}^{τ} :

$$\tau = \frac{\lg \frac{C_o^{\tau}}{C_{\kappa}^{\tau}} + \lg(1 + R)}{3600 \times \lg Kp^1}. \quad (3.19)$$

Тоді загальний діафільтраційний об'єм НФ пермеату, дорівнюватиме

$$V_{нф}^{\tau} = V_{нф}^1 \times \tau. \quad (3.20)$$

Облік об'єму концентрату маслянки, взятого для очищення від лактози, визначається з виразу (3.6), при обліку вираження (3.13).

Величина $V_{нф}^1$ чисельно дорівнює секундній питомій продуктивності мембрани помноженій на загальну площу мембран в установці F:

$$V_{нф}^1 = G \times F . \quad (3.21)$$

Безперервний процес з перехресним потоком НФ пермеату (рис. 3.2). Для даного випадку мембранну установку слід розділити на n мембранних модулів (апаратів). У кожен модуль подається НФ пермеат.

Процес діяфільтрації представить з себе сукупність n установок періодичної дії з безперервним розведенням (див. попередній варіант). Для кожного модуля будуть справедливі всі формули з попереднього розділу.

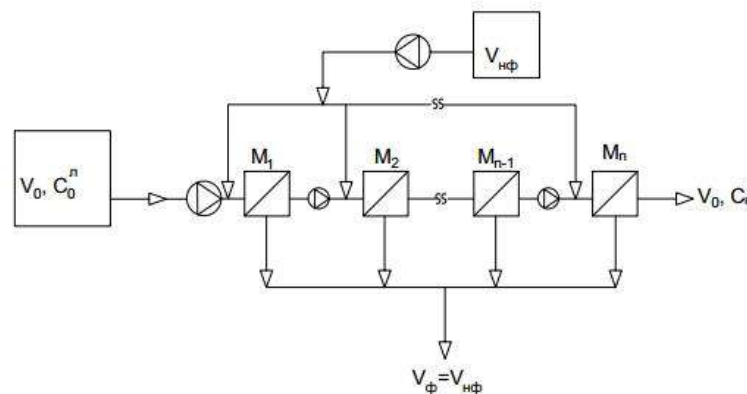


Рис. 3.2. Схема безперервного процесу діяфільтрації з перехресним потоком НФ пермеату: C_0^n, C_{κ}^n – початкова і кінцева концентрації лактози, ⊗ – насос, M – мембранний модуль, V_0 – початковий об'єм водної фази концентрату, $V_{ф}$ – об'єм пермеату, $V_{нф}$ – діяфільтраційний об'єм НФ пермеату

Концентрат буде проходити очистку від лактози n раз (циклів). Тому в сукупності всіх модулів – це буде періодичний процес з циклічною обробкою.

Позначимо знаменник виразу (3.16) як

$$Z = (Kp^1)^{3600 \times \tau} . \quad (3.22)$$

Тоді кінцева концентрація лактози

$$C_k^n = \frac{C_o^n}{Z^n} \times (1 + R^n), \quad (3.23)$$

де n – кількість модулів в мембранній установці.

Загальний час діяфільтрації можна визначити з виразу (3.19), а діяфільтраційного об'єм НФ пермеату з виразу (3.20).

Безперервний процес з протитечією НФ пермеату (рис. 3.3). В даному випадку установка представлена n модулями, але УФ пермеат з кожного наступного модуля подається в попередній. В останній модуль подають безлактозний НФ пермеат. У цей модуль концентрат маслянки надходить розведеним в n раз і тут же концентрується до початкового об'єму V_{on} .

В одному мембранному модулі процес може бути представлений як одноразове розведення при періодичній діяфільтрації. Фільтрат n -го модуля надходить в $n-1$ модуль для розведення концентрату в n раз. У цьому фільтраті концентрація лактози в n разів менше, ніж її значення в $n-1$ модулі. Значить, процес в $n-1$ модулі також можна представити, як періодичну діяфільтрацію з одноразовим розведенням.

Таким чином, весь процес в установці можна представити сукупністю періодичних процесів з одноразовим розведенням в кожному модулі і періодичним з циклічним (багаторазовим) розведенням у всіх модулях.

Для кожного модуля кратність розведення складе

$$Kp^1 = \frac{V_0 + V_{нф}}{V_0}, \quad (3.24)$$

де $V_{нф}$ – діяфільтраційний об'єм НФ пермеату, який використовується n разів

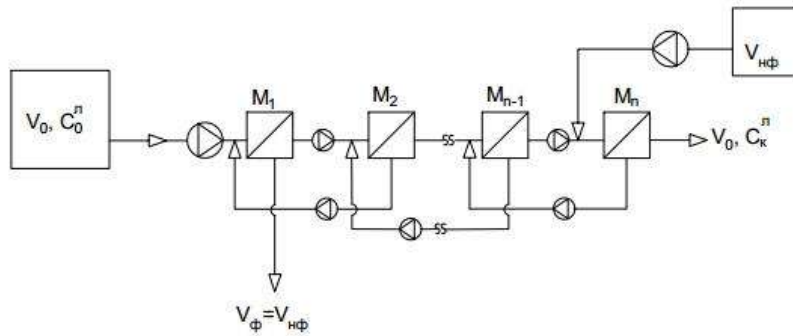


Рис. 3.3. Схема безперервного процесу діафільтрації з протитечею НФ пермеату: $C_o^л, C_k^л$ – початкова і кінцева концентрації лактози, ⊗ – насос, M – мембранний модуль, V_o – початковий об’єм водної фази концентрату, $V_{ф}$ – об’єм пермеату, $V_{нф}$ – діафільтраційний об’єм НФ пермеату

Для кожного модуля справедливі вирази з варіанту 1. В кінцевому підсумку після обробки у всій установці отримаємо

$$C_k^л = \frac{C_o^л}{(Kp^1)^n} \times (1 + R^л). \quad (3.25)$$

Час процесу визначається як сукупність часу для кожного модуля, тобто

$$\tau = \tau_i \times n. \quad (3.26)$$

У кожному модулі час обробки τ_i визначається виходячи з виразу

$$\tau_i = \frac{V_{нф}}{G \times F_i}, \quad (3.27)$$

де G – питома продуктивність мембран, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$; F_i – площа мембран i -го модуля, м .

Відповідно площа мембран во всій установці складе

$$F = \sum_{i=1}^n F_i. \quad (3.28)$$

Для порівняння різних варіантів діафільтрації і вибору найкращого потрібні експериментальні дані питомої продуктивності мембран, характеристика хімічного складу НФ пермеату, УФ пермеату і УФ концентрату маслянки. Ці дані використовуються в розрахунках і можуть відрізнятися в залежності від типу використовуваних мембран. Однак хід розрахунків при цьому залишається відповідно до цієї методики.

3.1.1. Лабораторна апробація прикладної методики розрахунку для оцінки ефективності процесу діафільтрації. Хімічний склад продуктів нанофільтрації за допомогою мембран марки ОПМН-П представлений в табл. 3.1.

Хімічний склад концентрату маслянки, отриманий на порожнистоволоконних мембранах ВПУ-15 в складі модуля AP-2 при факторі концентрування $FK=3$: масова частка білка – 9,6 %, масова частка жиру – 1,2 %, масова частка лактози – 4,50 %, масова частка золи – 0,94 %. Селективність мембран по лактозі склала $R = 0,05$. Середня продуктивність порожнистоволоконних мембран при діафільтрації ($p = 0,15$ МПа і $t = 45$ °С) склала $G = 8$ дм³/м²·год.

Таблиця 3.1

Хімічний склад продуктів нанофільтрації УФ пермеату маслянки ($FK = 5$)

Склад	Вихідний УФ пермеат	НФ пермеат	НФ ретентат
Масова частка білку, %	0,11±0,05	–	0,55±0,05
Масова частка лактози, %	4,48±0,06	сліди	22,3±0,06
Масова частка золи, %	0,70±0,09	0,70±0,09	0,73±0,09

Для подальшого аналізу приймалися такі вихідні дані: початкова концентрація лактози в концентраті маслянки – 4,5 %; площа мембран в установці – $F = 10$ м²; вихідний об'єм водної фази концентрату маслянки – $V_0 = 100$ дм³. Робочі параметри діафільтрації у всіх випадках однакові.

В ході розрахунків для різних варіантів діафільтрації визначали: кінцеву концентрацію лактози – $C_k^l, \%$; тривалість процесу – τ , год; об'єм розчинника (діафільтраційний об'єм) – $V_{нф}$, дм^3 ; ступінь очищення – $\frac{C_o^l}{C_k^l}$, раз.

Періодичний процес діафільтрації з одноразовим розведенням (варіант 1) в розрахунках не розглядався. Цей процес не вигідний через великий об'єм фільтрату, видалення якого вимагає багато часу.

Зведена таблиця отриманих результатів наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахункові дані до вибору оптимального процесу діафільтрації

№ варіанту	Процес	об'єм розчинника (діафільтраційний об'єм), дм^3	Час процесу, год	Кінцева концентрація лактози, %	Ефект очищення $\frac{C_o^l}{C_k^l}$
2	Періодичний з циклічним розведенням:				
	a) $n=2, N=4$	400	5	0,15	30
	b) $n=4, N=2$	600	7,5	0,30	15
3	Періодичний з безперервним розведенням	384	4,8	0,15	30
4	Безперервний з перехресним потоком	384	4,8	0,15	30
5	Безперервний з поверненням пермеату (протитечією)	100	12,5	0,66	7

Для варіантів 4 і 5 мембранна установка розбивалася на 10 модулів. Площа мембран кожного модуля становила 1 м^2 . Для однакових умов діафільтрації три варіанти дають однакові ефекти очищення концентрату маслянки. Об'єм розчинника (діафільтраційний об'єм) збігається для періодичного варіанту 3 і безперервного варіанту 4. Тривалість процесу однакова. Витрата НФ пермеату – це фактор, що визначає економічність процесу. Найбільш вигідним є безперервний

варіант 5 з протитечею НФ пермеату. У цьому випадку один і той же об'єм розчинника (діафільтраційний об'єм) використовується 10 раз. Час процесу очищення за цим способом в порівнянні з іншими варіантами виявляється самим тривалим. Це не дозволяє рекомендувати останній варіант для обробки маслянки через великий ризик мікробіологічного обсіменіння продукту. Перевагою даного варіанту є мінімальні втрати білкових фракцій, які ми не розглядали в даному випадку. В інших варіантах втрати будуть неминучими через селективність. В останньому випадку спостерігається повернення білкової фракції в концентрат.

Запропонована методика розрахунку дозволяє з невеликою помилкою дати прогноз для вибору варіанту діафільтрації маслянки не тільки по відношенню до мембранного процесу, а й в порівнянні з іншими способами видалення лактози, наприклад, ферментативними. Мембранні способи очищення не використовують сторонніх речовин і зачіпають в мінімальному ступені нативні властивості цінних компонентів маслянки. Це підвищує біологічну цінність продуктів на основі маслянки. У всіх випадках мембранної очистки необхідні подальші дослідження по оптимізації продуктивності мембран, яка залежить від багатьох факторів і не є предметом розгляду в даній роботі.

Розрахункові дані повністю підтвердилися експериментами. Запропонована методика розрахунку може використовуватися для виробничих умов підприємств молочної промисловості. Запропонована методика розрахунку процесу діафільтрації дозволяє за короткий час оцінити можливі варіанти очищення продукту від лактози і дати висновок про оптимальність.

Таким чином, найбільш ефективним процесом діафільтрації є безперевний з перехресним потоком НФ пермеату, тому наступні експерименти щодо отримання безлактозного концентрату маслянки здійснюватиме за цим способом.

3.2. Дослідження процесу ультрафільтрації маслянки

У роботі не ставилося завдання дослідження основних закономірностей процесу ультрафільтрації маслянки, через те, що цей процес є досить вивченим [48–

53]. Однак така обробка була необхідна для отримання УФ ретентату і УФ пермеату. УФ ретентат є основою для отримання без- або низьколактозного молочного концентрату [163].

Хімічний склад маслянки та продуктів ультрафільтрації маслянки при факторах концентрування ФК від 3 до 5 наведені в табл. 3.3–3.5. Концентрацію компонентів хімічного складу визначали за загальноприйнятими методиками (див. розділ 2).

Таблиця 3.3

Хімічний склад маслянки та продуктів ультрафільтрації маслянки (ФК=3)

Найменування показника	Маслянка-сировина	УФ пермеат	УФ ретентат
Масова частка сухих речовин, %, в т.ч.:	9,0±0,01	5,30±0,01	16,30±0,01
- масова частка білків, %	3,20±0,05	0,11±0,05	9,61±0,05
- масова частка лактози, %	4,50 ± 0,06	4,48 ± 0,06	4,53 ± 0,06
- масова частка жиру, %	0,40±0,10	–	1,21±0,10
- масова частка золи, %	0,70±0,09	0,70±0,09	0,94±0,09

Таблиця 3.4

Хімічний склад маслянки та продуктів ультрафільтрації маслянки (ФК=4)

Найменування показника	Маслянка-сировина	УФ пермеат	УФ ретентат
Масова частка сухих речовин, %, в т.ч.:	9,0±0,01	5,32±0,01	19,98±0,01
- масова частка білків, %	3,20±0,05	0,13±0,05	12,81±0,05
- масова частка лактози, %	4,50 ± 0,06	4,48 ± 0,06	4,53 ± 0,06
- масова частка жиру, %	0,40±0,10	–	1,61±0,10
- масова частка золи, %	0,70±0,09	0,70±0,09	1,03±0,09

Таблиця 3.5

Хімічний склад маслянки та продуктів ультрафільтрації маслянки (ФК=5)

Найменування показника	Маслянка-сировина	УФ пермеат	УФ ретентат
Масова частка сухих речовин, %, в т.ч.:	9,0±0,01	5,34±0,01	23,75±0,01
- масова частка білків, %	3,20±0,05	0,16±0,05	16,06±0,05
- масова частка лактози, %	4,50 ± 0,06	4,48 ± 0,06	4,53 ± 0,06
- масова частка жиру, %	0,40±0,10	–	2,01±0,10
- масова частка золи, %	0,70±0,09	0,70±0,09	1,11±0,09

Селективність мембран ВПУ-15 по лактозі склала 4 %, для білка – 99,6 %.

Фактор концентрування маслянки обмежується властивостями мембран. При ФК більше 5 продуктивність падає, що пояснюється концентраційною і гелевою поляризацією мембрани.

Отже, максимальне концентрування білково-ліпідної фракції маслянки можливо при УФ (ФК=5) (масова частка білків – 16,06%, ліпідів – 2,01%). УФ ретентат, що отриманий при УФ (ФК=3) можна використовувати при виробництві без- або низьколактозних молочних напоїв, при УФ (ФК=4 або 5) – десертів (морозива, суфле), сиркових паст, тощо.

Отриманий після ультрафільтрації УФ ретентат, що містив 4,53% лактози, очищався діафільтрацією НФ пермеатом.

3.3. Дослідження процесу нанофільтрації УФ пермеату маслянки

Експериментальна залежність продуктивності нанофільтраційних мембран від тиску при температурі 20...22 °С і при об'ємній витраті насоса 200 дм³/год наведена на рис 3.4.

В діапазоні тисків 0,5...1,5 МПа залежність була лінійною. При подальшому збільшенні трансмембранного тиску спостерігалось менш інтенсивне зростання проникності. Тиск понад 2,0 МПа в роботі не використовували через обмежені технічні можливості.

Додатково були отримані залежності проникності мембран від використаних факторів концентрування (рис. 3.5).

Аналіз даних показує, що в діапазоні факторів концентрування 1...4 при тиску 1,0 МПа падіння продуктивності сягало понад 2 рази (з 17 до 8 дм³), тоді як при тиску біля 2,0 МПа падіння склало близько 1,5 рази. Зазначені факти пояснюються комбінованим впливом зростаючого осмотичного потенціалу розчину, концентраційною і гелевою поляризацією мембрани.

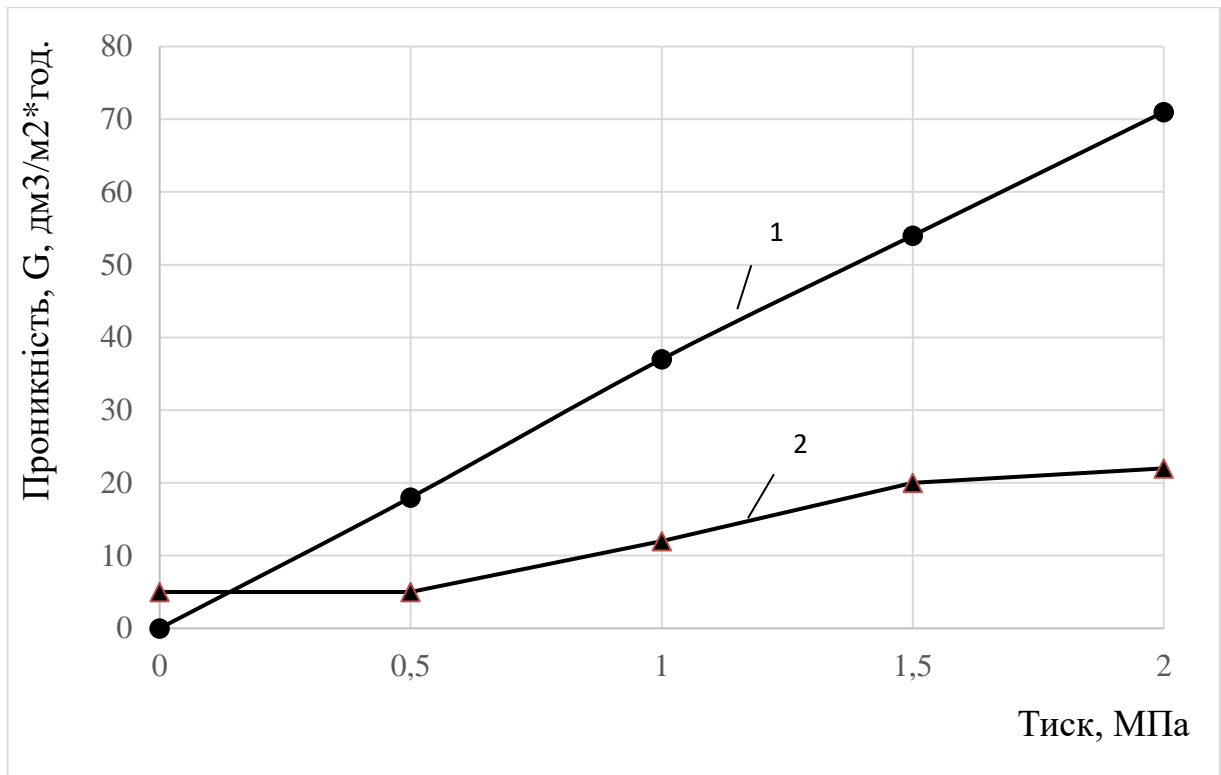


Рис. 3.4. Залежність проники́ності нанофільтраційних мембран марки ОПМН від тиску при обробці УФ пермеату маслянки: 1 – нанофільтрація води (контроль); 2 – нанофільтрація УФ пермеату

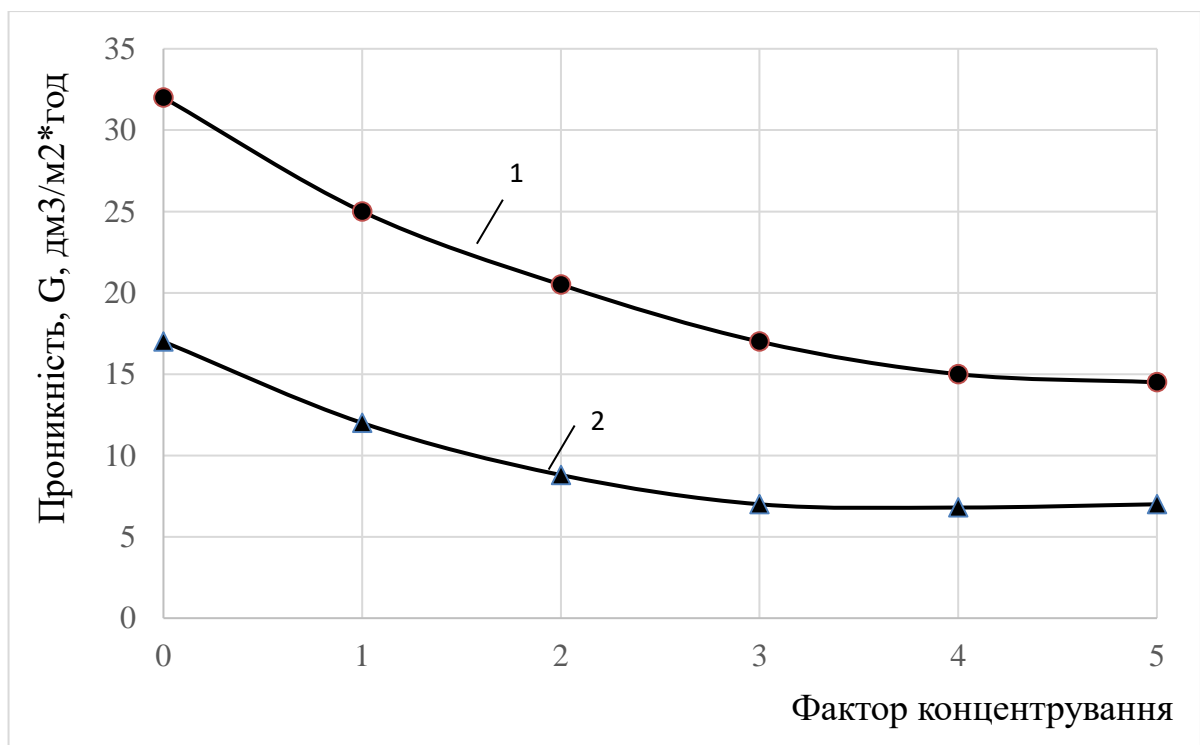


Рис. 3.5. Вплив факторів концентрування і трансмембранного тиску на проники́ність нанофільтраційних мембран марки ОПМН: 1 – 2 МПа; 2 – 1 МПа

Хімічний склад продуктів нанофільтрації в порівнянні з вихідним УФ пермеатом маслянки представлений в табл. 3.6, 3.7.

Таблиця 3.6

Зміни концентрації лактози та золи при нанофільтрації (ФК=4) УФ пермеату

Показник	УФ пермеат	НФ ретентат	НФ пермеат
Масова частка лактози, %	4,48 ± 0,06	17,9 ± 0,06	сліди
Масова частка золи, %	0,70 ± 0,09	0,73 ± 0,09	0,70 ± 0,09

Таблиця 3.7

Зміни концентрації лактози та золи при нанофільтрації (ФК=5) УФ пермеату

Показник	УФ пермеат	НФ ретентат	НФ пермеат
Масова частка лактози, %	4,48 ± 0,06	22,3 ± 0,06	сліди
Масова частка золи, %	0,70 ± 0,09	0,73 ± 0,09	0,70 ± 0,09

Розрахована за даними селективність випробуваних мембран по лактозі була дуже високою (більше 99 %). У той же час, селективність по мінеральним речовинам практично дорівнювала 0 %.

Мінеральний склад НФ пермеату на рівні 0,7 % відповідав мінеральному складу концентрату маслянки і не впливатиме на цей показник в ході процесу.

Тому, в якості розчинника, який знижуватиме концентрацію лактози, при діяфільтрації доцільно використати НФ пермеат УФ пермеату маслянки. Цей прийом дозволить зберегти хімічний склад концентрату разом із ефективним видаленням лактози.

3.4. Дослідження процесу діяфільтрації УФ ретентату маслянки НФ пермеатом

Процес проводився в безперервному режимі згідно зі схемою наведеною на рис. 2.5. При діяфільтраційній обробці (ДФ) УФ ретентату маслянки були отримані експериментальні залежності проникності порожнистоволоконних мембран при різних діаб'ємах буфера (НФ пермеату) для трьох різних температур обробки (рис. 3.6).

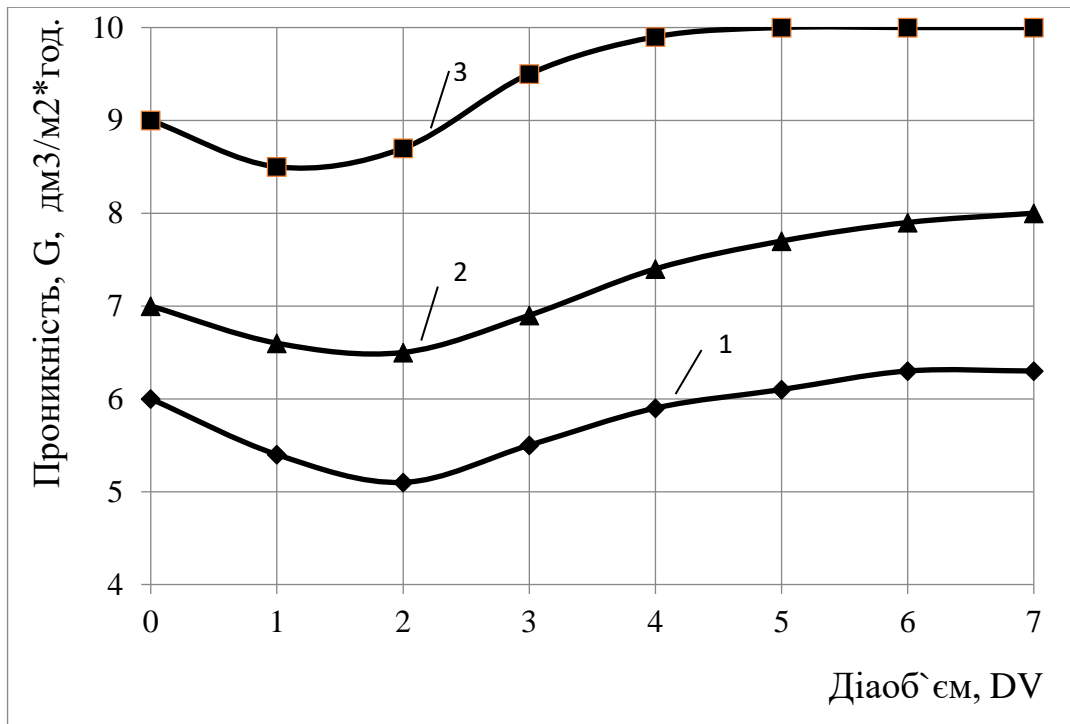


Рис. 3.6. Залежність проникності порожнистоволоконних мембран ВПУ-15 від діаб`єму при очищенні концентрату маслянки ($p=0,15$ МПа): 1 – 30 °С; 2 – 40 °С; 3 – 50 °С

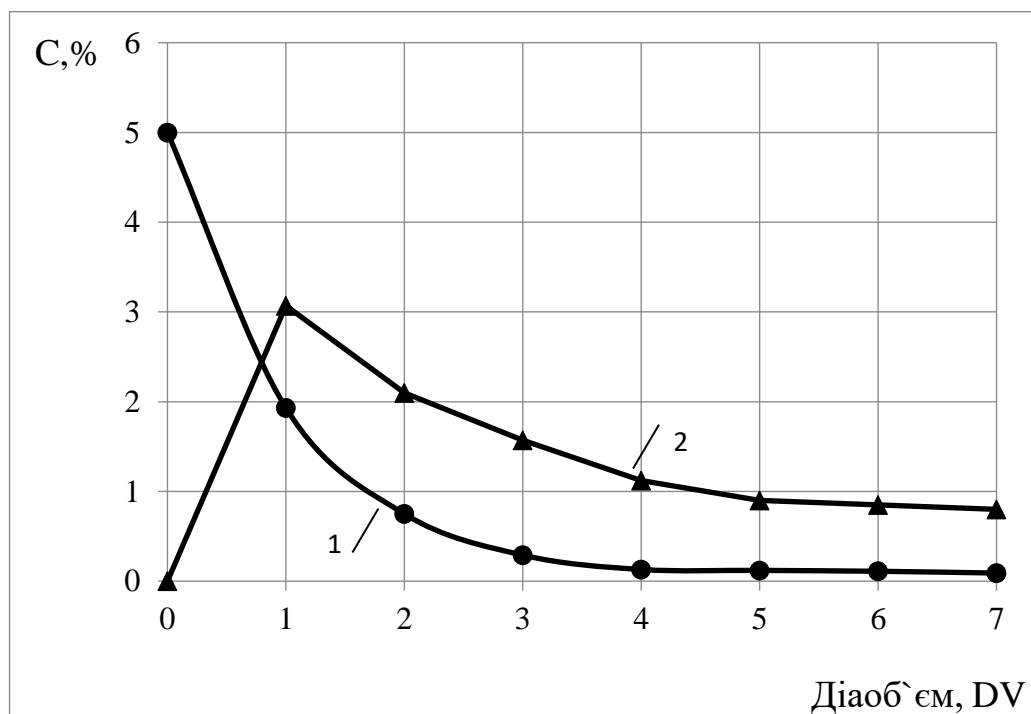


Рис. 3.7. Залежність концентрації лактози в ДФ ретентаті та ДФ пермеаті від діаб`єму: 1 – ДФ ретентат; 2 – ДФ пермеат

Тенденція зміни цього показника була однаковою. Спочатку спостерігалось падіння проникності, а потім збільшення і стабілізація до кінця процесу. При чому при температурі 50 °С ефект був більш вираженим: різке зростання з 8,5 дм³/м²×год при значенні DV=1,5 і стабілізація при значенні близько 10 дм³/м²×год починаючи з DV=3...3,5. Експеримент для температур більших ніж 50 °С не проводився через загрозу денатурації цінних білкових компонентів. Аналіз залежностей показує, що зростання продуктивності при збільшенні температури пояснюється різким зниженням в'язкості, що сприятливо позначається на швидкості потоку в каналі волокон. При цьому знижується вплив концентраційної і гелевої поляризації, які перешкоджають проникненню розчинених частинок через мембрану. Цими ж ефектами можна пояснити сталі значення проникності, коли гелевий шар осаду сформувався і прийняв значення стабільної товщини по всій поверхні мембрани.

Зростання продуктивності при діалізації пояснюється видаленням основної маси низькомолекулярних компонентів концентрату при значеннях діаб'єму 0,5...1,5 (рис. 3.7). Ці речовини в основному визначають осмотичний потенціал розчину. Його падіння, при однаковому робочому тиску, призводить до зростання продуктивності мембран.

Зміна концентрацій лактози в ДФ ретентаті та ДФ пермеаті представлені в табличному вигляді разом з розрахованою ефективністю видалення лактози (ЕВ) в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Ефективність видалення лактози при діалізації

Показник	Діалізаційний об'єм, DV						
	1	2	3	4	5	6	7
Концентрація лактози в ДФ ретентаті, С _к ^л , %	1,93	0,75	0,29	0,11	0,04	0,02	0,01
Концентрація лактози в ДФ пермеаті, С _ф ^л , %	3,07	2,10	1,57	1,22	0,99	0,83	0,71
ЕВ лактози, близько %	57,00	83,00	94,00	98,00	99,20	99,60	99,80

Розрахунок ефективності видалення лактози показує, що для значення діафільтраційного об'єму $DV=3$ більш 90 % цього небажаного компонента видаляється з концентрату. За своїми характеристиками він стає низьколактозним. Для досягнення дуже низьких концентрацій лактози (менше 0,1 %) потрібні витрати буфера еквівалентні більше 4 діафільтраційних об'ємів. Селективність мембран по лактозі протягом всього процесу лишалася незмінною ($R = 0,05$).

Для отримання концентрату заданого складу задавалися граничними даними нутрієнтів (білків, лактози, мінерального складу), які наведені в табл. 3.9.

Хімічний склад безлактозного концентрату, одержаного діафільтрацією ($DV=7$) УФ ретентату ($ФК=3...5$) НФ пермеатом ($ФК=5$) наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Хімічний склад безлактозного концентрату, отриманого діафільтрацією
УФ ретентату ($ФК=3...5$) НФ пермеатом ($ФК=5$)

Показник	Заданий склад нутрієнтів	Безлактозний концентрат маслянки (ББКМ), одержаний діафільтрацією ($DV=7$) УФ ретентату маслянки, отриманого ультрафільтрацією при:		
		ФК=3	ФК=4	ФК=5
Масова частка сухих речовин, %, в тому числі:		11,7±0,01	15,10±0,01	18,78±0,01
масова частка лактози, %	max 0,1	сліди	сліди	сліди
масова частка білку, %	12,0...16,0	9,5±0,05	12,74 ± 0,05	16,01 ± 0,05
масова частка жиру, %	1,5...4,0	1,2±0,01	1,61 ± 0,01	2,03 ± 0,01
масова частка золи, %	0,70±0,1	0,70±0,09	0,70 ± 0,09	0,70 ± 0,09

Застосований прийом очищення від лактози УФ ретентату забезпечив повне видалення лактози з концентрату при збереженні мінерального складу при значно більшій концентрації білково-ліпідного комплексу. При $ФК=4...5$ масова частка нутрієнтів (білків, жирів, золи, лактози) відповідає заданій концентрації (табл. 3.9).

3.5. Шляхи реалізації розробленого способу одержання молочного безлактозного білкового концентрату та установка для його здійснення

Як варіант реалізації розробленого способу безперервного одержання безлактозного молочного білково-ліпідного концентрату пропонується технічний результат, що досягається використанням наступних технологічних прийомів.

Для забезпечення безперервності процесу виробництва безлактозного продукту використовують три взаємопов'язаних процеси мембранної обробки: ультрафільтрацію, нанофільтрацію УФ пермеату та діафільтрацію УФ ретентату НФ пермеатом з сольовим складом, ідентичним сольовому складу вихідної сировини. Безперервність технологічного процесу досягається рівномірністю матеріальних потоків робочих рідин, що надходять на кожен етап обробки. При проведенні діафільтрації для забезпечення необхідного рівня видалення лактози потрібен певний діафільтраційний об'єм НФ пермеату – 4...7. При використанні тільки НФ пермеату, одержаного з вихідної сировини, виникає дефіцит об'єму НФ пермеату, з сольовим складом, ідентичним сольовому складу вихідної сировини.

Для компенсації нестачі об'єму НФ пермеату при діафільтрації вводять додатковий об'єм розчинника, наприклад, пом'якшену воду, концентрація солей і склад якої значно відрізняється від вихідної сировини. У способі, що пропонується, використовують як розчинник одержаний НФ пермеат, склад якого ідентичний сольовому складу вихідної сировини. Для компенсації нестачі об'єму НФ пермеату при подачі на нанофільтрацію до УФ пермеату від вихідної сировини вводять розрахунковий об'єм УФ пермеату від ультрафільтрації іншого виду вторинної молочної сировини, надлишки якого накопичуються на масло-сироробних підприємствах при нормалізації, ультрафільтрації нормалізованого молока та вторинної молочної сировини. При утворенні ДФ пермеату його можна або додавати до УФ пермеату при подачі на нанофільтрацію, при цьому об'єм УФ пермеату від іншого виду вторинної молочної сировини зменшується, або ДФ пермеат можна подавати до відповідної буферної ємності та видаляти. Додаткове внесення УФ пермеату від іншого виду вторинної молочної сировини та ДФ

пермеату не впливатиме на сольовий склад готового продукту, оскільки отриманий з них НФ пермеат через властивості мембран однаковий за природним складом з вихідною молочною сировиною.

Здійснення діафільтрації УФ ретентату НФ пермеатом дозволяє зберегти мінеральний склад одержаного продукту, ідентичний складу вихідної сировини, забезпечити підвищення концентрації білково-фосфоліпідного комплексу при відсутності лактози. Оскільки одержання молочногo безлактозного білково-ліпідного концентрату з вторинної молочної сировини здійснюється безперервно, це не вимагає додаткового зберігання потоків продуктів, які утворюються на різних етапах виробництва, що зменшує витрати на установку та витрати на управління.

Практична реалізація вказаного способу видалення лактози пояснюється кресленням на рис. 3.8 – схема установки для безперервного одержання молочногo безлактозного білково-ліпідного концентрату з позначенням потоків.

Пропонований спосіб здійснюють в установці, що містить сполучені між собою технологічними трубопроводами контур ультрафільтрації 1, контур діафільтрації 2 та контур нанофільтрації 3 [164–166].

Контур ультрафільтрації 1 містить буферну ємність 4 для вторинної молочної сировини, зокрема маслянки, датчики рівня 5, 16 і 20, живильний насос 6, зворотні клапани 7, 13 і 18, з'єднувальний трійник 8, блок ультрафільтраційного концентрування 9, циркуляційний насос 10, датчик вимірювання концентрації 11, триходовий кран 12 з регулюючим органом, витратомір 14, буферні ємності 15 і 19 для ультрафільтраційного ретентату і для ультрафільтраційного пермеату, відповідно, та дренажний кран 17 з регулюючим органом.

Контур діафільтрації 2 містить живильні насоси 21, 37 і 42, з'єднувальний трійник 22, блок діафільтрації 23, циркуляційний насос 24, датчики вимірювання концентрації 25 і 38, чотири триходових крани 26, 31, 36 і 44 з регулюючими органами, зворотні клапани 27, 32, 35, 43, витратоміри 28 і 39, буферні ємності 29, 33, та 40 для діафільтраційного ретентату, для діафільтраційного пермеату, і для суміші потоків ультрафільтраційного пермеату і діафільтраційного пермеату, відповідно, та датчики рівня 30, 34, 41.

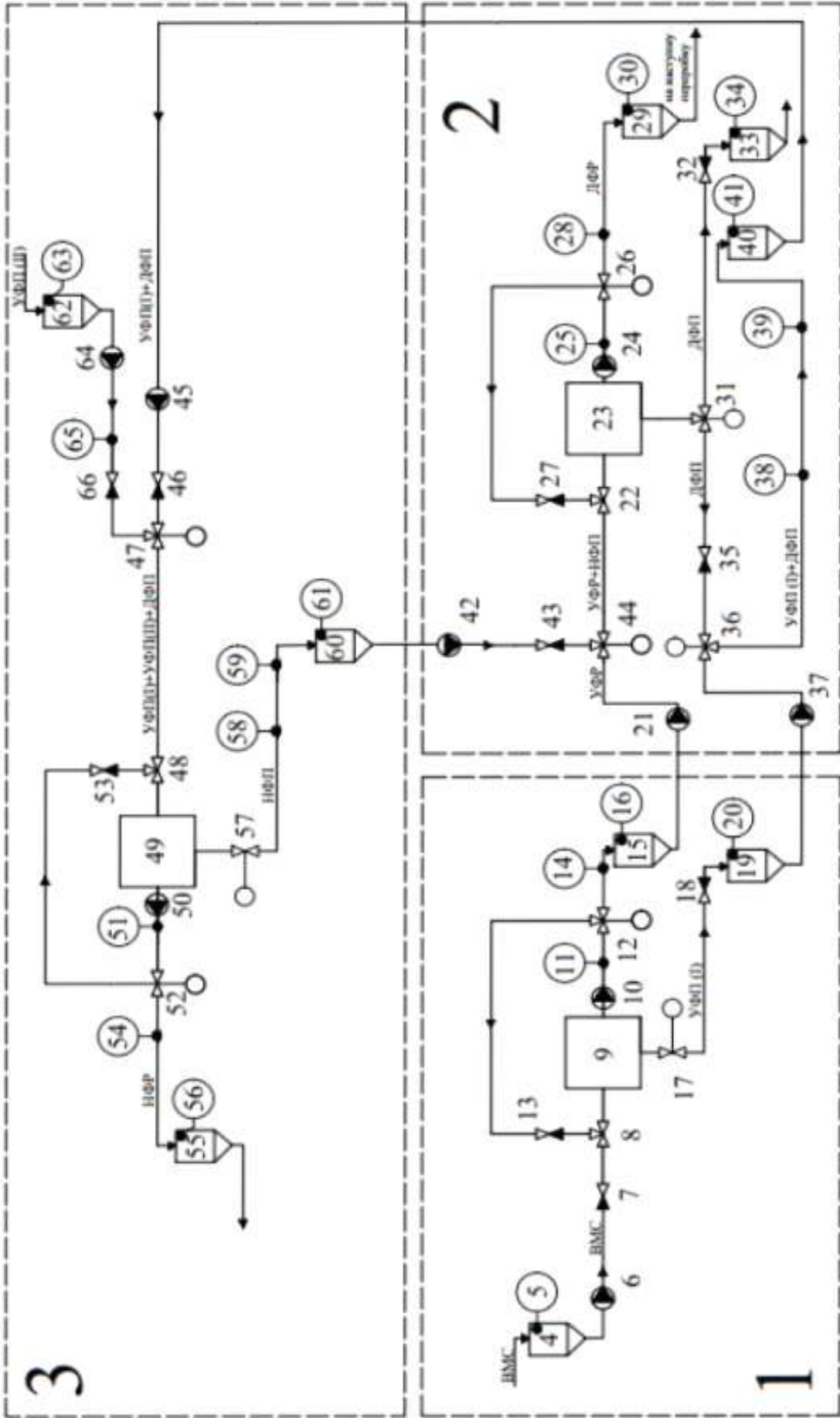


Рис. 3.8. Схема установки для непрерывного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату з позначенням потоків

Контур нанофільтрації 3 містить живильні насоси 45 і 64, зворотні клапани 46, 53 і 66, два триходових крани 47 і 52 з регулюючими органами, з'єднувальний трійник 48, блок нанофільтрації 49, циркуляційний насос 50, датчики вимірювання концентрації 51, 58, витратоміри 54, 59, 65, дренажний кран 57 з регулюючим органом, буферні ємності 55, 60 та 62 для нанофільтраційного ретентату, нанофільтраційного пермеату і ультрафільтраційного пермеату від іншого виду вторинної молочної сировини, відповідно, та датчики рівня 56, 61 і 63.

Вищеперелічені вузли установки сполучені між собою у наступному порядку.

Вихід буферної ємності 4 для вторинної молочної сировини, всередині якої встановлений датчик рівня 5, сполучений з першим входом з'єднувального трійника 8 через живильний насос 6 та зворотний клапан 7.

Вихід з'єднувального трійника 8 з'єднаний зі входом блоку ультрафільтраційного концентрування 9, перший вихід якого сполучений з входом триходового крана 12 через циркуляційний насос 10 і датчик вимірювання концентрації 11. Перший вихід триходового крана 12 через зворотний клапан 13 сполучений з другим входом з'єднувального трійника 8, а другий вихід через витратомір 14 – з входом буферної ємності 15 для ультрафільтраційного ретентату, в якому встановлений датчик рівня 16. Другий вихід блоку ультрафільтраційного концентрування 9 з'єднаний з входом буферної ємності 19 для ультрафільтраційного пермеату, в якій встановлений датчик рівня 20, через дренажний кран 17 та зворотний клапан 18.

Вихід буферної ємності 15 контуру ультрафільтрації 1 через живильний насос 21 контуру діафільтрації 2 з'єднаний з першим входом триходового крана 44. Вихід триходового крана 44 сполучений з першим входом з'єднувального трійника 22, вихід якого з'єднаний з входом блоку діафільтрації 23. Перший вихід блоку діафільтрації 23 сполучений з входом триходового крана 26 через циркуляційний насос 24 і датчик вимірювання концентрації 25. Перший вихід триходового крана 26 з'єднаний з другим входом з'єднувального трійника 22 через зворотний клапан 27, а другий вихід через витратомір 28 сполучений з входом буферної ємності 29 для діафільтраційного ретентату, в якій встановлений датчик рівня 30. Другий

вихід блоку діафільтрації 23 сполучений з входом триходового крана 31, першій вихід якого з'єднаний через зворотній клапан 35 з першим входом триходового крана 36, а другий вихід через зворотній клапан 32 – з входом буферної ємності 33 для діафільтраційного пермеату, в якій встановлений датчик рівня 34. Другий вхід триходового крана 36 з'єднаний з виходом буферної ємності 19 контуру ультрафільтрації 1 через живильний насос 37, а вихід - через датчик вимірювання концентрації 38 і витратомір 39 – з входом буферної ємності 40 для суміші потоків ультрафільтраційного пермеату і діафільтраційного пермеату, в якій встановлений датчик рівня 41. Другий вхід триходового крана 44 контуру діафільтрації 2 з'єднаний через живильний насос 42 і зворотний клапан 43 з виходом буферної ємності 60 для нанофільтраційного пермеату, в якій встановлений датчик рівня 61, контуру нанофільтрації 3. Вихід буферної ємності 40 контуру діафільтрації 2 сполучений через живильний насос 45 і зворотний клапан 46 контуру нанофільтрації 3 з першим входом триходового крана 47. Другий вхід триходового крана 47 з'єднаний через зворотний клапан 66, витратомір 65 і живильний насос 64 з виходом буферної ємності 62 для ультрафільтраційного пермеату від іншого виду вторинної молочної сировини, в якій встановлений датчик рівня 63, а вихід – з першим входом з'єднувального трійника 48. Вихід з'єднувального трійника 48 з'єднаний з входом блоку нанофільтрації 49. Перший вихід блоку нанофільтрації 49 з'єднаний з входом триходового крана 52 через циркуляційний насос 50 і датчик вимірювання концентрації 51. Перший вихід триходового крана 52 сполучений через зворотний клапан 53 з другим входом з'єднувального трійника 48, а другий вихід через витратомір 54 – з входом буферної ємності 55 для нанофільтраційного ретентату, в якій встановлений датчик рівня 56. Другий вихід блоку нанофільтрації 49 з'єднаний через дренажний кран 57, датчик вимірювання концентрації 58 і витратомір 59 з входом буферної ємності 60 для нанофільтраційного пермеату, в якій встановлений датчик рівня 61.

Спосіб здійснюють у наступному порядку (див. рис. 3.8). Маслянку (ВМС), попередньо пастеризують з підтриманням необхідних параметрів технологічного регламенту: 5...10 хвилин при 85...87 °С, охолоджують до 45...50 °С та

накопичують у буферній ємності 4 контуру ультрафільтрації 1 установки для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. Потім маслянку піддають ультрафільтраційному концентруванню до заданого вмісту білків і жирів. Для цього з буферної ємності 4 маслянку за допомогою живильного насоса 6 (через зворотний клапан 7 і з'єднувальний трійник 8) надходить до блоку ультрафільтраційного концентрування (УФ) 9, де відбувається концентрування маслянки. Задана концентрація визначається фактором концентрування маслянки, який залежить від подальшого призначення концентрату. Наприклад, для використання концентрату при виробництві морозива фактор концентрування має бути $ФК = 4$ або $ФК = 5$. Датчик вимірювання концентрації 11 служить для визначення концентрації маслянки. Маслянка циркулює по контуру «триходовий кран 12 – зворотній клапан 13 – з'єднувальний трійник 8 – блок УФ 9 – циркуляційний насос 10 – триходовий кран 12», поки концентрація білків і жирів не досягне заданої. При досягненні заданої концентрації, триходовий кран 12 відкривається на буферну ємність 15 для накопичення ультрафільтраційного ретентату (УФР), в якій встановлений датчик рівня 16 УФР. Витрату УФР визначають за витратоміром 14.

Одночасно, при роботі блоку УФ 9, утворений ультрафільтраційний пермеат (УФП(І)), що представляє собою розчин солей і лактози, безперервно відділяється до буферної ємності 19 для УФП(І) через дренажний кран 17 з регулюючим органом та зворотний клапан 18, де накопичується до відповідного рівня. Всередині буферної ємності 19 встановлений датчик вимірювання рівня 20 УФП(І). З буферної ємності 19 УФП(І) за допомогою живильного насоса 37 надходить до триходового крана 36.

Одночасно ультрафільтраційний пермеат (УФП(І)) подають на нанофільтрацію, а ультрафільтраційний ретентат (УФР) – на діафільтрацію. При подачі УФР на діафільтрацію потік з буферної ємності 15 для УФР живильним насосом 21 подають на триходовий кран 44, куди одночасно за допомогою живильного насоса 42 через зворотний клапан 43 надходить потік НФ пермеату (НФП), який накопичився в буферній ємності 60. Утворений потік УФР + НФП

через з'єднувальний трійник 22 надходить до блоку діафільтрації ДФ 23, для очищення від лактози. Датчик вимірювання концентрації 25, встановлений після блоку ДФ 23, служить для визначення концентрації лактози. Потік УФР + НФП циркулює по контуру «триходовий кран 26 – зворотній клапан 27 – з'єднувальний трійник 22 – блок ДФ 23 – циркуляційний насос 24 – триходовий кран 26», поки концентрація лактози не досягне заданої (наприклад, 0,1% – для безлактозного концентрату). При досягненні заданої концентрації, триходовий кран 26 відкривається на буферну ємність 29 для накопичення діафільтраційного ретентату (ДФР), в якій встановлений датчик рівня 30 ДФР. Витрату ДФР визначають за витратоміром 28. До буферної ємності 29 надходить очищений від лактози, або з заданою концентрацією лактози ДФР – молочний безлактозний білково-ліпідний концентрат – кінцевий продукт, який потім подають на подальшу переробку.

Одночасно, при роботі блоку ДФ 23, утворений діафільтраційний пермеат (ДФП), що представляє собою розчин солей, надходить через триходовий кран 31, зворотний клапан 35 до триходового крана 36, де змішується з потоком УФП(І) з буферної ємності 19. Потім утворений потік ДФП + УФП(І) надходить до буферної ємності 40 для суміші потоків ультрафільтраційного пермеату і діафільтраційного пермеату (УФП(І) + ДФП), в якій встановлений датчик рівня 41. Концентрацію і витрату потоку ДФП + УФП(І) визначають датчиком вимірювання концентрації 38 та витратоміром 39. Потік УФП(І)+ДФП з буферної ємності 40 УФП(І)+ДФП за допомогою живильного насоса 45 через зворотний клапан 46 надходить на триходовий кран 47, де відбувається розведення потоку УФП(І)+ДФП ультрафільтраційним пермеатом від іншого виду молочної сировини (УФП (ІІ)).

Потік УФП (ІІ) надходить на триходовий кран 47 з буферної ємності 62 для УФП (ІІ), в якій встановлений датчик рівня 63, за допомогою живильного насоса 64 через зворотний клапан 66. Кількість УФП (ІІ) визначають за допомогою витратоміра 65. Утворений потік УФП(І)+ДФП+УФП (ІІ) через з'єднувальний трійник 48 надходить до блоку нанофільтрації (НФ) 49, для одержання НФ ретентату (НФР) та безлактозного НФ пермеату (НФП).

Потік УФП(І)+ДФП+УФП (ІІ) циркулює по контуру «триходовий кран 52 –

зворотній клапан 53 – з'єднувальний трійник 48 – блок НФ 49 – циркуляційний насос 50 – триходовий кран 52», поки концентрація не досягне заданої. Датчик вимірювання концентрації 51, встановлений після блоку НФ 49, служить для визначення концентрації лактози у НФР, витратомір 54 визначає витрату НФР. При досягненні заданої концентрації НФР через триходовий кран 52 надходить до буферної ємності 55 для НФ ретентату (НФР), в якій встановлений датчик рівня 56, де його накопичують, а потім видаляють з системи для подальшого використання. Наприклад, направляють на виробництво молочного цукру. Датчик вимірювання концентрації 58, встановлений після блоку НФ 49, служить для визначення концентрації лактози у НФП, витратомір 59 визначає витрату НФП. Одержаний НФП через дренажний кран 57 надходить до буферної ємності 60 для НФ пермеату (НФП), в якій встановлений датчик рівня 61, де накопичується, а потім за допомогою живильного насоса 42 через зворотний клапан 43 надходить до триходового крана 44.

Також спосіб можна здійснювати без використання ДФП. При цьому отриманий при роботі діафільтраційного блоку 23 діафільтраційний пермеат (ДФП), що представляє собою розчин солей, подають через триходовий кран 31 та зворотний клапан 32 до буферної ємності 33, в якій встановлений датчик рівня 34, та видаляють з системи. Наприклад, направляють на виробництво молочного цукру. При цьому на нанофільтрацію надходить потік УФП (I) + УФП (II).

Для того, щоб забезпечити безперервність обробки маслянки необхідно дотримуватись певних співвідношень між потоками продуктів мембранної обробки маслянки, отриманими на відповідних мембранних блоках. Ці співвідношення, в основному, диктуються вимогами забезпечення матеріального балансу об'єднаної мембранної установки [136,137].

Установка забезпечить безперервність процесу, якщо будуть дотримані наступні співвідношення витрат потоків для стаціонарних умов:

$$Q_{УФР} = Q_{ДФР}, \quad (3.29)$$

де $Q_{УФР}$, $Q_{ДФР}$ – відповідно витрата УФР, що надходить на ДФ блок (23) і витрата ДФР на виході з нього, $дм^3/год$;

$$Q_{\text{НФП}}=Q_{\text{УФП}}, \quad (3.30)$$

де $Q_{\text{НФП}}$, $Q_{\text{УФП}}$ – витрати нанофільтраційного і УФ пермеатів, $\text{дм}^3/\text{год}$;

$$Q_{\text{НФР}}=Q_{\text{УФП(II)}} \quad (3.31)$$

де $Q_{\text{НФР}}$, $Q_{\text{УФП(II)}}$ – витрати НФ ретентату і УФ пермеату (II), що додають для забезпечення балансу витрат потоків, $\text{дм}^3/\text{год}$;

$$Q_{\text{НФП}}=DV \cdot Q_{\text{УФР}} \quad (3.32)$$

де $Q_{\text{НФП}}$, $Q_{\text{УФР}}$ – відповідно витрати потоків НФ пермеату і УФ ретентату, що надходять на діафільтрацію, $\text{дм}^3/\text{год}$; $DV = 4 \dots 7$ – діафільтраційний об'єм НФ пермеату, що забезпечує заданий рівень видалення лактози з УФ ретентату.

Для нормальної роботи установки і забезпечення стаціонарного режиму потрібний контроль і управління деякими параметрами, які характеризують потоки. Зокрема, вкрай важливо контролювати концентрацію сухих речовин у наступних потоках: УФ пермеаті і УФ ретентаті; НФ пермеаті і НФ ретентаті.

Концентрація сухих речовин в потоках пов'язана із концентрацією лактози. Вимірювання концентрації сухих речовин і використання спеціальних клапанів забезпечить рециркуляцію основних потоків в окремих мембранних блоках, якщо не буде досягнуто задане значення. Витратоміри, встановлені на відповідних ділянках системи разом з виконавчими механізмами і насосами забезпечують вищезазначене співвідношення потоків.

Таким чином, при роботі установки отримують концентрат маслянки з бажаним вмістом лактози і білка. Однак, при цьому слід враховувати характеристики мембран і робочі параметри мембранних процесів УФ, НФ, які рекомендують їх виробники (t , p , pH).

3.6. Дослідження впливу розчинності кальцію на функціонально-технологічні властивості безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Як відомо з літературних джерел [168–169] розчинність білкових концентратів залежить від концентрації кальцію, що входить до його складу.

Розчинність, отриманого в лабораторних умовах УФ/ДФ (ФК=5), безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки в залежності від різного рівня концентрації кальцію наведений в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Розчинність рідкого ББКМ в залежності від різного рівня концентрації кальцію

Найменування показника	Значення показника розчинності ББКМ при концентрації кальцію:		
	460±0,4 мг%	320±0,4 мг%	300±0,4 мг%
Розчинність, %	92,0	94,0	95,0

Зниження концентрації кальцію у ББКМ, що отриманий УФ/ДФ (ФК=5) до значення 300±0,1мг% призводить до підвищення розчинності концентрату (табл. 3.13), що пояснюється зниженням колоїдного фосфату кальцію при УФ/ДФ та переходом міцели білку у субміцели.

3.6.1. Дослідження розчинності безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Як відомо, у молоці кальцій знаходиться в основному в трьох формах: кальцій, що пов'язаний із білком, у вигляді колоїдних сполук, здебільшого фосфатів, і в істинному розчині у виді іонів [21,168,170].

При ультрафільтрації в залежності від розміру пор мембрани і попередньої підготовки молочної сировини спостерігається загальна закономірність – вміст кальцію в концентраті збільшується пропорційно фактору концентрування за рахунок його нерозчинених форм. Співвідношення форм кальцію (водонерозчинного і водорозчинного) в значній мірі залежить від чинника концентрування і рН молочної сировини [41,46]. При ультрафільтрації кальцій, що знаходиться в істинному розчині водної фази молока, безперешкодно виділяється з ультрафільтратом. При різних значеннях рН і факторах концентрування визначали концентрацію кальцію в концентратах та ультрафільтратах. Дані дослідження є подовженням роботи [170].

Результати експериментів показані графічними залежностями на рис. 3.9.

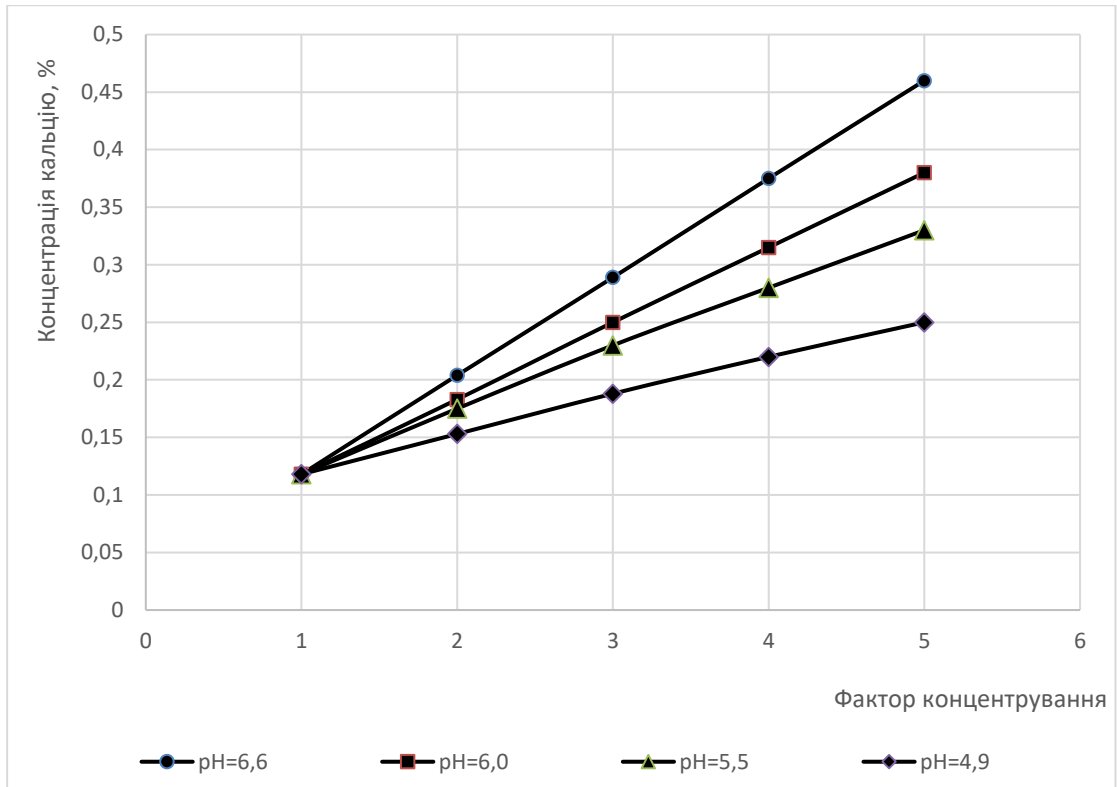


Рис. 3.9. Залежність вмісту кальцію в УФ концентраті при різному рівні рН і фактору концентрування

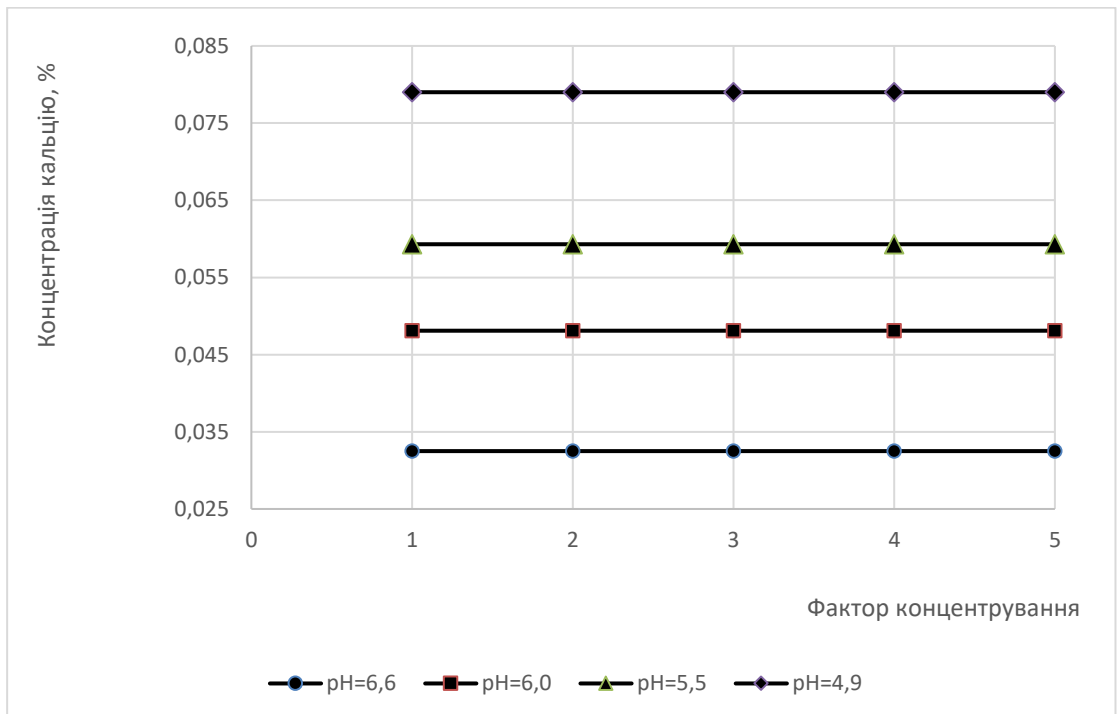


Рис. 3.10. Залежність вмісту кальцію в УФ фільтраті в залежності від рН і фактору концентрування

Встановлено, що при рН 6,6, 6,0, 5,5, 4,9 кальцію у водорозчинній формі визначається відповідно 32,5, 48,1, 59,3 і 79% від концентрації загального кальцію у маслянці. При цьому в ультрафільтрах при будь-якому факторі концентрування вміст кальцію залишається незмінним (рис. 3.10). Закономірність перерозподілу кальцію в маслянці, очевидно, не буде залежати ні від типу, ні від матеріалу мембран.

Таким чином, зниження рН призводить до солубілізації колоїдного кальцію, який переходить при ультрафільтрації маслянки в пермеат. Підкислення маслянки при її ультрафільтрації (ФК=5) до рівня рН=4,9 од. значно знизило вміст кальцію в готовому концентраті з $460 \pm 0,1$ до $250 \pm 0,1$ мг% продукту без впливу на його хімічний склад. Знижений вміст кальцію у білковому концентраті підвищило його розчинність, але зниження рівня рН середовища до 4,9 од. негативно впливало на швидкість потоку через утворення білкового гелю на поверхні мембран, що пояснюється видаленням Са з міцел казеїну і подальше зменшення розміру міцел під час ультрафільтрації маслянки.

Ультрафільтраційне розділення маслянки можна проводити при рівнях рН, що зсунуті в кислу сторону, при яких може мінятися рівновага розчинних і колоїдно нерозчинних форм солей, а відповідно, і мінеральний склад одержаних концентрату і фільтрату.

Емульгувальна здатність ББКМ, отриманого ультрафільтрацією при різному рівні рН середовища наведена на рис. 3.11, стабільність емульсії (емульгувальна стійкість) – на рис. 3.12. Контроль – маслянка-сировина.

Концентрати в залежності від рівня рН мали різну емульгувальну здатність, це обумовлено поверхневими властивостями їх складових частинок (рис.3.11). Маслянка містить різні фракції, здатні до емульгування (наприклад, білки оболонок жирових кульок, β /к-казеїн та сироваткові білки). До того ж фосфоліпиди, що входять до складу маслянки є емульгаторами. Емульгатор утворює оболонку навколо кульок жиру і перешкоджає їх з'єднанню, стабілізуючи таким чином емульсію. рН впливає на перерозподіл білкових частинок на межі поділу і, таким чином, на емульгувальну здатність.

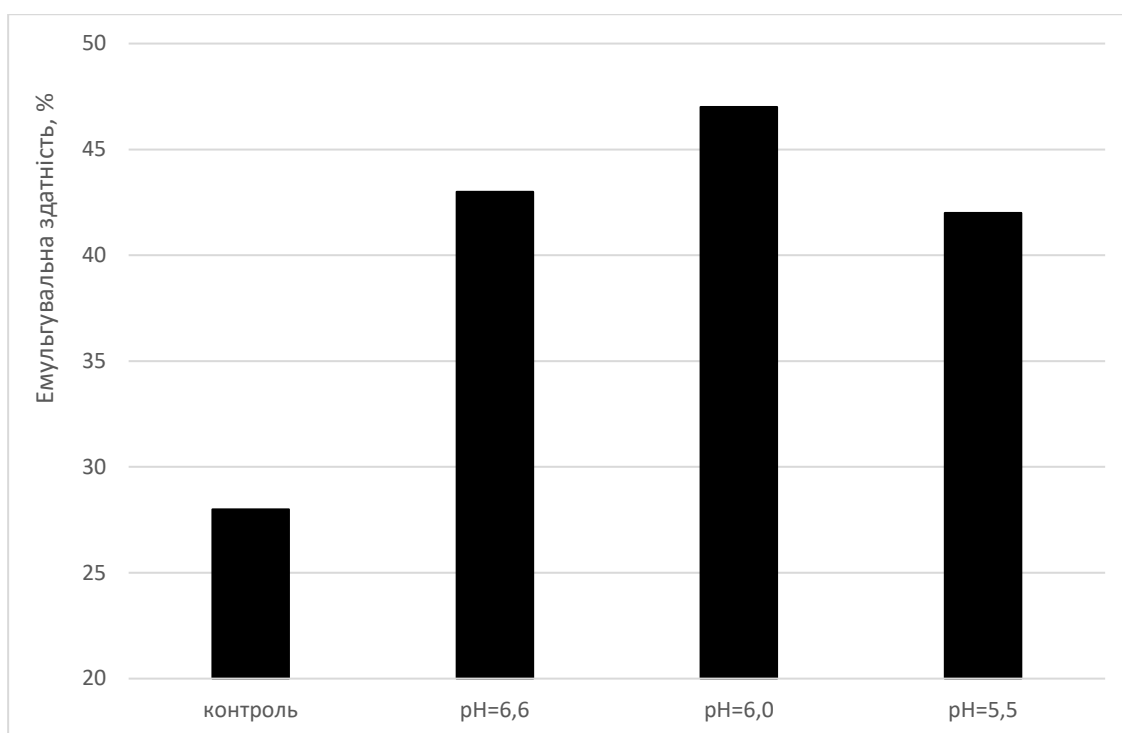


Рис. 3.11. Емульгувальна здатність зразків ББКМ в залежності від зміни рівня рН при ультрафільтрації маслянки

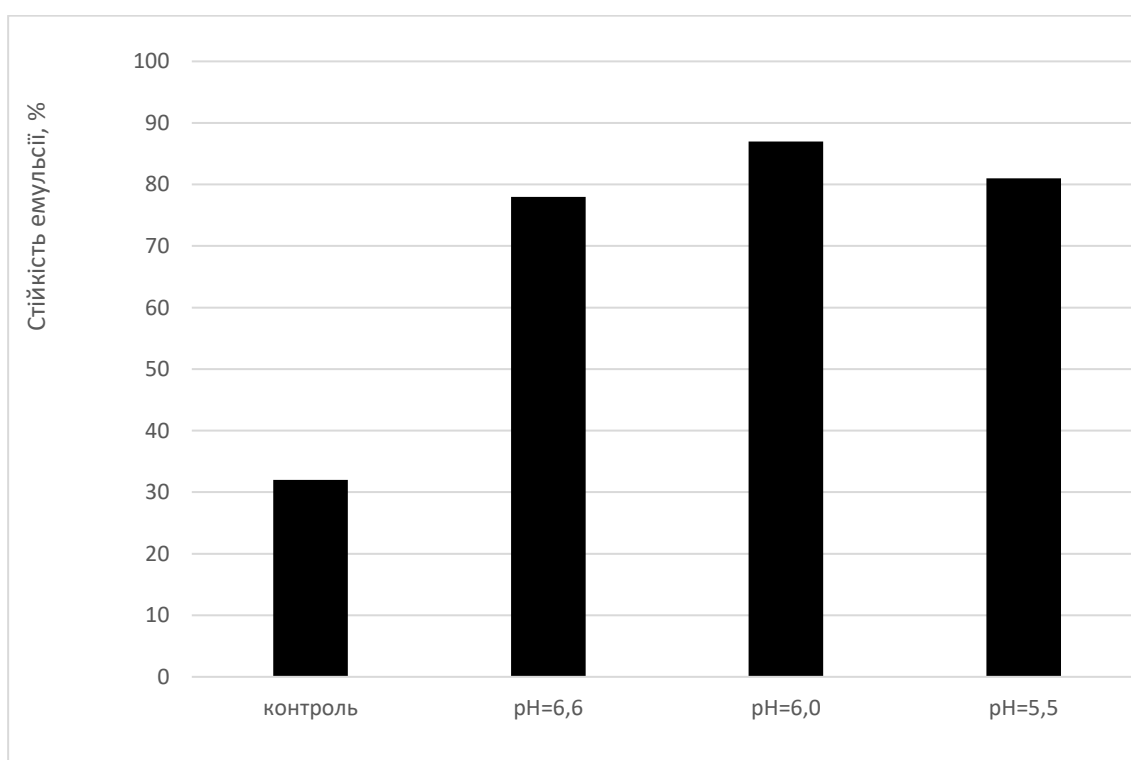


Рис. 3.12. Стійкість емульсії зразків ББКМ в залежності від зміни рівня рН при ультрафільтрації маслянки

Порівняльний аналіз емульгуювальної здатності маслянки-сировини (контроль) та УФ/ДФ концентрату (ФК=5) показує, що концентрат має високі емульгуювальні властивості, що обумовлює доцільність використання його у виробництві збитої десертної продукції, зокрема морозива.

Показник стійкості емульсії одержаного УФ/ДФ (ФК=5) безлактозного концентрату (рН=6,0 од.) вище ніж у маслянці-сировині, що пояснюється підвищенням в'язкості дисперсійного середовища концентрату і проявом високого емульгуювального ефекту білків в системі. Показник стійкості емульсії одержаного УФ/ДФ (ФК=5) безлактозного концентрату підвищується при зниженні рН до 6,0 од. (рис. 3.12). Зниження рівня рН з 6,6 до 6,0 од. підвищило емульгуювальну здатність (на 9,3%) і стабільність емульсії ББКМ (на 11,5%). При зниженні рівня рН до 5,5 од. спостерігалась зворотна тенденція (зниження емульгуювальної здатності та стійкості емульсії). Зниження рівня рН середовища негативно впливало на швидкість потоку через концентраційну і гелеву поляризацію.

Згідно із дослідженнями [41,46] для виключення негативного впливу гелевого шару, що утворюється в період скритої коагуляції білків, слід дотримуватися граничних умов: $\text{pH} > 6,5 - 0,0125 \cdot t$. Якщо процес ультрафільтрації відбувається при температурі 45...50 °С, тоді $\text{pH} > 5,88...5,94$.

Дотримання значення рН при ультрафільтрації маслянки 6,0 од., на думку автора, дозволяє отримати ББКМ з поліпшеними функціональними властивостями (емульгуювальна здатність – 47%; стійкість емульсії – 87%, піноутворювальна здатність – 250% (рис. 3.13), стійкість піни – 100% (рис. 3.14)) без істотного зниження швидкості потоку при мембранному фільтруванні.

Піноутворювальна стійкість підвищилась із зниженням рівня рН до 6,0 од. через зменшення міцел казеїну.

УФ концентрат, що отримували ультрафільтрацією (ФК=5) маслянки (при рН=6,0), піддавали подальшому діафільтраційному обробленню НФ пермеатом допоки не досягались показники рН = 6,56 од.

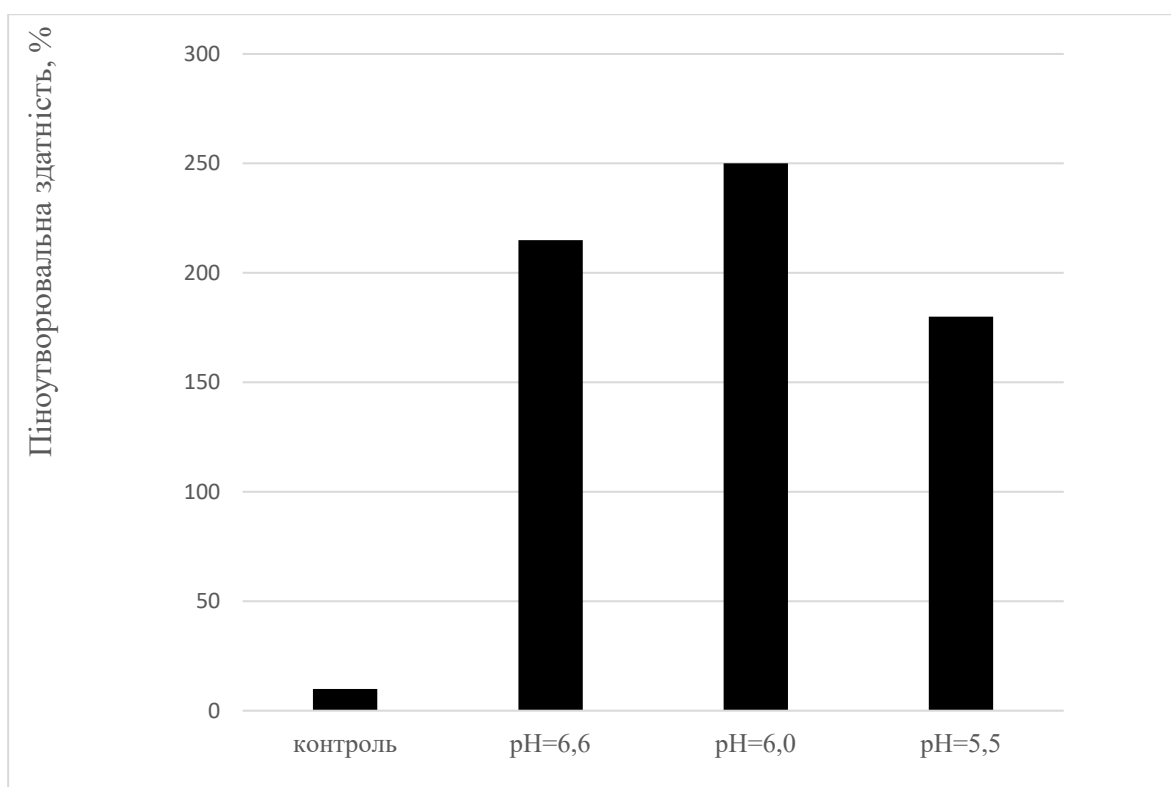


Рис. 3.13. Піноутворювальна здатність зразків ББКМ в залежності від зміни рН при ультрафільтрації маслянки

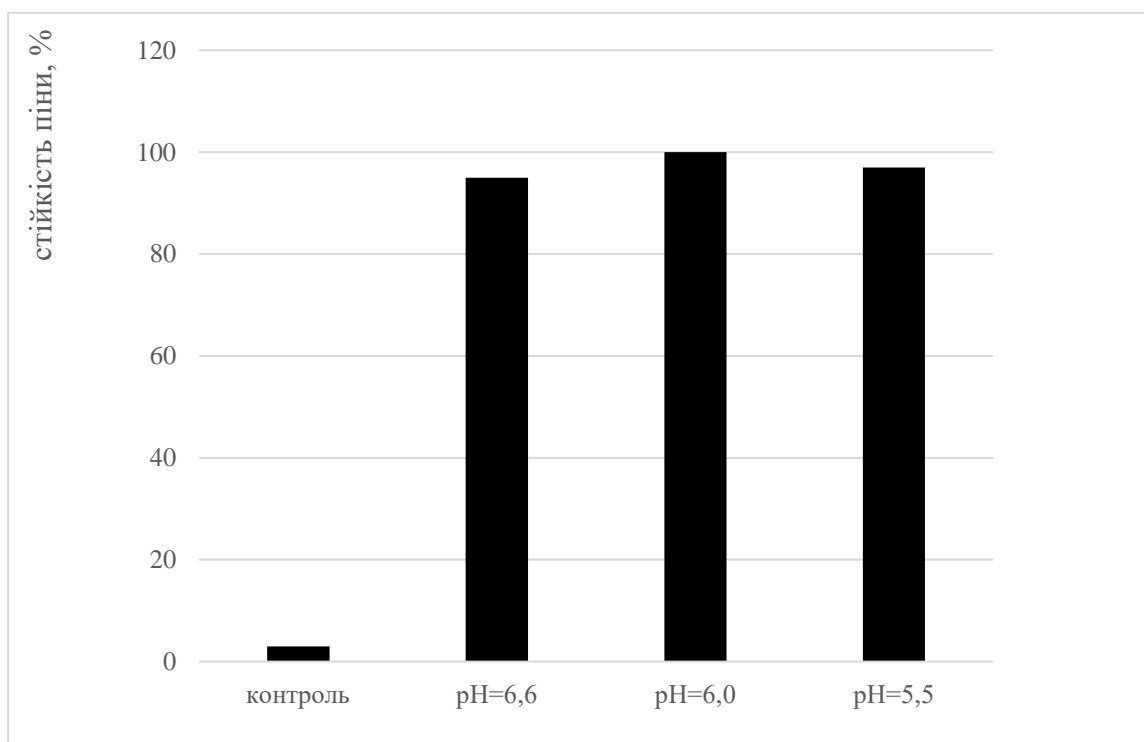


Рис. 3.14. Стійкість піни зразків ББКМ в залежності від зміни рН при ультрафільтрації маслянки

Таким чином, задіяний прийом (підкислення маслянки при ультрафільтрації) дозволив отримати безлактозний білково-ліпідний концентрат із поліпшеними функціональними властивостями і запобігти появі гіркоти в ньому.

3.7. Обґрунтування технологічних параметрів виробництва рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки (ББКМ)

3.7.1. Визначення режиму пастеризації отриманого рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки (ББКМ). Теплове оброблення є визначальним фактором безпечності, якості та придатності продукту до вживання протягом тривалого часу. Режим теплового оброблення впливає на органолептичні, біохімічні, реологічні, структурно-механічні і мікробіологічні показники готового ББКМ. Отриманий рідкий ББКМ необхідно піддавати тепловій обробці, що забезпечує необхідні мікробіологічні показники.

Ефективність теплової обробки – це відношення (%) кількості бактерій, знищених пастеризацією, до кількості бактерій, які містилися в вихідному сирому продукті.

Результати досліджень наведені в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Вибір режиму пастеризації ББКМ (УФ/ДФ при ФК=4, ФК=5)

№	Режими пастеризації	Ефективність пастеризації, %
1	(74±2) °С; 15...20 с	99,95
2	(80±2) °С; 15...20 с	99,98
3	(80±2) °С; б/в	99,97
4	(85±2) °С; 15...20 с	99,99
5	(85±2) °С; б/в	99,99

Всі види режимів теплової обробки концентрату (табл. 3.11) забезпечують високу ефективність пастеризації в межах 99,95...99,99. Оптимальним режимом пастеризації для досліджуваних зразків є режим 80±2 °С з витримкою 15...20 секунд через мінімальні зміни складу і властивостей продукту, до того ж,

ефективність 99,98% вважається достатньою.

Режим для гомогенізації отриманого рідкого ББКМ обрали традиційний для молочних продуктів – 15 МПа при 55...60 °С.

3.7.2. Обґрунтування режимів зберігання рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Готовий рідкий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки після пастеризації підлягав негайному фасуванню в стерилізовану скляну тару, герметичному укупорюванню, охолодженню до 4 ± 2 °С, а потім зберігання, в процесі якого кожен добу контролювали органолептичні, фізико-хімічні показники (активну та титровану кислотність) і мікробіологічні показники через 3, 5 і 8 діб. Змін титрованої та активної кислотності в процесі зберігання готового продукту протягом 8 діб практично не відбувалось.

Органолептичні показники рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки під час зберігання наведено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Органолептичні показники безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки розфасованого у герметичну тару в процесі зберігання

Показники	Характеристика								
	тривалість зберігання, діб								
	Свіжови-роблений	1	2	3	4	5	6	7	8
Смак та запах	чистий, свіжий, властивий пастеризованій маслянці без сторонніх присмаків та запахів							наявність стороннього запаху	
Колір	від білого до світло-жовтого, однорідний по всій масі								
Консистенція	однорідна, ніжна, текуча, слабо в'язка рідина						наявність незначного осаду на дні тари		

Проведений прискорений контроль безпеки рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки і встановлено зміни контамінації МАФАНМ, Е.

coli, coliforms, *Bacillus cereus*, *Listeria*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* в процесі зберігання (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Мікробіологічні показники розробленого виду сушеної продукції після виготовлення і в процесі зберігання (КУО/см³) (n=3; p≥0,95)

Вид продукту	Контамінанти					
	МАФАНМ	<i>E. coli</i> , coliforms	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Listeria</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Свіжовиготовлений рідкий ББКМ	$2,0 \cdot 10^2$	Не виявлено	$0,2 \cdot 10^1$	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Рідкий ББКМ через 3 доби зберігання	$5,80 \cdot 10^2$	Також	$0,2 \cdot 10^1$	Також	Також	Також
Рідкий ББКМ через 5 діб зберігання	$1,40 \cdot 10^3$	-“-	$3,2 \cdot 10^1$	-“-	-“-	-“-
Рідкий ББКМ через 8 діб зберігання	$5,60 \cdot 10^3$	-“-	$1,0 \cdot 10^2$	-“-	-“-	-“-

З огляду на отримані результати, слід зазначити, що за показниками МАФАНМ розроблений продукт відповідає як українським [171–173], так і міжнародним санітарно-гігієнічним вимогам [174], відсутність у посівах *E. coli* і коліформи також підтверджує високий санітарно-гігієнічний стан розробленого продукту.

З збудників харчових отруень виявлено наявність *Bacillus cereus*. З літературних джерел відомо, що наявність *B. cereus* в їжі в кількості 10^3 КУО / см³ може бути причиною спалахів захворювань. Виявлена нами концентрація *B. cereus* на порядки нижче цих показників.



А)



Б)

В)

Г)

Рис. 3.15. Інтенсивність зростання контамінантів в рідкому ББКМ на хромогенних середовищах: А) Compact Dry TC (total count) (МАФАНМ) 1 – МАФАНМ в продукті після зберігання протягом 3 доби, 2 – МАФАНМ в продукті після зберігання протягом 5 діб, 3 – МАФАНМ в продукті після зберігання протягом 8 діб; Б) Compact Dry X-BC (*Bacillus cereus*) – в продукті після зберігання протягом 5 діб; В) Compact Dry PA (*Pseudomonas aeruginosa*) в продукті після зберігання протягом 5 діб; Г – Compact Dry LS (*Listeria*) – в продукті після зберігання протягом 5 діб.

Результати проведених досліджень дають можливість стверджувати, що гарантований термін зберігання досліджуваного продукту – не більше 5 діб.

3.7.3. Опис технології виробництва безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Технологічна схема одержання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки наведена на рис. 3.17.

Для одержання рідкого молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянку-сировину пастеризують 5...10 хвилин при 85...87 °С. Потім охолоджують до 45...50 °С, змішують з 80%-им розчином молочної кислоти до рН суміші 6,0 і проводять ультрафільтрацію при $P = 0,15...1,0$ МПа, з фактором концентрування (ФК) від 3 до 5, в результаті якої одержують УФ-ретентат маслянки та УФ-пермеат маслянки. УФ-пермеат піддають нанофільтрації при $P = 1,5...2,6$ МПа з ФК = 4...6, для одержання безлактозного НФ-пермеату, що містить мінеральні речовини, а отриманий НФ-ретентат йде на виробництво молочного цукру. УФ-ретентат, для очищення від лактози, піддають діафільтраційному обробленню НФ-пермеатом при $P = 0,15...1,0$ МПа (діаоб'єм = 7), який отримують при змішуванні пермеатів даного (УФ пермеат (I)) і стороннього (УФ пермеат (II)) на підставі загальних залежностей при змішуванні розчинів. В результаті діафільтрації отримують ДФ-ретентат (рідкий молочний безлактозний білково-ліпідний концентрат) і ДФ-пермеат, який знову подають на нанофільтрацію, або направляють на виробництво молочного цукру. ДФ-ретентат гомогенізують при температурі 55...60 °С і тиску 15 МПа, пастеризують 15...20 секунд при температурі 80 °С, охолоджують до температури 2...6 °С, фасують, пакують, маркують та зберігають не більше 5 діб при температурі 2...6 °С та відносній вологості повітря 85...90%.

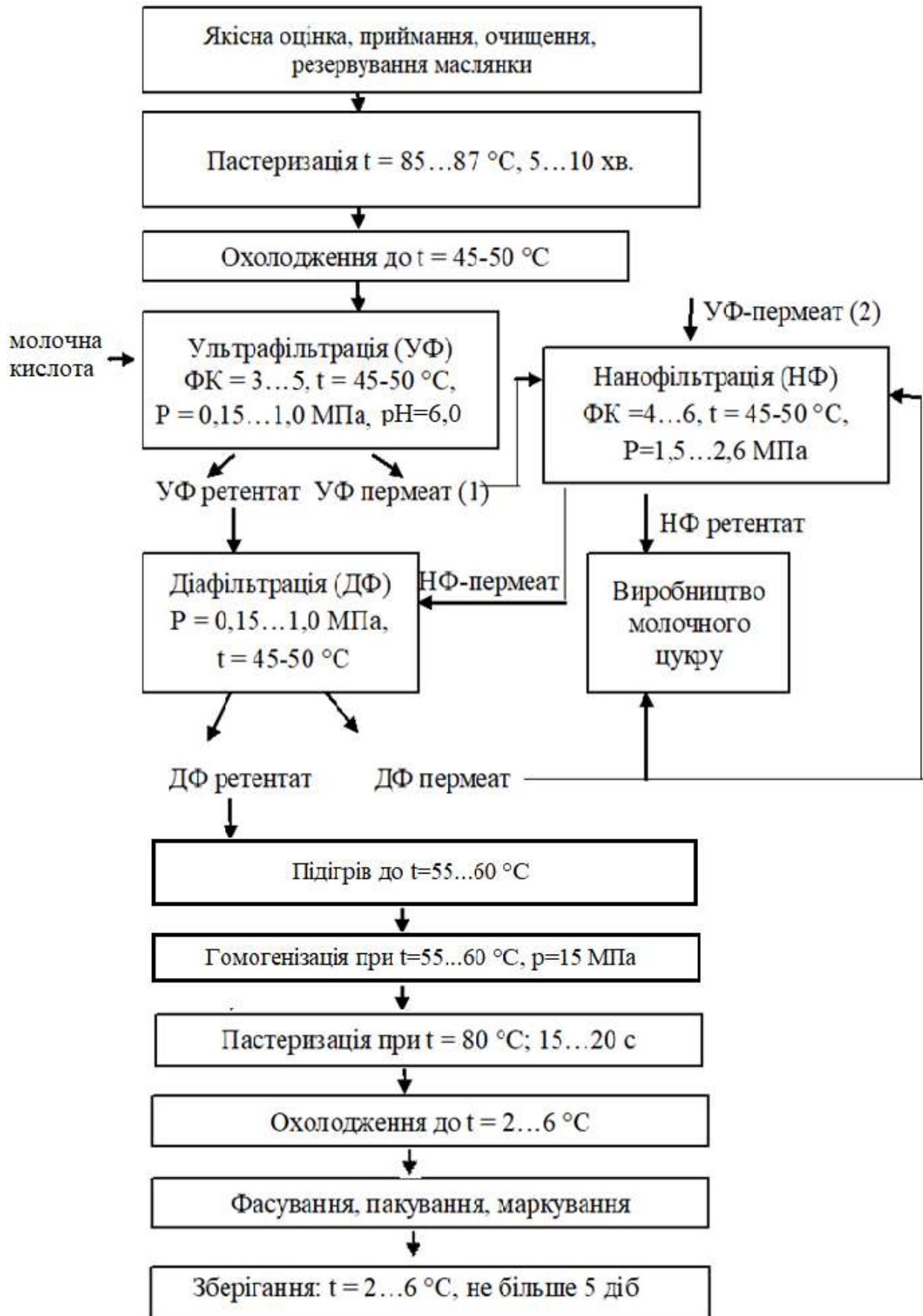


Рис. 3.17. Схема одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату

3.7.4. Визначення показників якості одержаних безлактозних білково-ліпідних концентратів маслянки. Хімічний склад безлактозних концентратів, одержаних діафільтрацією (DV=7) УФ ретентатів (ФК=4...5) НФ пермеатом (ФК=5) наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Хімічний склад безлактозних білково-ліпідних концентратів маслянки

Найменування показника	Маслянка-сировина	ББКМ, одержаний діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату маслянки, отриманого ультрафільтрацією при	
		ФК=4	ФК=5
Масова частка сухих речовин, %, зокрема:	9,0±0,01	15,10±0,01	18,76±0,01
масова частка білків, %	3,2±0,05	12,74±0,05	16,01±0,05
масова частка лактози, %	4,50 ± 0,01	сліди	сліди
масова частка жиру, %	0,40±0,01	1,61±0,01	2,03±0,01
вміст фосфоліпідів, мг/100 г	129,89±0,03	428,64±0,03	558,52±0,03
масова частка золи, %	0,70±0,09	0,70±0,09	0,70±0,09
вміст кальцію, мг/100 г	118±0,1	283,07±0,1	347,55±0,1

Отже, отримані рідкі білкові безлактозні концентрати маслянки мають заданий склад нутрієнтів (білків, жирів, золи, лактози), а саме: білків від 12 до 16%, ліпідів – 1,5...2,0%, мінеральний склад 0,7±0,09%, лактоза – відсутня. ББКМ мають підвищений вміст фосфоліпідів, які покращують показники холестерину в крові, знижують ризик розвитку серцево-судинних захворювань.

Антиоксидантна активність одержаних рідких ББКМ наведена на рис. 3.18.

Встановлено, що антиоксидантна активність зразків із збільшенням фактору концентрування при ультрафільтрації підвищувалась, що пов'язано із збільшенням концентрації білків (особливо тих, що містять сірковмісні амінокислоти) та фосфоліпідів. Їх активність в 1,2...1,6 разів вища у порівнянні з масляною-сировиною, активність якої становить 220 умовних одиниць.

Амінокислотний склад безлактозного концентрату маслянки, що одержаний ультрафільтрацією/діафільтрацією (ФК=5) наведений в табл. 3.15.

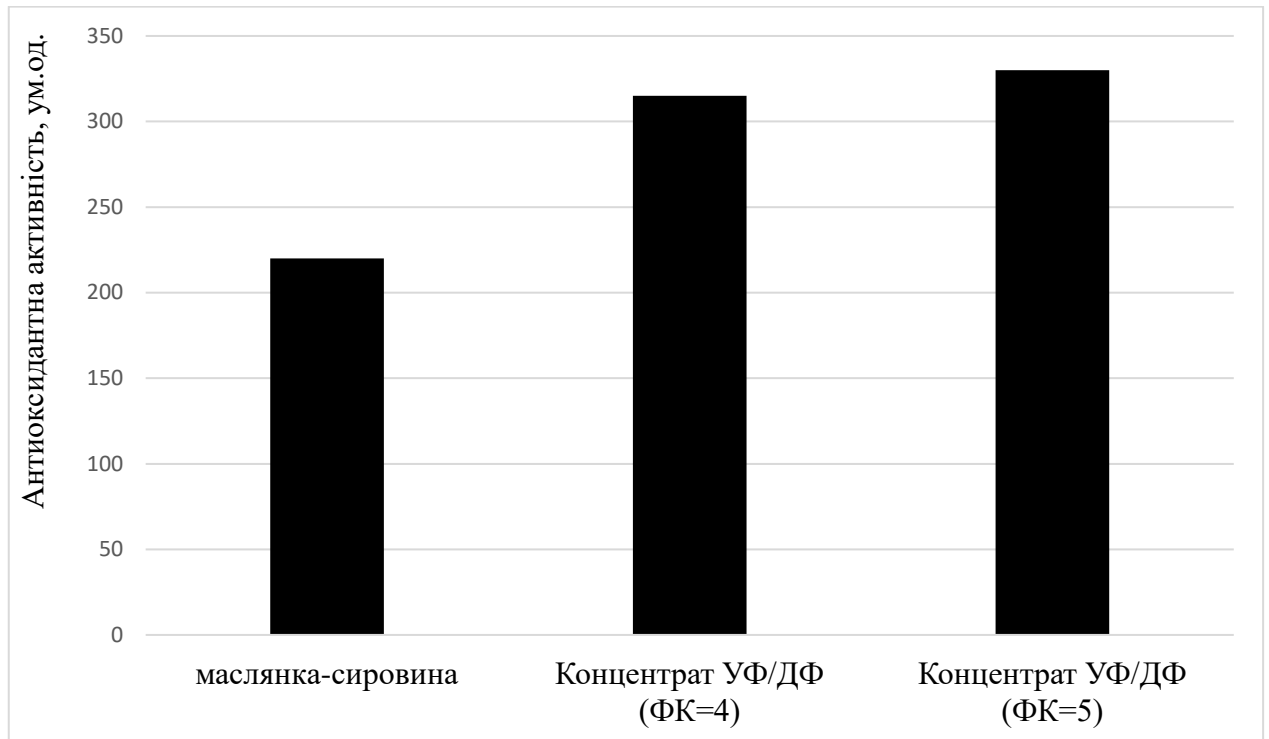


Рис. 3.18. Антиоксидантна активність зразків ББКМ, одержаних УФ/ДФ при ФК 4 і ФК 5

Таблиця 3.15

Амінокислотний склад білків маслянки та безлактозного концентрату
(мг/1 г білку)

Амінокислота	Вміст амінокислоти, мг/1 г білку маслянки	Вміст амінокислоти, мг/1 г білку рідкого ББКМ	Амінокислотний СКОР рідкого ББКМ, %
Вміст білка, %	3,2±0,05	16,01±0,05	
Незамінні амінокислоти			
Триптофан	12,41±0,06	12,41±0,05	124,13
Лізин	71,70±0,05	71,63±0,06	130,23
Треонін	45,13±0,04	45,13±0,05	112,83
Валін	60,28±0,06	60,28±0,06	120,56
Метіонін+цистін	35,53±0,07	35,50±0,08	101,42
Ізолейцин	50,028±0,09	49,53±0,10	123,82
Лейцин	91,37±0,10	90,46±0,11	129,22
Фенілаланін+тірозин	91,86±0,07	91,77±0,08	152,95
Всього	458,32±0,72	456,70±0,76	
Замінні амінокислоти			
Гістидін	26,44±0,09	26,44±0,08	

Продовження табл. 3.15

Амінокислота	Вміст амінокислоти, мг/1 г білку маслянки	Вміст амінокислоти, мг/1 г білку рідкого ББКМ	
Аргінін	32,30±0,08	32,29±0,08	
Аспарагінова кислота	74,37±0,07	74,36±0,06	
Серин	57,73±0,09	57,15±0,10	
Глутамінова кислота	162,43±0,08	162,41±0,08	
Пролін	89,68±0,10	89,59±0,09	
Гліцин	16,53±0,09	16,51±0,10	
Аланін	30,06±0,07	30,03±0,07	
Загальна кількість амінокислот	947,85±0,19	945,50±0,20	

У білках концентрату превалювали (табл. 3.15) серед незамінних амінокислот: фенілаланін+тирозин, лейцин і серед замінних амінокислот: глутамінова кислота, пролін, аспарагінова кислота. У невеликих кількостях присутні метіонін+цистеїн, гліцин і гістидин. Решта амінокислот в кількісному вираженні займали проміжне положення. Отриманий ББКМ має високу біологічну цінність. Лімітуючих амінокислот в концентраті немає.

Жирнокислотний склад безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, що отриманий УФ/ ДФ (ФК=5), наведений в табл. 3.16.

Таблиця 3.16

Жирнокислотний склад безлактозного концентрату маслянки, %

Жирні кислоти	Вміст	Жирні кислоти	Вміст
Насичені		Ненасичені	
Масляна (C _{4:0})	4,33±0,10	Капролеїнова (C _{10:1})	0,22±0,01
Капронова (C _{6:0})	2,47±0,05	Міристолеїнова (C _{14:1})	1,20±0,01
Каприлова (C _{8:0})	1,33±0,18	Пальмітолеїнова (C _{16:1})	1,38±0,07
Капринова (C _{10:0})	3,30±0,52	Олеїнова (C _{18:1}) <i>цис</i>	20,46±0,80
Лауринова (C _{12:0})	3,89±0,40	Олеїнова (C _{18:1}) <i>транс</i>	2,46±0,02
Міристинова (C _{14:0})	11,34±0,31	Лінолева (C _{18:2}) <i>цис</i>	1,94±0,02
Пентадеканова (C _{15:0})	1,29±0,07	Лінолева (C _{18:2}) <i>транс</i>	0,10±0,01
Ізопентадеканова (C _{15:0})	0,42±0,01	Ліноленова γ (C _{18:3})	0,20±0,01
Ізопальмітинова (C _{16:0})	0,29±0,01	Ліноленова α (C _{18:3})	1,10±0,01
Пальмітинова (C _{16:0})	29,64±1,24	Гадолеїнова (C _{20:1})	0,12±0,01

Продовження табл. 3.16

Жирні кислоти	Вміст	Жирні кислоти	Вміст
Маргарінова (C _{17:0})	0,63±0,02	Арахідонова (C _{20:4})	0,21±0,01
Стеаринова (C _{18:0})	11,12±0,10	Ейказапентаєнова (C _{20:5})	0,12±0,01
Арахінова (C _{20:0})	0,10±0,01	Докозапентаєнова (C _{22:5})	0,22±0,03
Бегенова (C _{22:0})	0,07±0,03	Докозагексаєнова (C _{22:6})	0,05±0,009
Всього	∑70,22		∑29,78

Вміст насичених жирних кислот (ЖК) в концентраті був високим (70,22%) через високий вміст міристинової (C_{14:0}), пальмітинової (C_{16:0}) і стеаринової (C_{18:0}) жирних кислот. Серед мононенасичених ЖК (25,84%) переважала олеїнова кислота (C_{18:1}), тоді як вміст поліненасичених ЖК був низьким (3,94% від загальної кількості жирних кислот). Серед поліненасичених жирних кислот переважали лінолева (C_{18:2}) і ліноленова кислоти (C_{18:3}).

Таким чином, одержаний концентрат із збереженням вихідних мінеральних речовин, збагаченого білками та жирами (в тому числі, фосфоліпідами) може бути використаний для подальшого промислового перероблення в якості білково-ліпідної основи у виробництві харчових продуктів, в тому числі, при виробництві низьколактозних та безлактозних молочних продуктів, а саме морозива, що дозволяє підвищити функціональні властивості продукту на його основі.

Для подальших досліджень обрані білкові безлактозні концентрати маслянки з підвищеним вмістом білків (12,74...16,01%), що отримані діяфільтрацією (DV=7) УФ концентратів при ФК=4 та ФК=5.

На підставі отриманих експериментальних даних було проведено промислову апробацію випуску дослідних партій рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки в умовах Тульчинської філії ТОВ «ТЕРРА ФУД» (м. Тульчин, Вінницька область). Промислові випробування, що підтверджені актами (див. Додатки 3), доводять перспективність впровадження пропонованої технології. На нові види безлактозних концентратів розроблена нормативна документація – ТУ У 15.5-36759161–008:2019 «Концентрати білкові молочні безлактозні рідкі», ТІ до ТУ У 15.5–36759161–008:2019.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. В результаті теоретичних досліджень отримані прості математичні вирази, які дозволяють оцінити основні показники ефективності діяфільтрації концентрату маслянки: тривалість процесу, об'єм розчинника (діяфільтраційний об'єм) і ступінь очищення від лактози.

2. Середня продуктивність мембран при діяфільтрації із застосуванням НФ пермеату склала $8 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Хімічний склад концентрату маслянки до і після діяфільтрації і хімічний склад НФ пермеату маслянки доводять, що селективність мембран ВПУ-15 по лактозі склала 5 %. Мінеральний склад НФ пермеату на рівні 0,7 % відповідав мінеральному складу концентрату маслянки і не впливав на цей показник в ході процесу.

3. Найбільш ефективними процесами діяфільтрації є періодичний з безперервним розведенням і безперервний з перехресним потоком НФ пермеату. Для них час процесу склав 4,8 год, а об'єм розчинника (діяфільтраційний об'єм) 384 л на вихідні 10 л концентрату маслянки, кінцева концентрація лактози після очищення склала 0,15 %.

4. Мембранна обробка концентрату маслянки методом діяфільтрації є ефективним прийомом для видалення лактози. Якщо в якості буфера при діяфільтрації застосовувати НФ пермеат УФ пермеату маслянки, можна регулювати вміст лактози в ретентаті.

5. Тестування нових нанофільтраційних мембран для обробки УФ пермеату показало хороші результати проникності в діапазоні робочих тисків 1,0...2,0 МПа і високу селективність по лактозі.

6. Практична реалізація розробленого способу видалення лактози можлива. Характеристики мембран ВПУ-15 (селективність по лактозі $R = 1\%$; по солям $R = 0\%$, питома продуктивність по фільтрату $G = 10 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$) і ОПМН-П (селективність по лактозі $R=99,7\%$; по солям $R=0\%$, питома продуктивність по фільтрату $G = 15 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$) достатні для забезпечення безперервності процесу і бажаної якості кінцевого продукту. Для нормального функціонування установки

необхідний контроль і управління концентрації сухих речовин і витрати потоків УФ пермеату, УФ ретенту і НФ пермеату, НФ ретентату.

7. Співвідношення витрат потоків установки можна змінити в залежності від необхідної концентрації лактози в кінцевому продукті.

8. Розроблено технологію і технологічну схему виробництва рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Обґрунтовані режими: ультрафільтрація при $P = 0,15 \dots 1,0$ МПа, з фактором концентрування (ФК) 4...5; діафільтраційне оброблення НФ фільтратом при $P = 0,15 \dots 1,0$ МПа (діаоб'єм = 7); раціональний режим пастеризації – 80 ± 2 °С з витримкою 15...20 с; гарантований термін зберігання досліджуваного продукту – 5 діб.

9. Отриманий рідкий білковий безлактозний концентрат маслянки має підвищений вміст сухих речовин, має високі біологічну цінність (лімітуючих амінокислот у маслянці-сировині і в концентраті немає) і антиоксидантну активність 315...330 ум.од., що в 1,2...1,6 разів вища у порівнянні з маслянкою-сировиною.

РОЗДІЛ 4

ОТРИМАННЯ СУХОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ

Отримані безлактозні молочно-білкові концентрати у рідкому стані мають обмежений термін зберігання, оскільки являють собою високопоживне середовище для розвитку мікроорганізмів і швидко псуються. Тому виробництво сухих безлактозних молочно-білкових концентратів має тенденцію до зростання. Подовжений термін зберігання підвищує їх попит на світовому ринку і розширює їх застосування в інших галузях харчової промисловості.

Для виявлення можливості одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки використали метод сушіння на інертних носіях.

4.1. Дослідження процесу сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Вид та принципіальна схема сушильної установки завислого шару інертних носіїв наведені на рис.2.6, 2.7.

В якості інертного носія використовували фторопласт-4 – матеріал білого кольору, не змочується водою і не набухає в ній, стійкий до розчинників та високих температур.

При застосуванні фторопластових кубиків розміром грані 5 мм відбувається краще перемішування інертного матеріалу, не спостерігається екранування поверхні випаровування кубиків; поверхня випаровування в 2 рази вища, ніж при використанні кубиків з розміром грані 10 мм, підвищується потужність установки.

Дослідження гідродинаміки завислого шару інертного матеріалу проводили при його завантаженні в сушильну камеру в кількості від 2 до 4 кг [175].

На рис. 4.1 та 4.2 наведені графіки залежності гідравлічного опору від швидкості теплоносія.

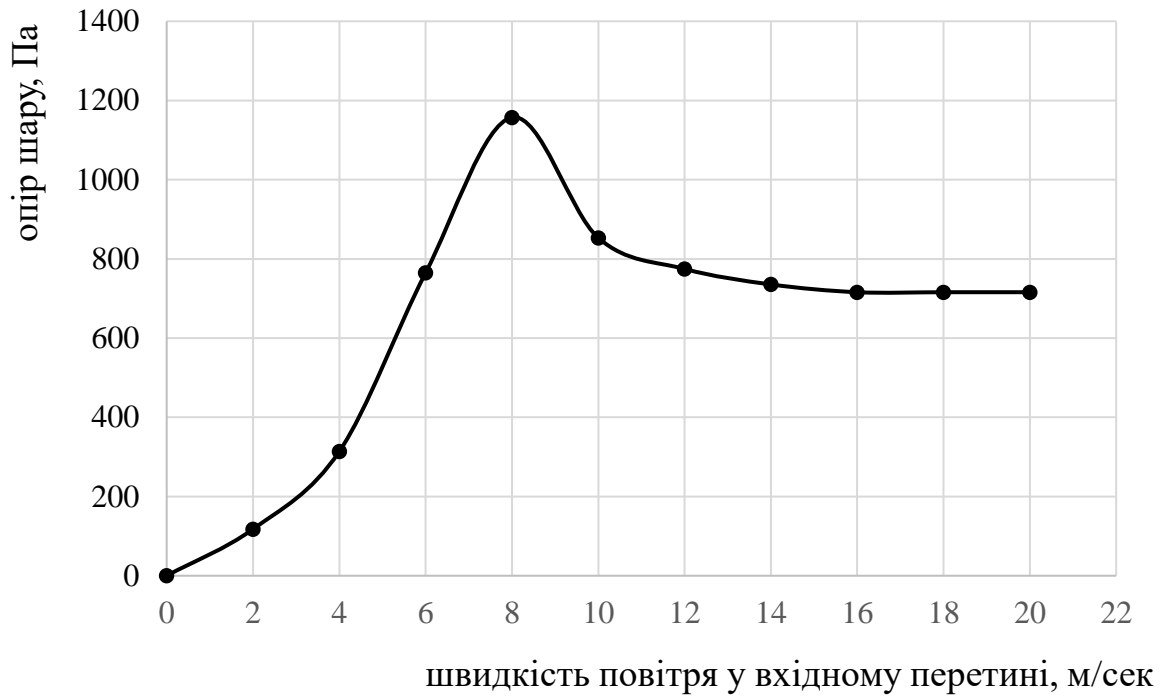


Рис. 4.1. Залежність гідравлічного опору від швидкості теплоносія (кількість інертного носія 3 кг)

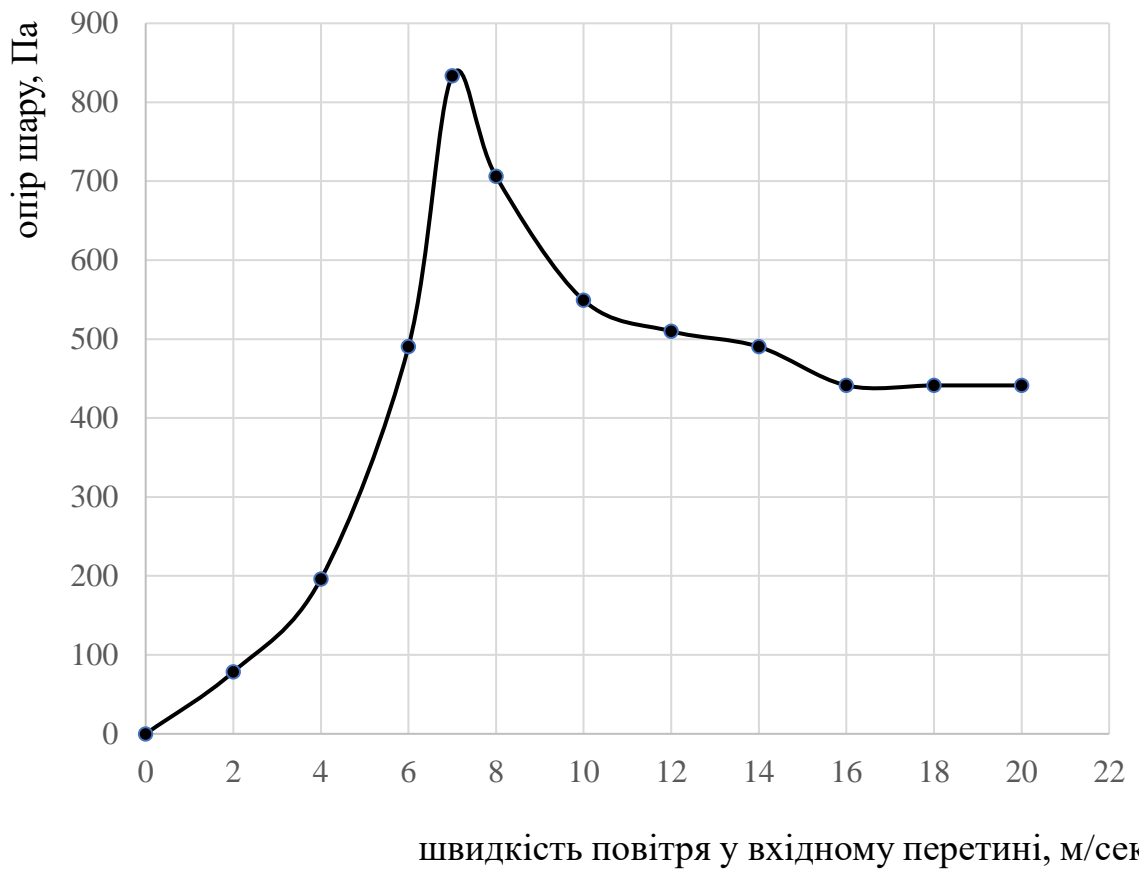


Рис. 4.2. Залежність гідравлічного опору від швидкості теплоносія (кількість інертного носія 2 кг)

Аналізуючи графіки на рис. 4.1 та 4.2, встановили, що максимальний гідравлічний опір шару складає 833,56 і 1176,8 Па відповідно для 2 і 3 кг інертного носія. Цим значенням відповідала швидкість повітря 7,0 і 8,0 м/с. Швидкість стійкого фонтанування (або робоча швидкість) – 15 м/с. При цьому опір шару складав 441,3 і 735,5 Па для 2 і 3 кг інертного носія. При 4 кг інертного носія гідравлічний опір підвищувався до 2206,5 Па і напір вентилятора установки не забезпечував режиму стійкого фонтанування. В подальшому всі досліді проводили при робочій швидкості 15 м/с і кількості інертного носія 3 кг.

Досліді щодо впливу температури теплоносія на процес сушіння проводили при наступних параметрах: концентрація розчину – 20 %; кількість інертного носія – 3 кг; швидкість теплоносія – 15 м/с. Температуру теплоносія змінювали від 100 до 160 °С з інтервалом 10 °С.

Вплив температури теплоносія на вологість і розчинність продукту та продуктивність установки показано в табл. 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1

Вплив температури теплоносія на показники якості сухого ББКМ

№ досліді	Температура теплоносія, °С	Вологість, %	Розчинність, %
1	90	6,12	92,0
2	100	5,46	93,0
3	110	4,95	95,0
4	120	4,34	96,0
5	130	3,89	96,0
6	140	3,49	92,0
7	150	3,41	87,0
8	160	3,40	78,0

При температурі теплоносія вище 110 °С розчин, потрапляючи на інертний носій, висихав миттєво і вихід сухого порошку спостерігався відразу ж після подачі розчину. Зниження температури нижче 100 °С не дозволяє успішно використовувати фонтануючий шар, тому що при цих температурах тривалість сушіння збільшується і внаслідок нарощування товщини шару підсушеного розчину на поверхні інертного матеріалу зростає опір інертних тіл, що веде до порушення структури фонтануючого шару.

Таблиця 4.2

Вплив температури теплоносія на потужність сушарки

№ досліду	Температура теплоносія, °С	Потужність за розчином, дм ³ /год.
1	90	0,8
2	100	0,9
3	110	1,0
4	120	1,2
5	130	1,9
6	140	2,0
7	150	2,2
8	160	2,4

З табл. 4.1 і 4.2 видно, що підвищення температури теплоносія від 100 до 160 °С збільшує продуктивність установки при незмінних інших параметрах. Із збільшенням температури теплоносія вологість готового продукту знижується. Застосування температури теплоносія більше 150 °С веде до потемніння продукту. При температурі сушильного агента більше 130 °С знижується розчинність продукту. Це пов'язано насамперед із змінами білків ББКМ. Зниження розчинності пояснюється денатурацією білків. Крім того, при сушінні в результаті фізико-хімічних процесів випадає осад фосфат кальцію, виділяється із жирових кульок вільний жир, що теж негативно впливає на розчинність. При температурах сушильного агента 90...100 °С продукт виходить із сушарки із підвищеним вмістом води (більше 5 %).

Таким чином максимальна температура сушильного агента повинна становити 125...130 °С. Кінцева температура продукту в цьому випадку складає – 55...60 °С.

Вплив концентрації розчину рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки на процес сушіння. Сушили розчин ББКМ з концентрацією від 15 до 30 % з інтервалом 5 %; швидкість теплоносія – 15 м/с; температура сушильного агента – 130 °С; кількість інертного носія – 3 кг. Температура концентрату перед сушінням – 65...70 °С.

Результати дослідів зведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Вплив концентрації розчину ББКМ на потужність сушарки

№ досліджу	Концентрація розчину ББКМ, %	Вологість, %	Потужність за розчином, дм ³ /год.
1	15,0	3,69	1,3
2	20,0	3,89	1,9
3	25,0	5,25	2,2
4	30,0	6,22	2,4

Результати дослідів показують, що зі збільшенням концентрації розчину ББКМ продуктивність установки збільшується (табл. 4.3). Це пояснюється тим, що з підвищенням концентрації розчину процес сушіння відбувається інтенсивніше за рахунок зниження кількості вологи, що випаровується, розміри сухих частинок зменшуються. При концентрації вище 25 % розчин має в'язку консистенцію, що ускладнює розпилення вихідного продукту в сушильній установці (впливає на розмір краплі при розпилюванні), а отриманий продукт має підвищений вміст вологи.

Таким чином, в результаті лабораторних досліджень визначені попередні показники щодо раціонального режиму сушіння ББКМ у завислому шарі із інертних носіїв: температура повітря на вході 125...130 °С; температура продукту на виході з сушарки – 55...60 °С; швидкість повітря у вхідному перетині – 15...20 м/с; масова частка сухих речовин у вхідному концентраті – не більше 20 %; кінцева вологість сухого ББКМ – не більше 5,0 %.

Висушений за даних умов ББКМ має високу якість, що підтверджується результатами досліджень, що наведені в табл. 4.4–4.7.

4.2. Визначення показників якості отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Отриманий сухий ББКМ – дрібний порошок, що має білий з легким кремовим відтінком колір, чистий, молочний смак та запах, без сторонніх присмаків і запахів.

Хімічний склад сухого ББКМ наведений в табл. 4.4, амінокислотний склад білків – табл. 4.5, мікробіологічні показники – табл. 4.6.

Таблиця 4.4

Хімічні показники сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Найменування показника	Значення	
	дослідні зразки сухого ББКМ, отриманого УФ/ДФ при:	
	ФК=4	ФК=5
Масова частка вологи, %	4,71±0,01	4,19±0,01
Масова частка жиру, %	10,24±0,01	10,37±0,01
Вміст фосфоліпідів, мг/100 г	2315,34±0,03	2424,9±0,03
Масова частка білків, %	80,54±0,05	81,81±0,05
Масова частка золи, %	4,45±0,07	3,58±0,07
Вміст кальцію, мг/100 г	1443,19±0,1	1775,91±0,1
Масова частка лактози, %	0,064±0,01	0,051±0,01

Отримані зразки сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки майже не містять лактозу, мають високий вміст жиру і білку.

Таблиця 4.5

Амінокислотний склад білків сухого ББКМ

Амінокислота	Вміст амінокислоти, мг/1 г сухого ББКМ	Амінокислотний СКОР, %
Незамінні амінокислоти		
Триптофан	12,29±0,06	122,88
Лізин	70,20±0,05	127,63
Треонін	44,23±0,04	110,57
Валін	59,68±0,06	119,36
Метіонін+цистін	35,14±0,07	100,40
Ізолейцин	49,03±0,09	122,58
Лейцин	89,55±0,10	127,93
Фенілаланін+тірозин	90,85±0,07	151,42
Всього	450,97±0,72	
Замінні амінокислоти		
Гістидін	25,65±0,09	
Аргінін	31,65±0,08	
Аспарагінова кислота	72,88±0,07	
Серин	57,09±0,09	

Продовження табл. 4.5

Амінокислота	Вміст амінокислоти, мг/1 г сухого ББКМ	Амінокислотний СКОР, %
Глютамінова кислота	165,66±0,08	
Пролін	87,80±0,10	
Гліцин	16,02±0,09	
Аланін	29,43±0,07	
Загальна кількість амінокислот	937,14±0,19	

Лімітуючих амінокислот в сухому безлактозному білково-ліпідному концентраті маслянки немає (табл. 4.5), що підтверджує високу біологічну цінність отриманого сухого концентрату.

Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, а саме, змочуванність, відносна швидкість розчинення, насипна щільність, в'язкість відновленого ББКМ, емульгувальна здатність, стійкість емульсії, піноутворювальна здатність, стійкість піни, наведені в додатку Г. Рекомендації щодо відновлення сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки наведені в додатку Д.

4.3. Обґрунтування режимів зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

В процесі зберігання можливі подальші фізико-хімічні зміни складових частин сухих молочних білкових концентратів, в результаті яких змінюються розчинність, колір, смак, тощо. Стійкість сухих молочних концентратів при зберіганні визначається, в першу чергу, вмістом в них вологи, вільного жиру, а також умовами зберігання (герметичність упаковки, температура і вологість навколишнього повітря тощо). Термін придатності зразків сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки визначали за змінами органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показниками та ступенем окиснення жиру [90,181,182].

Зміна розчинності в залежності від температури зберігання наведені в табл. 4.7 [182]. Сухий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки (ББКМ) зберігали при температурі 0...45 °С з інтервалом 10 °С і відносній вологості повітря не вище 65%. Зразки зберігали упакованими у чотири шарові крафт-мішки з поліетиленовими вкладками, горловину мішків заварювали.

Таблиця 4.7

Вплив температури зберігання на розчинність сухого ББКМ

Температура зберігання сухого ББКМ, °С	Розчинність, %
0	97
10	97
15	97
25	97
35	95
45	92

Як видно з табл. 4.7, розчинність ББКМ погіршувалася при зберіганні при температурах вище 25 °С, що пов'язано із змінами білкової та жировою фазами.

Вплив температури зберігання на розчинність сухого ББКМ (термін зберігання 3 місяці) наведені в табл. 4.7, органолептичні показники сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки під час зберігання при температурі 15 °С – табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Органолептичні показники сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки під час зберігання при температурі 15 °С

Назва показника	Свіжовироблений сухий ББКМ	Зміна показників за тривалості зберігання			
		через 3 місяців	через 6 місяців	через 9 місяців	через 12 місяців
Смак і запах	чистий, смак, виражений молочний запах	без зміни		наявність гіркого смаку	
Консистенція	сухий дрібний порошок	без зміни			
Колір	білий з легким кремовим відтінком	без зміни		кремовий	

Згідно даних табл. 4.8 не відбувалось змін органолептичних показників протягом 6 місяців. Через 9 місяців в продукті з'явився гіркий смак, що обумовлено пептизацією білків, і утворенням альдегідів, кетонів, кето- і оксикислот в результаті окислення ненасичених жирних кислот та колір продукту змінився на кремовий.

Ступень окиснення жирової фази, що виділена із сухого ББКМ, визначали по наростанню пероксидних чисел при зберіганні концентрату протягом 9 міс. при температурах 10...30 °С з шагом 10 °С (рис. 4.4).

Ступінь окиснення оцінювали відповідно до методики, що характеризує псування молочного жиру в чотирьох категоріях («свіжий», «свіжий, але не підлягає зберіганню», «сумнівної свіжості» і «зіпсований») в залежності від величини пероксидних чисел. Молочний жир, що має значення пероксидного числа нижче за 0,03 % йоду вважається свіжим, 0,03...0,06 % йоду – свіжим, але не підлягає зберіганню, 0,06...0,1 % йоду – сумнівної свіжості, вище 0,1 % йоду - зіпсований.

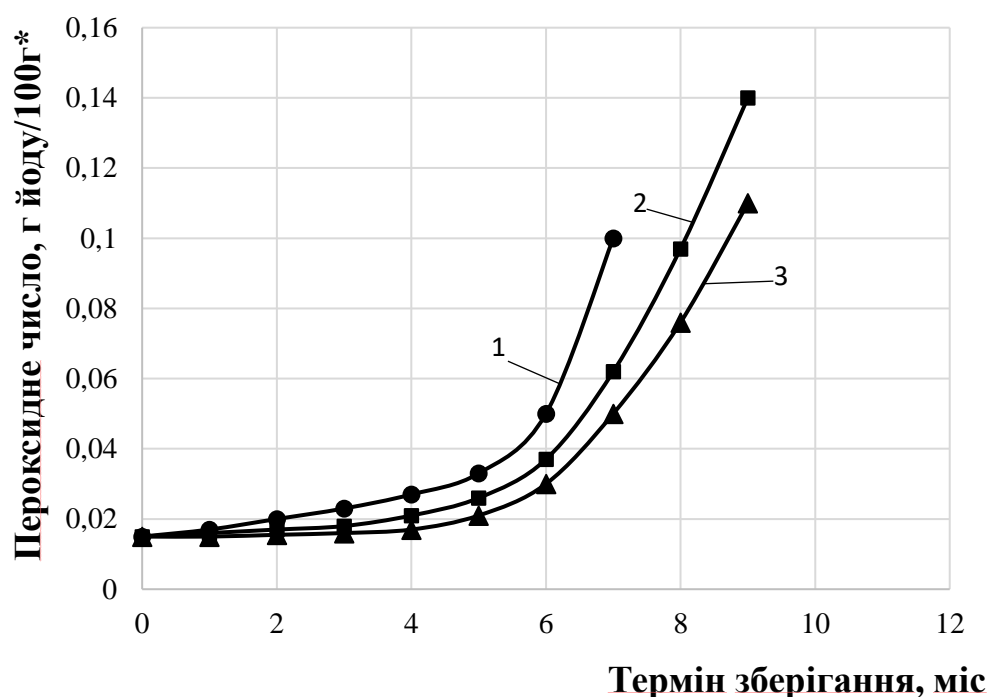


Рис. 4.4. Динаміка окиснення жиру при зберіганні концентрату: 1 – 30 °С; 2 – 20 °С; 3 – 10 °С

Результати вказують на неможливість зберігання концентрату більше 6 місяців (рис. 4.4). Підвищення температури зберігання сухого ББКМ з 10 до 30 °С

призводить до скорочення терміну зберігання. Так, термін зберігання концентрату при температурі 10 °С становить 6 міс., при 20 °С – 5 міс., при 30 °С – 4 міс.

Активна кислотність відновленого безлактозного концентрату маслянки з масовою часткою СЗМЗ 17,0 % для свіжовиробленого сухого продукту становила 6,56 од. рН, через 6 місяців – 6,54 од. рН, через 9 місяців – 6,49 од. рН. Кислотне число перед закладанням на зберігання при температурі 10 °С становило – 0,5 мг КОН на 1 г продукту. Через 6 місяців зміни були незначні, а через 9 місяців кислотне число підвищились – 1,5 мг КОН на 1 г продукту. Що також підтверджує неможливість зберігання продукту більше 6 місяців. Вологість сухого ББКМ свіжовиробленого становила – 4,19 % і практично не змінювалася протягом 6 місяців. Вологість продукту через 9 місяців зберігання становила 6,32 %.

Мікробіологічний контроль зразків сухого ББКМ здійснювали за такими показниками, що дозволяють визначити санітарно-гігієнічний стан розроблених продуктів і наявність збудників харчових отруєнь (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Мікробіологічні показники розробленого виду сушеної продукції після виготовлення і в процесі зберігання (КУО/см³)

(n=3; p≥0,95)

Вид продукту	Контамінанти					
	КМАФАнМ	E. coli та coliforms	Bacillus cereus	Бактерії роду Listeria	Pseudomonas aeruginosa	Staphylococcus aureus
Свіжовиготовлений сухий ББКМ	2,10·10 ²	Не виявлено	0,2·10 ¹	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Сухий ББКМ через 1 міс. зберігання	2,30·10 ²	Також	0,2·10 ¹	Також	Також	Також
Сухий ББКМ через 6 міс. зберігання	9,20·10 ²	-“-	1,0·10 ¹	-“-	-“-	-“-
Сухий ББКМ через 12 міс. зберігання	2,20·10 ³	-“-	4,0·10 ¹	-“-	-“-	-“-

З огляду на отримані результати, слід зазначити, що за показниками КМАФАНМ розроблений продукт відповідає як українським [171-173], так і міжнародним санітарно-гігієнічним вимогам [174], відсутність у посівах *E. coli* і коліформи також підтверджує високий санітарно-гігієнічний стан розробленого продукту.

З збудників харчових отруєнь виявлено наявність *Bacillus cereus*. Судячи з літературних даних, це може бути причиною спалахів захворювань, якщо концентрація *B. cereus* в їжі становитиме 10^3 КУО / см³. Виявлена нами концентрація *B. cereus* на порядки нижче цих показників. Проте, з огляду на наявність *B. cereus*, слід особливо уважно контролювати умови зберігання отриманих продуктів.

Протягом 12 місяців у відновлювальному продукті визначали розчинність, піноутворювальну здатність, емульгувальну здатність (табл. 4.11). За контроль обрано суху маслянку виробництва США.

Таблиця 4.11

Функціонально-технологічні показники сухого (ББКМ) під час зберігання при температурі 15 °С

Назва показника	Контроль (суха маслянка)	Свіжови роблений сухий ББКМ	Функціонально-технологічні показники за тривалості зберігання			
			через 3 місяці	через 6 місяців	через 9 місяців	через 12 місяців
Піноутворювальна здатність, %	25,0±1,5	240±1,5	240±1,5	240±1,5	231±1,5	215±1,5
Емульгувальна здатність, %	38,0±1,5	46,21±1,5	46,0±1,5	46,0±1,5	42,0±1,5	40,0±1,5
Розчинність, %	99,0±1,5	97,0±1,5	97,0±1,5	96,2±1,5	95,7±1,5	94,5±1,5

Аналіз даних табл. 4.11 свідчить, що при зберіганні сухого ББКМ протягом 12 місяців піноутворювальна здатність знижується на 10,4 %, емульгувальна здатність на 13,4 %, а розчинність – на 2,6 %. Через 6 місяців показники практично не змінюються. Зниження функціонально-технологічних показників ББКМ пов'язано із денатурацією білків та окисленням ліпідів.

Таким чином, результати досліджень дозволили визначити термін зберігання сухого ББКМ не більше 6 місяців при 0...15 °С та 5 місяців – при 16...25 °С і відносній вологості повітря не більше 65 %.

4.4. Опис технологічної схеми виробництва сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Технологічна схема отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки наведена на рис. 4.5.

Отриманий рідкий концентрат ББКМ за технологією, що наведена в розділі 3 (п. 3.7.3), після діафільтрації піддається нагріванню до температури 55...60 °С та гомогенізується при цій температурі та тиску 15 МПа для зменшення кількості вільного жиру.

Після гомогенізації ББКМ пастеризують 15...20 с при 80 °С для знищення патогенної вегетативної мікрофлори та інактивування ферментів, гормонів тощо.

Пастеризований концентрат охолоджують до температури 4...6 °С та направляють у проміжний резервуар для зберігання не більше 4 год. З резервуару розчин концентрату перед сушінням направляють на підігрів до температури 65...70 °С, що зумовлює раціональну в'язкість розчину, що призводить до досягнення більшої ефективності та більш легкого розпилення під час процесу сушіння.

Сушіння здійснюють у сушарці фонтануючого шару інертних носіїв. Сушать концентрат з масовою часткою сухих речовин не більше 20 % при температурі сушильного агента 125...130 °С. На виході із сушарки сухий продукт має температуру 55...60 °С, яка вище точки плавлення молочного жиру. Це може призвести до руйнування оболонкової речовини жирових кульок і витоплювання жиру. У результаті знижується розчинність сухого ББКМ, він окиснюється та гіркне. Для запобігання цього, сухий ББКМ перед подрібненням та розфасуванням швидко охолоджують. Охолодження продукту відбувається протягом декількох секунд під час переміщення його пневмо- або аерозольтранспортом. Сухий

безлактозний концентрат охолоджують до температури 18...20 °С. Сухий охолоджений ББКМ, що має вигляд пластивців розміром 3...4 мм, направляють на подрібнення. Після подрібнення отримують сухий порошок із середнім лінійним розміром частинок 75...80 мкм. Отриманий порошок ББКМ фасують у паперові пакети або мішки, пакують, маркують та зберігають при температурі 0...15 °С не більше 6 місяців при відносній вологості повітря не більше 65 %.

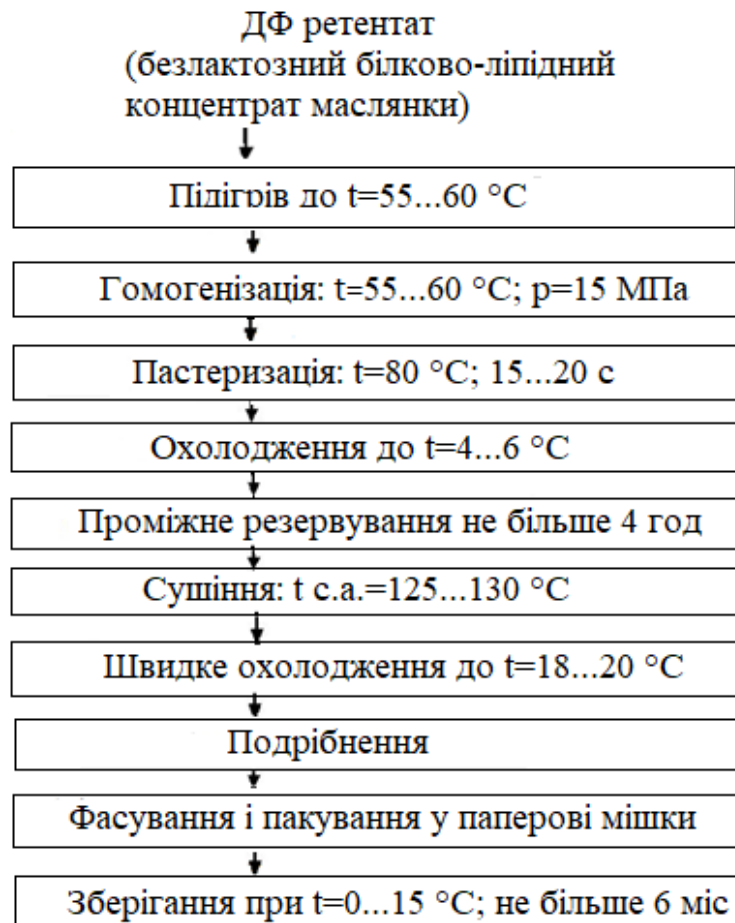


Рис. 4.5 – Технологічна схема отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

На підставі отриманих експериментальних даних було проведено промислову апробацію випуску дослідних партій сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки в умовах Тульчинської філії ТОВ «ТЕРРА ФУД» (м. Тульчин, Вінницька область). Промислові випробування, що підтверджені актами (див. Додатки 3), доводять перспективність впровадження запропонованої технології. На новий вид безлактозного концентрату розроблена нормативна

документація ТУ У 15.5–36759161–009:2019 «Концентрати білкові молочні безлактозні сухі», ТІ до ТУ У 15.5–36759161–009:2019.

За результатами економічних розрахунків встановлено, що впровадження технології безлактозних білково-ліпідних концентратів маслянки економічно ефективно, строк окупності інвестицій 2,93 роки (див. Додаток К).

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4

1. Визначений раціональний режим сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки у сушарці завислого шару інертних носіїв: температура повітря на вході у сушарку – 125...130 °С; температура продукту на виході – 55...60 °С; швидкість повітря у вхідному перетині – 15...20 м/с; масова частка сухих речовин у вхідному концентраті – не більше 20 %; кінцева вологість сухого ББКМ – не більше 5,0 %; інертний носій – фторопласт у формі кубиків з розмірами грані 5 мм; спосіб подачі розчину у сушильну камеру – знизу у завислий шар інертних носіїв.

2. Наведена технологічна схема виробництва сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

3. Визначені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Сухі безлактозні білково-ліпідні концентрати маслянки з високим вмістом білка (80,54...81,19 %) забезпечують поліпшення білкової складової без додавання лактози до харчових продуктів (масова частка лактози не більше 0,064 %).

4. Гарантований термін зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки 6 місяців при 0...15 °С та 5 місяців – при 16...25 °С і відносній вологості повітря не більше 65 %. Протягом цього часу основні показники якості дослідних зразків не змінювались.

РОЗДІЛ 5

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ У ВИРОБНИЦТВІ СИНБІОТИЧНОГО ЙОГУРТОВОГО НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО МОРОЗИВА

Виробництво морозива, як в Україні, так і за її межами є доволі процвітаючою галуззю. Одним з нових видів морозива, що вже поширюється на ринку США та Західної Європи є Frozen yogurt, тобто йогуртове морозиво з пробіотиками та зниженим вмістом жиру [184].

Існує три способи отримання йогуртового морозива [125]. За першим способом йогуртове морозиво отримують змішуванням 30 % йогурту з 70 % традиційного морозива; за другим способом – вихідна суміш компонентів заквашується йогуртовими культурами перед фризераванням; третій спосіб передбачає внесення йогуртових культур в готове морозиво. Однак морозиво, отримане за третім способом не можна назвати йогуртовим. Виробники випускають морозиво на основі йогуртового наповнювача.

Для розроблення синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива пропоновано другий спосіб, який дозволяє отримати йогуртну основу із зниженим вмістом лактози та високими технологічними та пробіотичними властивостями.

5.1. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива

Йогуртну основу виробляли із маслянки, яка відповідала вимогам ТУ У 46.39.079-96 «Маслянка-сировина. Технічні умови» [183].

Вміст СЗМЗ у маслянці 8,6 %. Для йогурту мінімальний вміст СЗМЗ повинен бути 9,5 %, для морозива – 10 %. Тому збільшити СЗМЗ можливо завдяки внесення в маслянку сухого ББКМ, отриманого УФ/ДФ при $\Phi K=5$. Характеристика його наведена в розділі 4.

Раціональну кількість сухого ББКМ для нормалізації молочної основи, яка визначає концентрацію сухих речовин у морозиві, вибирали за органолептичними показниками (смак, запах, консистенція) в зразках йогуртної основи, які в основному будуть впливати на сенсорні характеристики морозива, за кількістю лактози, за піноутворювальною здатністю та стійкістю піни.

Нормалізацію маслянки за сухими речовинами проводили додаванням сухого ББКМ відповідно до рецептур, зазначених в табл. 5.1. Вміст сухого ББКМ варіювали в межах 2,5...7,5 % з інтервалом 2,5 % [185].

Таблиця 5.1

Рецептура на йогурт, кг на 100 кг продукту

Найменування компонента	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Маслянка-сировина	97,5	95,0	92,5
Сухий ББКМ	2,5	5,0	7,5
Закваска DVS YF-903, ум. од. акт.	50,0	50,0	50,0
Закваска DVS La-5+Bb-12, ум. од. акт.	25,0	25,0	25,0
Всього:	100,0	100,0	100,0

При концентрації доданого сухого ББКМ в кількості 2,5 % згусток нагадував консистенцію нев'язкого тягучого йогурту. Із збільшенням масової частки сухого ББКМ до 5,0 %, в зразках поліпшується консистенція – підвищується в'язкість і щільність згустків. Але збільшення концентрації сухого ББКМ до 7,5 % призвело до отримання згустку з хорошою щільністю, але неоднорідною, борошністою консистенцією. Тому з подальших досліджень виключено зразок 3.

Вміст лактози у зразках йогуртної основи до та після сквашування наведений в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Масова частка лактози (%) у зразках йогуртної основи

Зразок	Масова частка лактози в молочній суміші до сквашування, %	Масова частка лактози в молочній суміші після сквашування, %
Зразок 1	4,39 ± 0,06	3,10 ± 0,06
Зразок 2	4,29 ± 0,06	3,01 ± 0,06

Масова частка лактози в процесі сквашування зменшилась на 29...30 %, пояснюється молочнокислим бродінням, під час якого на молочний цукор діє фермент лактаза, який виділяється молочнокислими бактеріями.

Важливими технологічними характеристиками отриманої йогуртної основи є піноутворювальна здатність та стійкість піни (табл. 5.3). Піноутворюючі властивості молочної сировини залежать від її кількісного та якісного складу [186–188].

Піни отримували шляхом збивання йогуртної основи за температури 20 °С протягом 30 с. Піноутворювальна здатність маслянки-сировини становила $4,2 \pm 2,0$ %, а стійкість піни – 20 хв. Нестійкість піни маслянки-сировини пояснюється тим, що вміст макромолекул білків у маслянці не є достатнім для утворення стійкої піни. Нестійкість пояснюється також невисокою в'язкістю маслянки. Тому для вирішення цієї проблеми в маслянку додавали сухий ББКМ, що має високу концентрацію білків (81,81 %).

Таблиця 5.3

Піноутворювальна здатність (%) та стійкість піни (хв.)
у зразках йогуртної основи

Зразок	Піноутворювальна здатність (ПУЗ), %	Стійкість піни, хв.
Зразок 1	$9,7 \pm 2,0$	$68,0 \pm 1,5$
Зразок 2	$12,2 \pm 2,0$	$96,0 \pm 1,5$

Із збільшенням концентрації сухого ББКМ у йогуртній основі від 2,5 % до 5,0 % піноутворювальна здатність та стійкість піни збільшуються (табл. 5.3), що пов'язано із збільшенням кількості білків.

Зразок 2 (згідно рецептури кількість сухого ББКМ – 5,0 % від маси суміші) мав вищу піноутворювальну здатність та стійкість піни, тому подальші дослідження стосувались зразка 2.

Для отримання йогуртної основи сухий ББКМ (згідно рецептури) попередньо розчиняли в невеликій кількості маслянки при температурі 35...40 °С, суміш залишали для набухання протягом 20...40 хв. Розчинений сухий ББКМ вносили в

основний об'єм підігрітої до температури 35...40 °С маслянки, перемішували і фільтрували. Отриману суміш пастеризували при температурі 85...87 °С з витримкою 5...10 хв, охолоджували до температури заквашування 40...45 °С і вносили закваску. Обґрунтування вибору композицій мікробіологічних культур, які продукують фермент лактазу, з метою отримання йогуртної основи із зниженим вмістом лактози наведені в розділі 1. В якості заквашувальних культур було обрано: *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* та пробіотики – *Bifidobacterium animalis* та *Lactobacillus acidophilus*. Було проаналізовано заквашувальні препарати, які містять зазначені молочнокислі мікроорганізми, та вибрані сухі бактеріальні закваски безпосереднього внесення фірми «Хр.Хансен» (Данія): FD DVS YF–L903, до складу якої входять змішані культури *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, у комбінації з заквасками FD DVS La–5, яка містить монокультури *Lactobacillus acidophilus* та FD DVS Bb–12, яка містить монокультури *Bifidobacterium animalis* Bb–12.

Суміш розливали в стерильні ємності об'ємом 0,4 дм³, сквашували при температурі 40...45 °С. Закінчення сквашування визначали за утворенням щільного згустку з активною кислотністю 4,6 од. рН (рис. 5.1), при ферментації також здійснювали контроль титрованої кислотності (рис. 5.2). Отриманий продукт охолоджували до температури 4...6 °С.

Сквашування молочної основи комбінацією заквасок: FD DVS YF-L903 + FD DVS La-5+FD DVS Bb–12 завершується через 5 годин (активна кислотність рН 4,6). Протягом зазначеного часу в досліджуваному зразку досягається ізоелектричний стан білків під впливом або тільки молочної кислоти, або суміші молочної й оцтової кислот, накопичених мікрофлорою заквашувальних культур при зброджуванні лактози. Молочну кислоту накопичують *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, а суміш молочної й оцтової кислот – *Bifidobacterium animalis*.

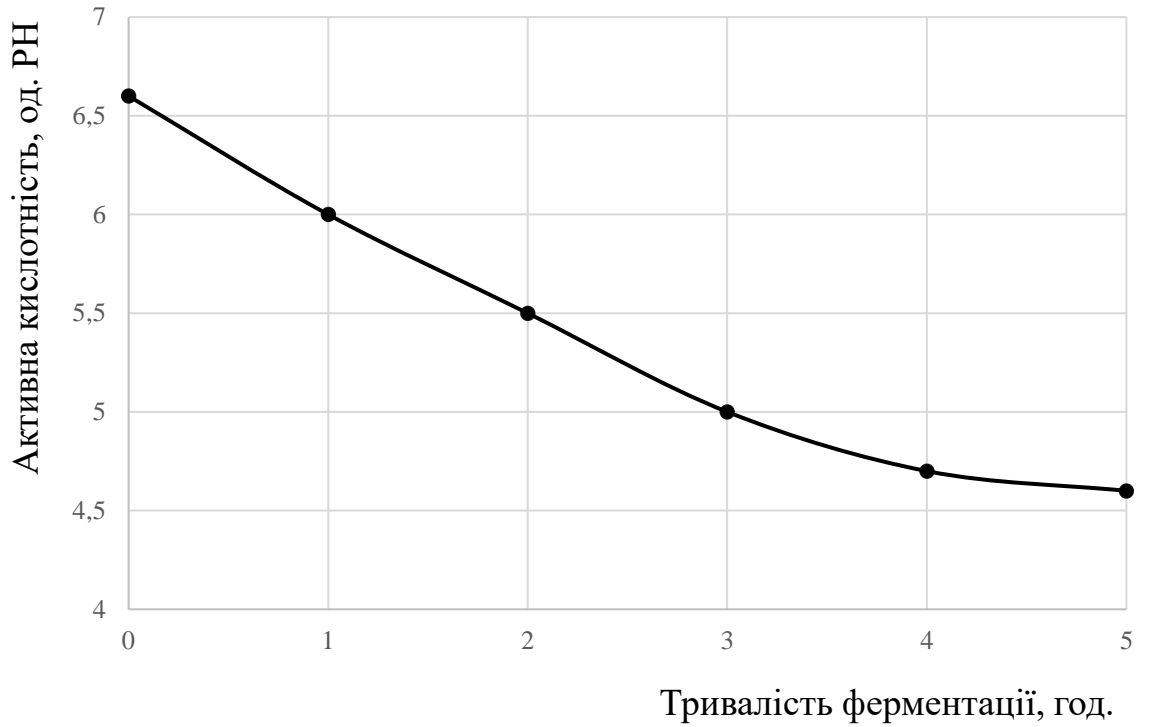


Рис. 5.1. Зміна активної кислотності зразку йогуртної основи при ферментації

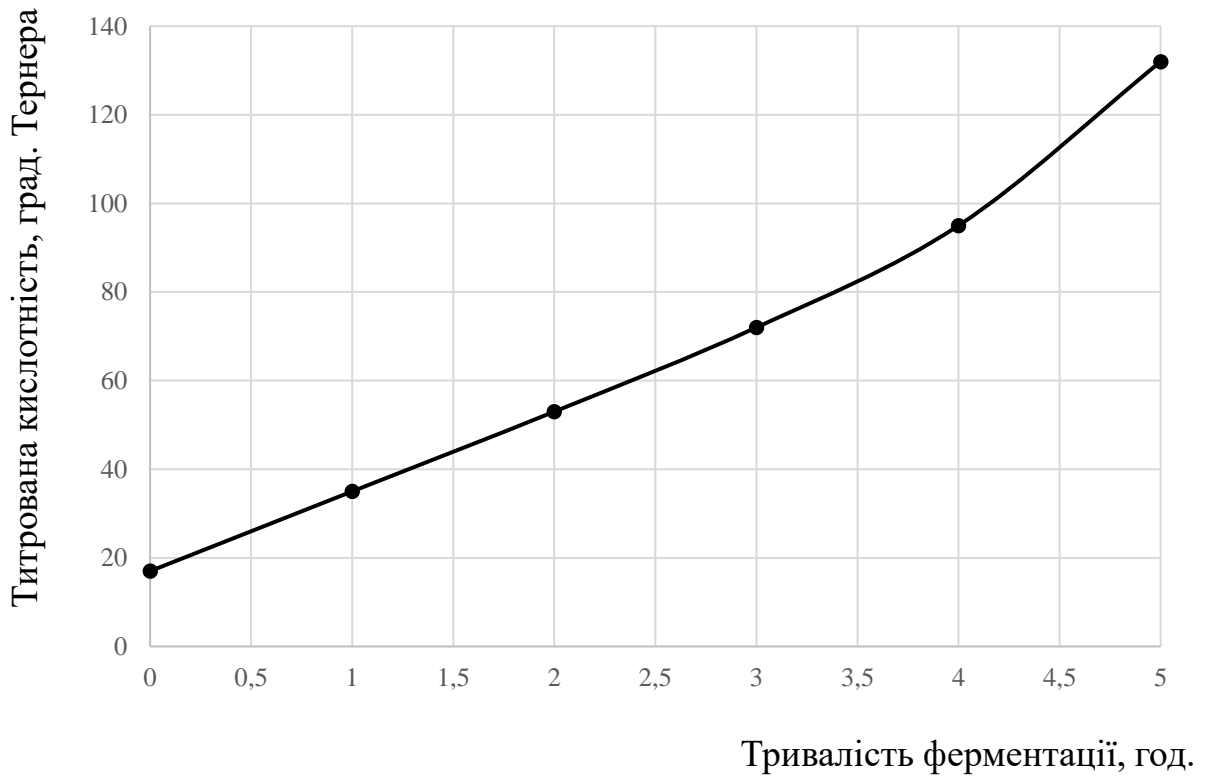


Рис. 5.2. Зміна титрованої кислотності зразку йогуртної основи при ферментації

Зразок сквашеної йогуртної основи має чистий, виражений кисломолочний смак і запах, колір – молочно-білий, рівномірний по всій масі; однорідну, ніжну, в'язку, в міру щільну консистенцію, без газоутворення, без відділення сироватки.

Технологічна схема процесу виробництва йогуртної основи зображена на рис. 5.3.

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники отриманої йогуртної основи з маслянки наведені в табл. 5.4 та 5.5.

Таблиця 5.4

Фізико-хімічні показники йогуртної основи з маслянки

Найменування показника	Значення показника
Масова частка сухих речовин, %, в тому числі:	11,88±0,01
– масова частка жиру, %	0,90±0,1
– масова частка лактози, %	3,01±0,06
– масова частка білків, %	7,13±0,05
– масова частка мінеральних речовин, %	0,84±0,05
Титрована кислотність, °Т	124±1
Активна кислотність, од.рН	4,62±0,01

Таблиця 5.5

Мікробіологічні показники сквашеної йогуртної основи

Найменування показника	Значення показника
Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, КУО/см ³	(2,5±0,9)·10 ⁸
Кількість біфідобактерій, КУО/см ³	(3,0±0,2)·10 ⁹
Бактерії групи кишкових паличок в 0,1 см ³	Відсутні

Визначення БГКП у 0,1 см³ зразку сквашеної йогуртної основи свідчить про їх відсутність у дослідженому об'ємі, що доводить правильність вибору режиму пастеризації вихідної йогуртної основи. А кількість лакто- і біфідобактерій свідчить про високу пробіотичну дію.

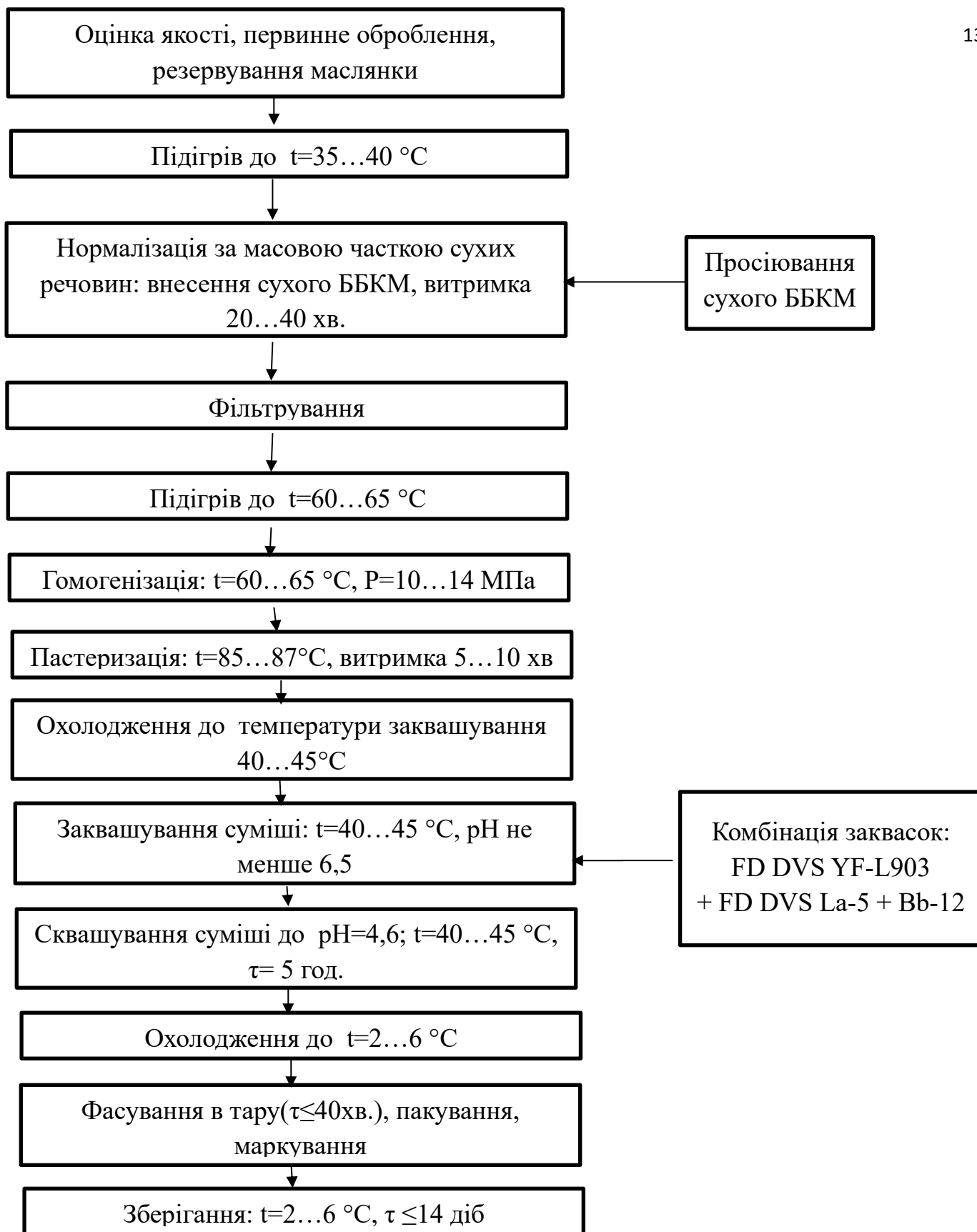


Рис. 5.3. Технологічний процес виробництва йогуртної основи з маслянки

Отримана ферментована йогуртна основа є компонентом низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива.

5.2. Обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива

Для обґрунтування та розробки рецептур низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива треба:

- підібрати співвідношення безлактозного білкового концентрату маслянки та йогуртної основи;
- обрати рецептурні складові синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива;
- розробити рецептури морозива.

Основними інгредієнтами рецептури морозива обрано дві функціональні основи, що отримані в лабораторних умовах: рідкі безлактозні концентрати маслянки (отримані діафільтрацією ($DV=7$) УФ концентратів при $ФК=4$ та $ФК=5$) і йогуртна основа (Й) (суміш маслянки з сухим ББКМ) із зниженим вмістом лактози із пре- та пробіотичними властивостями.

Додатковими інгредієнтами рецептури суміші морозива обрано: стабілізаційну систему "Ультра текс" ICE1 - 0023; препарат інуліну; препарат лактулози; лимонну кислоту; порошок імбиру [189,190].

Обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива наведена в Додатку Е.

5.3. Оптимізація рецептурних складових низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива

Для визначення раціонального співвідношення рецептурних складових низьколактозного морозива застосували факторний і регресійний аналіз [210–214].

Для цього за допомогою програми Table Curve 3D перевіряли правильність обраних фізичними експериментами раціональних співвідношень основних та додаткових інгредієнтів низьколактозного морозива.

Масив даних з набором показників щодо вибору раціонального співвідношення ББКМ/Й при ФК=3, 4, 5 наведено у табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Підбір співвідношення ББКМ/Й

Співвідношення ББКМ/Й	Піноутворювальна здатність, % ФК=3	Піноутворювальна здатність, % ФК=4	Піноутворювальна здатність, % ФК=5
80:20	20	22	24
70:30	24	26	28
60:40	26	28	30
50:50	22	24	32
40:60	17	21	26
30:70	12	16	20
20:80	10	12	15

У якості показника за яким буде проводитися підбір рецептурних складових вибрано піноутворювальну здатність. Оскільки вона залежить як від співвідношення ББКМ/Й так і від ФК, то і вид функції буде двопараметричним.

Загальний вид функції:

$$Y_{\text{п}} = f(\text{ФК}, \text{Й}).$$

В результаті обробки масиву даних (табл. 5.6) отримано наступний вид рівняння:

$$Y_{\text{п}} = \frac{12,19 + 0,072 \cdot x + 0,053 \cdot x^2 + 2,72 \cdot y - 66,55 \cdot y^2 + 58,25 \cdot y^3}{1 - 0,013 \cdot x - 2,48 \cdot y + 1,97 \cdot y^2}, \quad (5.1)$$

Коефіцієнт детермінації – 0.98.

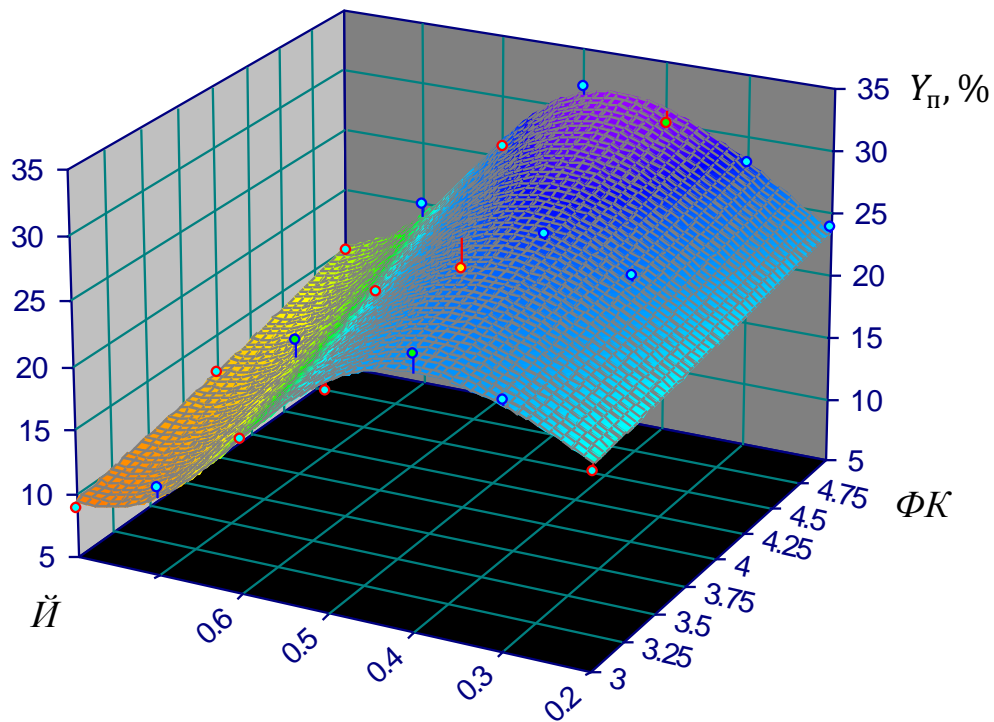


Рис. 5.4. Зміна піноутворюючої здатності від фактору концентрування і частки йогуртної основи в суміші

Максимуми функції $Y_{\text{п}}$ (рівняння (5.1)) при різних значення ФК та відповідні їм значення вмісту йогуртної основи $\bar{Й}$ наведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Максимуми функції $Y_{\text{п}}$ (рівняння (5.1)) при різних значення ФК та відповідні їм значення вмісту йогуртної основи $\bar{Й}$

ΦK	$\bar{Й}$	Y_{max}
3	0.397	24.772
3.5	0.41	26.137
4	0.424	27.741
4.5	0.44	29.627
5	0.456	31.851

Вміст лактози в морозиві не повинен перевищувати 1%, що є обмежувальним фактором при визначенні раціональної рецептури. З іншого боку, лактоза міститься у йогуртній основі ($\bar{Й}$) і для визначення її вмісту, в залежності від співвідношення

ББКМ/Й, в результаті обробки масиву даних (рис. 5.6), отримано наступне рівняння:

$$\text{Лактоза} = 0.0301 \cdot \text{Й} \quad (5.2)$$

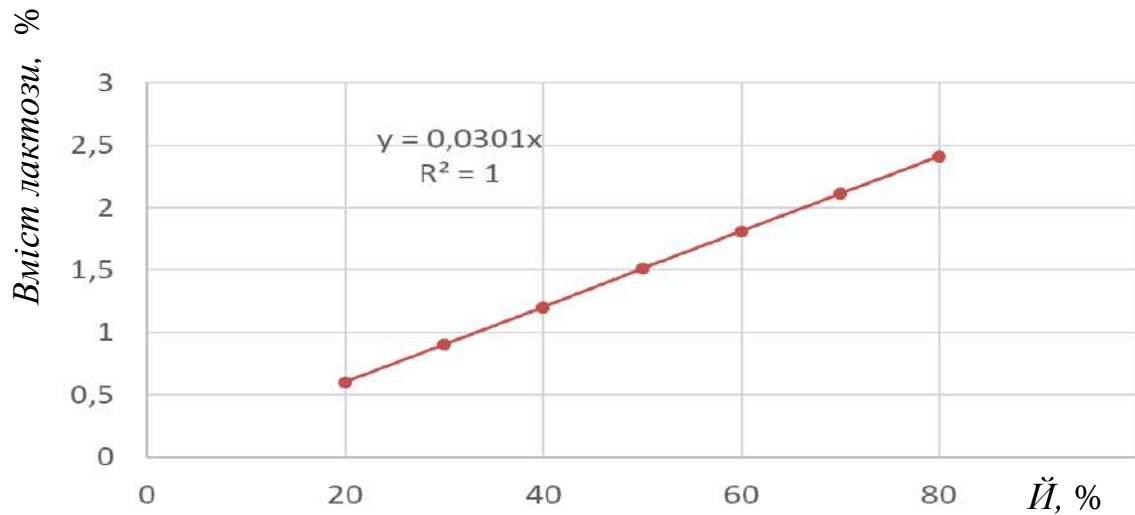


Рис. 5.5. Вміст лактози в залежності від частки в суміші йогуртної основи

Ще одним з додаткових інгредієнтів низьколактозного морозива є: інулін. Масив даних з набором показників наведено у табл. 5.8. Головними показниками при визначенні раціональних масових часток інуліну та стабілізаційної системи обрано піноутворювальну здатність.

Таблиця 5.8

Масив даних для підбору концентрації інуліну

Концентрація інуліну, % (X)	Піноутворювальна здатність, Y, %
1	55
2	68
3	80
4	80
5	76
6	72

В результаті обробки масиву даних (табл. 5.8) отримано наступний вид рівняння

$$Y_{\text{ін}} = a + b \cdot x + c \cdot y^2 + d \cdot y^3, \quad (5.3)$$

Значення коефіцієнтів рівняння такі: $a = 43.333$; $b = 39.037$; $c = -8.1587$; $d = 0.5185$. Коефіцієнт детермінації – 0.996.

Вміст інуліну при максимуму піноутворювальної здатності $Y_{\text{ін}}$ з рівняння (5.3) складає 3,69%.

Для отримання оптимальної рецептури на морозиво була проведена оптимізація рецептури за максимум піноутворювальної здатності. При цьому максимальний вміст лактози в морозиві обмежувався 1%.

Процедура оптимізації наступна:

1. Відповідно до рецептури задаються вмістом: лактулози; цукру, стабілізаційної системи, імбиру та лимонної кислоти; 2. Визначається вміст інуліну з рівняння (5.3); 3. Визначається цільова функція: рівняння 5.1; 4. Задається область допустимих обмежень вихідних параметрів:

2.

$$3 \leq \Phi K \leq 5;$$

$$0.2 \leq \text{Й} \leq \frac{\text{Лактоза}_{\text{max}}}{3.0128}$$

де $\text{Лактоза}_{\text{max}}$ – максимальний допустимий вміст лактози, %. $\text{Лактоза}_{\text{max}} = 1\%$; 0,0301 – коефіцієнт перерахунку вмісту лактози в залежності від йогуртної основи Й з рівняння (5.2)

Задається критерій оптимізації – максимум функції (5.1).

Даний алгоритм реалізований в системі Mathcad. Результати розрахунків наведені в табл. 5.9.

Оптимальне співвідношення ББКМ/Й становить для рецептури №1 – 59,8/40,2; для рецептури №2 – 59,4/40,6.

Таблиця 5.9

Оптимальні рецептури на морозиво низьколактозне

Сировина	Рецептура №1	Рецептура №2
Безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ концентрату при ФК=5 , кг	494,2	484,7
Інулін (СР=95,8 %), кг	36,9	36,9
Лактулоза (СР=99,2 %), кг	10	10,0
Цукор , кг	120,0	130,0
Стабілізаційна система, кг	2,5	2,0
Імбир, кг	3,0	3,0
Йогуртна основа (Й) , кг	331,9	331,9
Лимонна кислота, кг	1,5	1,5
Всього, кг	1000,0	1000,0

За рецептурою №2 виготовлено суміш низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, в якому визначали масову частку лактози та антиоксидантну активність (рис. 5.6).

Масова частка лактози в дослідній суміші становила – 0,99 %.

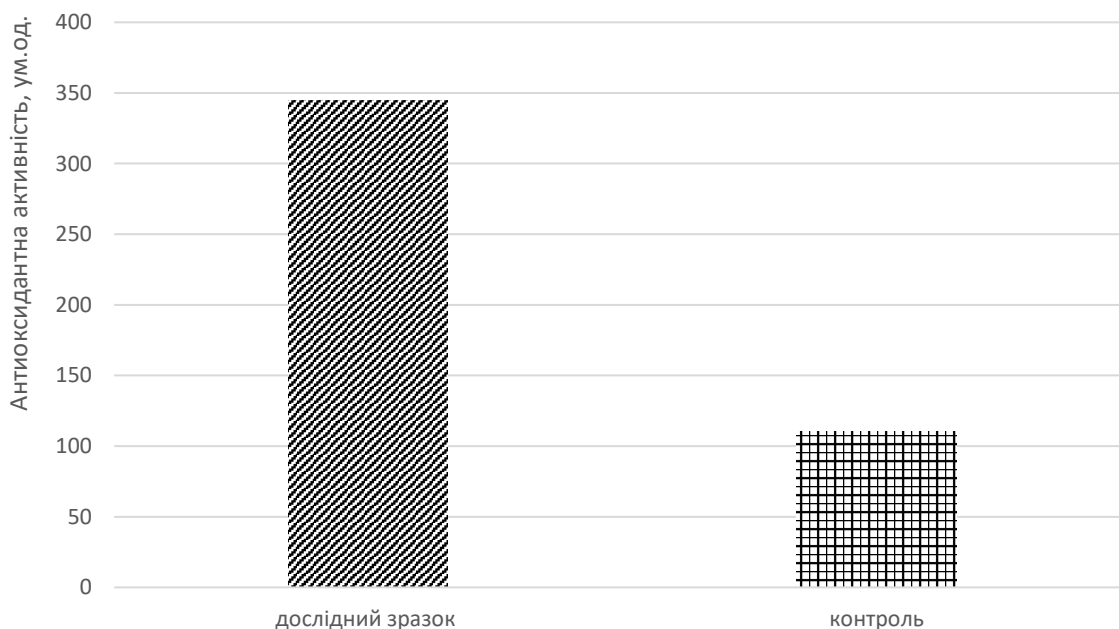


Рис. 5.6. Антиоксидантна активність сумішей для морозива

Дослідний зразок проявляв антиоксидантну активність – 345 ум.од., що пов'язано із кількістю білків (особливо тих, що містять сірковмісні амінокислоти),

фосфоліпідів та рецептурних компонентів, що входять до суміші морозива (інуліну та імбиру) у порівнянні із сумішшю для виробництва традиційного йогуртового молочного морозива (110 ум.од. активності).

5.4. Розроблення технології низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива

5.4.1. Обґрунтування технологічних параметрів низьколактозного морозива на основі безлактозного концентрату маслянки. Підготовка та внесення сухих компонентів є важливою операцією при виробництві морозива. До складу низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива входять сухі компоненти: інулін, лактулоза, цукор, імбир, лимонна кислота. Усі сухі компоненти (окрім лимонної кислоти) розчиняли у ББКМ перед пастеризацією, для запобігання в подальшому повторного обсіменіння продукту.

Режим внесення сухих компонентів у суміш морозива визначався за індексом розчинності (табл.5.9).

Таблиця 5.9

Індекс розчинності сухих компонентів

Зразки	Об'єм осаду, см ³ при температурі:						
	без нагрівання	30	35	40	45	50	55
Зразок 1	1,95	1,82	1,0	0,60	0,45	0,42	0,42
Зразок 2	1,91	1,74	0,80	0,46	0,33	0,30	0,30

Аналізуючи табл. 5.9 видно, що зі збільшенням температури кількість нерозчиненого осаду зменшується, отже збільшується ступінь розчинності компонентів. При температурі 45...50°C кількість нерозчиненого осаду становить менше 0,5 %. Збільшення температури вище 50 °C є недоцільним, так як кількість осаду, що не розчинився залишається практично сталим. Отже, температура 45...50°C забезпечує максимальний ступінь розчинення компонентів.

Динаміка розчинності сухих речовин від часу витримки при заданій температурі (45...50°C) наведена в табл. 5.10. ББКМ підігрівали до температури

45...50°C, вносили сухі компоненти (згідно рецептури табл. 5.9), добре перемішували і витримували при цій температурі різні проміжки часу (10...50 хвилин, з інтервалом 10).

Таблиця 5.10

Динаміка розчинності сухих речовин від часу витримки

Зразки	Об'єм осаду, см ³ при витримці, хв.:				
	10	20	30	40	50
Зразок 1	1,05	0,50	0,42	0,40	0,40
Зразок 2	0,95	0,45	0,33	0,30	0,30

Як видно з табл. 5.10 із збільшенням тривалості розчинність сухих компонентів збільшується до певного моменту. Обираємо тривалість розчинення 20...40 хв.

Лимонну кислоту вносять у суміш після пастеризації і охолодження суміші морозива до 4...6°C, для запобігання згортання суміші під час пастеризації.

Перевірку ефективності режиму пастеризації суміші морозива здійснювали розрахунковим методом за кількістю мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАіФАНМ) до та після пастеризації.

Результати досліджень ефективності режиму пастеризації отриманого зразку суміші морозива наведено в табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Ефективність режиму пастеризації суміші морозива

Температура, °C	Витримка, с	Ефективність пастеризації, %	
		зразок 1	зразок 2
76±2	15...20	96,92	97,73
76±2	180	98,61	98,80
80±2	15...20	99,84	99,82
80±2	180	99,95	99,94
85±2	15...20	99,97	99,96
85±2	50...60	99,99	99,98
85±2	180	99,99	99,99

З метою зменшення температурного впливу на термолабільні компоненти суміші морозива доцільно витримку при температурі пастеризації встановити

мінімально допустимою. Тому, згідно з отриманими даними (табл. 5.11) найбільш раціональним режимом пастеризації зразку є: температура 85 ± 2 °C з витримкою 50...60 секунд.

Дослідження в'язкісних характеристик сумішей для морозива проводили на ротаційному віскозиметрі Реотест-2. Визначення залежності ефективної в'язкості дослідного зразку суміші морозива від градієнту швидкості зсуву наведені на рис. 5.7. Реологічні дослідження проводили при температурі 20 °C.

Аналіз графіків, наведених на рис. 5.7 показує, що дослідний зразок низьколактозної суміші для морозива має більшу в'язкість і стабільність структури в порівнянні з контролем (класичне йогуртове морозиво). Різке зниження значень ефективної в'язкості спостерігається в області значень напруження зсуву до $5,5 \text{ c}^{-1}$ (для контролю) і до $1,8 \text{ c}^{-1}$ (для зразку), після чого темп зниження в'язкості сповільнюється. При напруженні зсуву $145,8 \text{ c}^{-1}$ (в момент руйнування структури) ефективна в'язкість дослідного зразку вища у два рази, у порівнянні із контролем, що доводить про менші втрати в'язкості зразку під час механічного впливу і їх більшу механічну стабільність.

Криві заморожування сумішей для морозива наведені на рис. 5.8.

При охолодженні контрольного зразка суміші (рис. 5.8) його температура спочатку знижується нижче точки замерзання без процесу кристалоутворення до температури переохолодження води в суміші для морозива (мінус $3,2$ °C), а потім відбувається підвищення температури суміші в результаті кристалоутворення води до значення початку замерзання (мінус $1,5$ °C). Виділена теплота кристалізації льоду – причина підвищення температури продукту. Далі температура суміші стабільно знижується. При заморожуванні дослідного зразка суміші для низьколактозного морозива (крива ФК=5 на рис. 5.8) характер кривої заморожування такий як і контролю. На кривій можна спостерігати 3 періоди: перший період – зниження температури суміші нижче точки замерзання до температури переохолодження (мінус $2,7$ °C) та підвищення температури суміші в

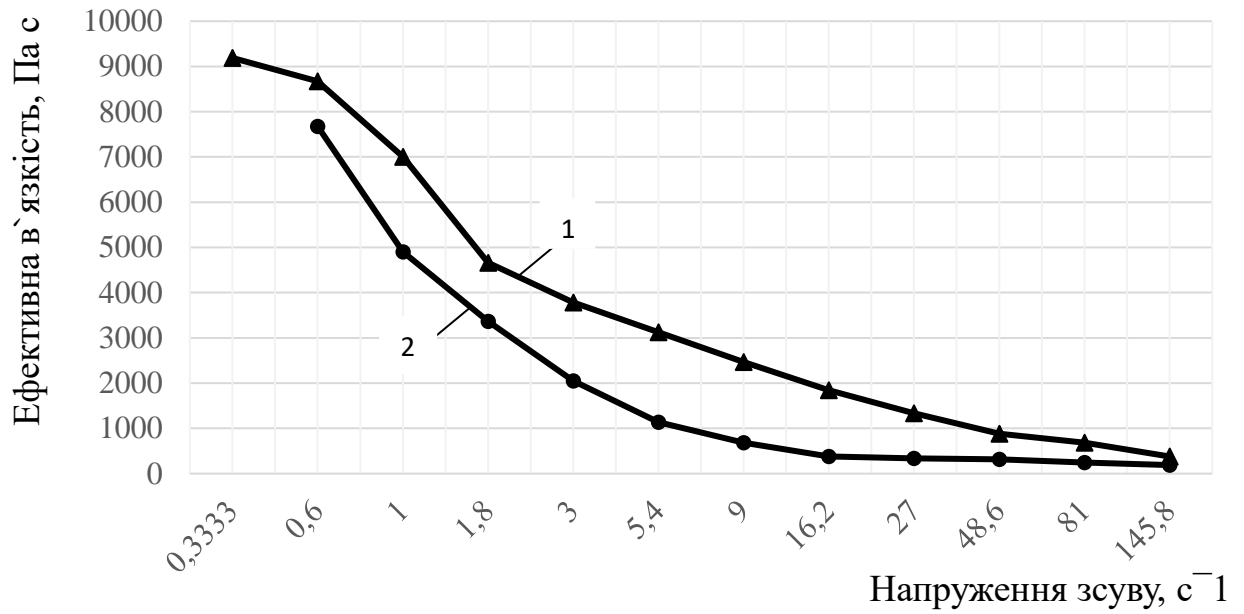


Рис. 5.7. Залежність ефективної в'язкості дослідного зразку суміші для морозива і контролю від градієнту швидкості зсуву: 1 – зразок; 2 – контроль

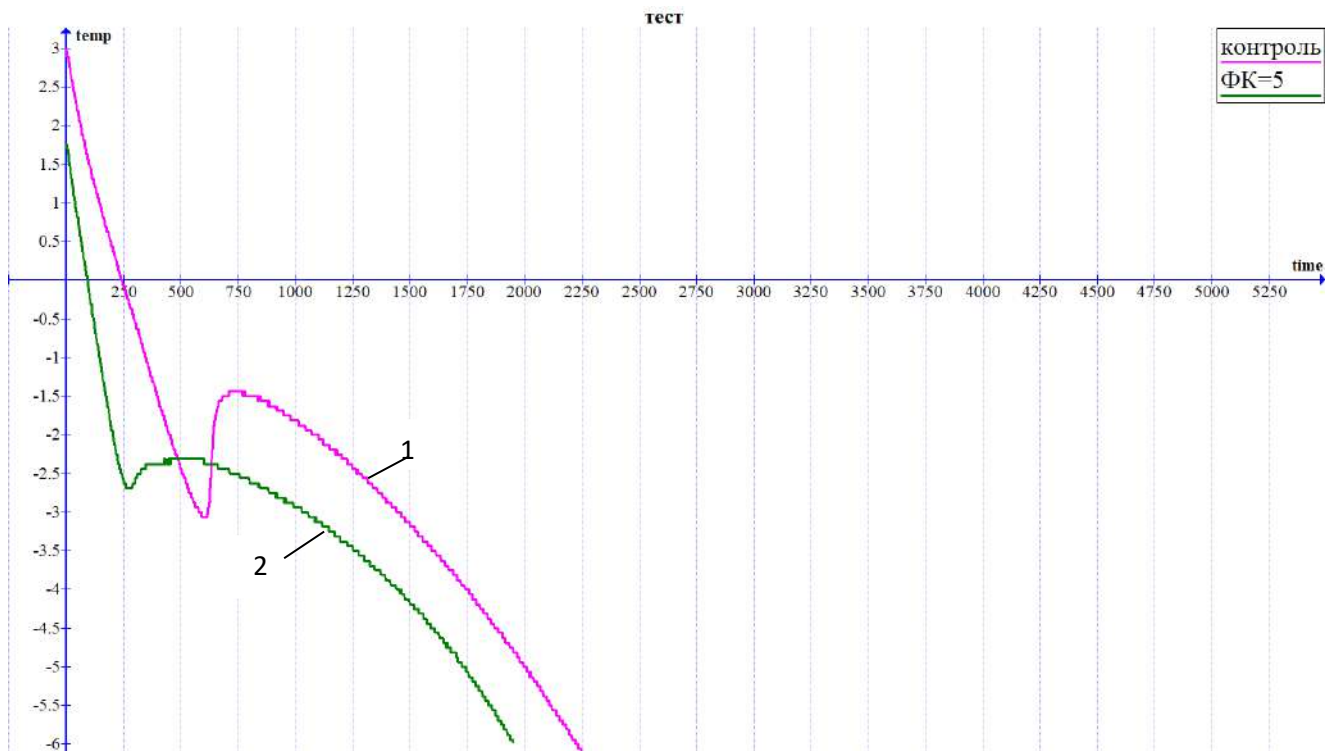


Рис. 5.8. Криві заморожування сумішей для морозива: 1 – контроль; 2 – контроль (суміш для класичного йогуртового молочного морозива)

результаті кристалоутворення води до значення початку замерзання (мінус 2,3°C); другий період – період постійної температури – з однаковою швидкістю виділяється скрита теплота кристалізації при фазовому переході вологи із рідкого агрегатного стану в тверду фазу; третій період – заморожування суміші морозива до необхідної температури. Температура кристалізації контрольного зразка суміші для морозива нижча у 1,5 рази в порівнянні з дослідним зразком, що пов'язано із більшим вмістом вільної вологи. У дослідному зразку вільної вологименше завдяки інуліну та більшій масовій частці білків (9,60% – у дослідному зразку; 3,74% – у контрольному зразку), які зв'язують вільну вологу.

За результатами досліджень рекомендована температура фризрування суміші для низьколактозного йогуртового морозива мінус 2,0... мінус 3,0 °С.

Дослідний зразок морозива мав на 32,6 % менші середні розміри кристалів льоду порівняно з відповідним класичним видом йогуртового молочного морозива. Хоча і контрольний, і дослідний зразки морозива мали прийнятні розміри кристалів льоду (43 і 29 мкм відповідно), збільшення їх дисперсності в дослідному зразку має підвищити якісні показники готової продукції та забезпечити більш тривале її зберігання без погіршення органолептичних показників.

Із збільшенням часу фризрування суміші морозива середні розміри повітряних пухирців зменшуються. Так, після 3 хв. фризрування середні розміри повітряних пухирців становили 89 мкм для дослідного зразку, що на 7,3 % менші, ніж 96 мкм для контрольного зразку. Вищий рівень дисперсності повітря в дослідному зразку морозива пояснюється збагаченням суміші речовинами, які сприяють диспергуванню і стабілізації повітря (білки, стабілізаційна система, полісахариди), підвищеним вмістом сухих речовин і в'язкістю суміші, що сприяє кращому диспергуванню повітря. Після 6 хв. фризрування дисперсність повітряної фази дослідного зразку низьколактозного йогуртового молочного морозива і контрольного зразку морозива не змінюється.

Динаміка збитості морозива при фризруванні наведена на рис. 5.9.

При фризруванні збитість зразків морозива зростає (рис. 5.9). Максимальна збитість становить: для дослідного зразка – 92 % на 4 хвилині, для контролю – 71 %

на 6 хвилині. Підвищення часу фризеравання призводить до зниження збитості внаслідок суттєвого підвищення в'язкості за зниження температури в процесі фризеравання. Більш швидке насичення повітрям дослідного зразку, ніж контрольного пов'язано із більшою кількістю білків.

Після фризеравання молочного низьколактозного морозива рекомендовано проводити закалювання до досягнення температури морозива не вище $-18\dots-24^{\circ}\text{C}$. При такій температурі в молочному морозиві вміст вимороженої води буде не менше 70 %, що забезпечить збереженість його структури.

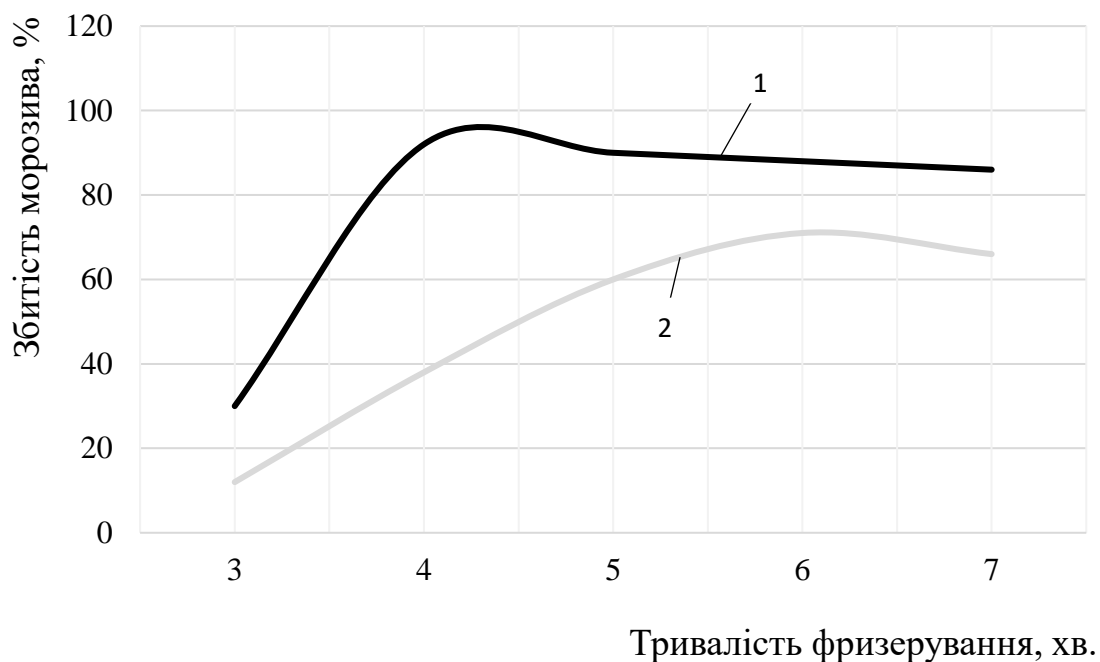


Рис. 5.9 – Динаміка збитості морозива при фризераванні: 1 – дослідний зразок; 2 - контроль

Загартовування морозива проводять при $t_{\text{пов}} = -30\dots-40^{\circ}\text{C}$ протягом 30...40 хвилин.

Опір таненню характеризували тривалістю часу, необхідного для накопичування 10 см^3 суміші, отриманої при термостатуванні морозива при $t=25^{\circ}\text{C}$.

На рис. 5.10 наведені результати щодо опору танення морозива.

Отримані експериментальні дані (рис. 5.10) вказують на збільшення опору танення дослідного зразку морозива на відміну від класичного молочного

морозива, що взято за контроль. Це насамперед пов'язано у формуванні в'язких плівок навколо повітряних пухирців та у зчепленні між собою часточок компонентів суміші. Під час танення морозива тоне лід та водночас руйнується пінна структура. Навіть після повного розплавлення льоду дослідний зразок утримує об'єм дисперсної повітряної фази до моменту поступового зруйнування стабілізованих в'язкими плівками пухирців повітря.

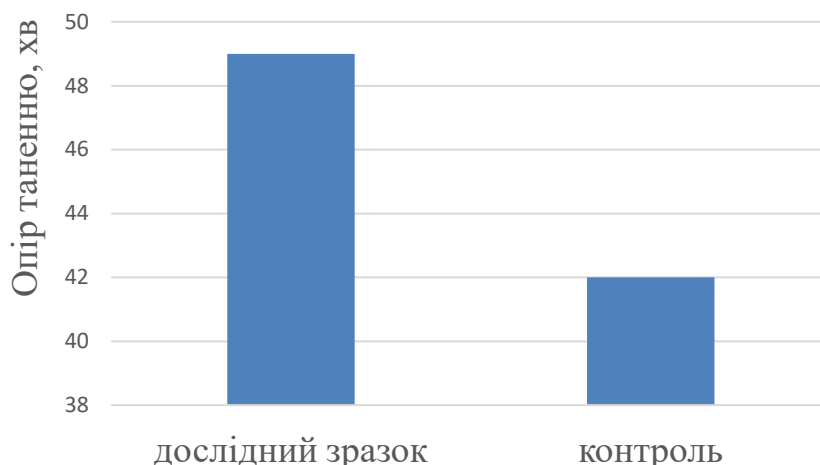


Рис. 5.10 – Опір танення зразків морозива

На основі результатів досліджень була розроблена технологічна схема виробництва низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива (рис. 5.11) [190,215,216].

Технологія отримання рідкого бекзлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки наведена в розділі 3, п. 3.7, йогуртна основа із зниженим вмістом лактози – в п. 5.1.

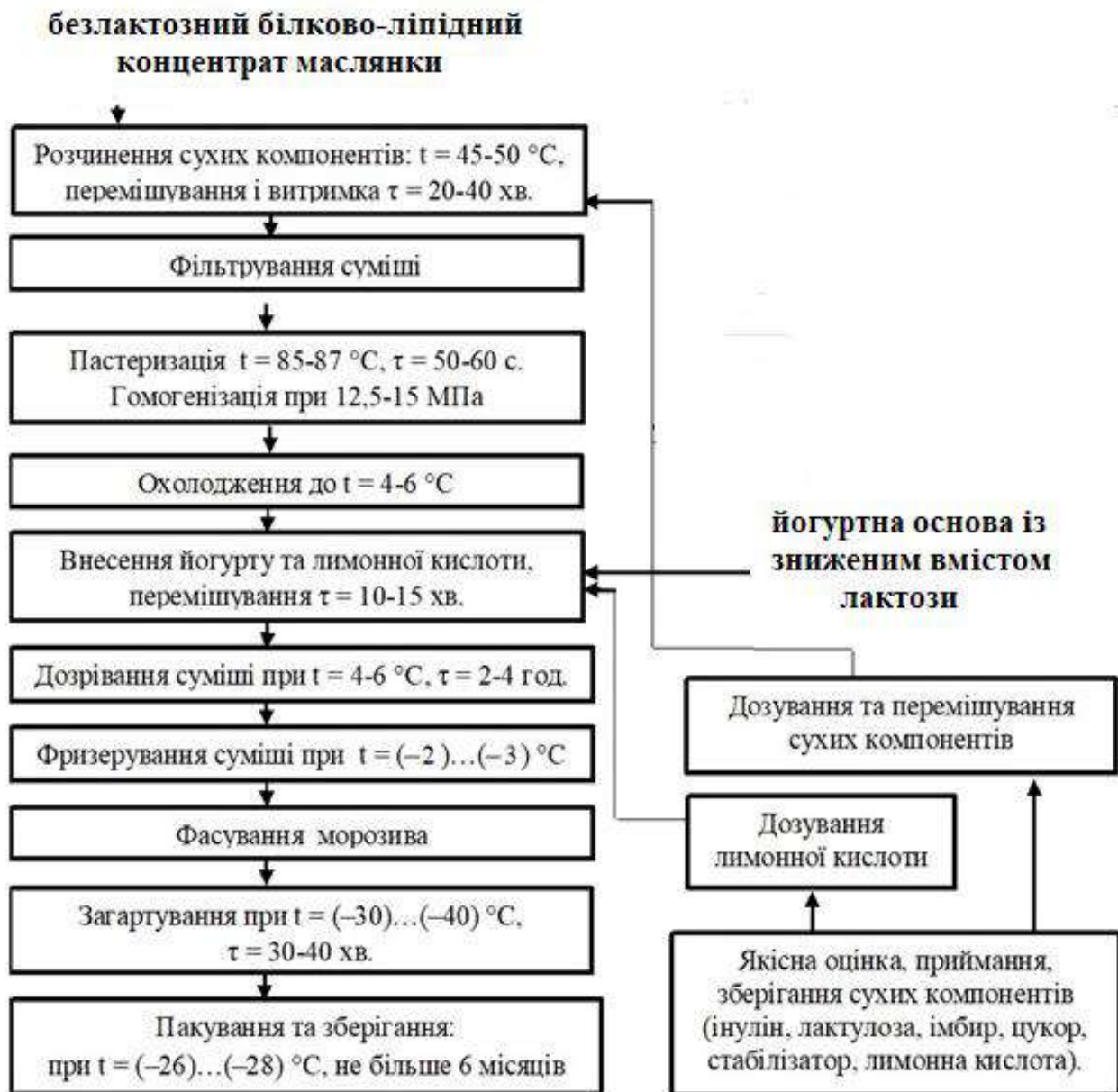


Рис. 5.11 – Технологічна схема виробництва низьколактозного морозива на основі ББКМ

До безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки підігрітого до температури 45...50 °C додають попередньо просіяні сухі компоненти (інулін, лактулозу, імбир, цукор, стабілізаційну систему), перемішують і витримують 20...40 хв для набухання білків. Отриману функціональну основу фільтрують, пастеризують 50...60 секунд при 85...87 °C, гомогенізують при цій температурі і при тиску 12,5-15,0 МПа та охолоджують до 4...6 °C. Йогуртну основу та лимонну кислоту додають до безлактозної функціональної основи при температурі 4...6 °C, перемішують 10...15 хвилин, та направляють на дозрівання. Дозрівання суміші

триває 2...4 години при 4...6 °С. Потім суміш фризують при температурі мінус 2...мінус 3 °С, фасують і загартовують морозиво при температурі мінус 30...мінус 40 °С протягом 30...40 хвилин. Готове загартоване морозиво зберігають при температурі мінус 26...мінус 28 °С не більше 6 місяців.

Дослідний зразок морозива характеризувався гармонійним, відчутним імбирним, м'яким кисло-солодким смаком, «вершковим» післясмаком, колір світло-кремовий з вкрапленнями імбиру, однорідний по всій масі. Структура та консистенція дослідного зразку низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива однорідна, кремоподібна по всій масі морозива, без відчутних кристалів льоду, цукру, грудочок жиру та стабілізатора, з достатньою густиною та збитістю.

В табл. 5.12 наведені фізико-хімічні та мікробіологічні показники низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива (дослідний зразок) та контролю, за який взято класичне молочне йогуртове морозиво.

Таблиця 5.12

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники морозива

Показники	Дослідний зразок	Контроль
Фізико-хімічні показники:		
Кислотність, °Т	56	60
Масова частка жиру, %	1,28 ± 0,1	3,51 ± 0,1
Масова частка сахарози, %	12,8±0,05	15,0±0,05
Масова частка лактози, %	0,99 ± 0,06	5,67± 0,06
Масова частка білку, %	10,11 ± 0,05	3,74 ± 0,05
Збитість, %	92	72
Опір таненню, хв	49	42
Мікробіологічні показники:		
Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, КУО/см ³	(2,5±0,9)·10 ⁸	1,0·10 ⁷
Кількість біфідобактерій, КУО/см ³	(3,0±0,2)·10 ⁹	—
Плісняві гриби, КУО/см ³	Не виявлено	Не виявлено
Дріжджі, КУО/см ³	Не виявлено	Не виявлено
Бактерії групи кишкових паличок в 0,1 см ³ продукту	Не виявлено	Не виявлено

Продовження табл. 5.12

Показники	Дослідний зразок	Контроль
Антиоксидантна властивість		
Антиоксидантна активність, у.о.	345	110

За органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками (табл. 5.12) зразок морозива для людей, інтолерантних до лактози, повністю відповідає вимогам ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови». Масова частка лактози в зразку низьколактозного морозива нижче і складає 0,99 % в порівнянні з класичним морозивом, яке містить 5,67 % лактози. Крім того, масова частка сахарози в зразку низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива складає 12,8 %, що менше в порівнянні з класичним морозивом (15,0 %). Висока кількість у досліджуваних зразках низьколактозного морозива лакто- і біфідобактерій свідчить про високу пробіотичну дію.

5.5. Обґрунтування режимів зберігання низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива

Згідно з ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови» зберігання морозива на підприємствах-виробниках і холодокомбінатах здійснюють у камерах за температури, що не перевищує мінус 18 °С. Температура морозива в центрі порції під час відпуску з підприємства – виробника повинна бути не вище мінус 12 °С. Строк придатності молочного морозива при температурі мінус 18 °С становить 10 місяців, при температурі мінус 24 – 12 місяців.

У дійсності зберігають морозиво при більш низьких температурах, до мінус 30 °С. Це в значному ступені сприяє збереженню його якісних показників. При температурі мінус 18 °С в морозиві відбуваються помітні зміни (збитість морозива знижується, відбувається усадка через перекристалізацію водної фази продукту,

з'являються органолептично відчутні кристали льоду і лактози при досягненні їх розмірів більше 50 мкм тощо). На розміри кристалів льоду в морозиві впливає частка вимороженої води в процесі фризеравання, яка є функцією температури і залежить від кріоскопічної температури суміші, температури вивантаження морозива з фризера і швидкості закалювання. Температура фризеравання і зберігання впливає на вуглеводний склад морозива. При температурі мінус 1 °С починається утворення кристалів лактози, а до кінця фризеравання (мінус 5 °С) спостерігається не тільки збільшення їх кількості, а й зростання їх розмірів, що пов'язано з перенасиченням розчину лактози через виморожування вологи. Органолептично лактоза не відчувається, якщо її розміри до 10 мкм, при 10...24 мкм відзначається порок «мучнистість», а понад 25 мкм – «піщанистість» [217].

При загартовуванні морозива відбувається подальше збільшення вимороженої води і, тому, знову відбувається перенасичення розчину і утворюються нові кристали і збільшуються вже присутні. З цього випливає, що зберігати морозива при температурі мінус 12 °С протягом допустимих термінів не можна, при температурі мінус 18 °С є ризик виникнення великих кристалів лактози. При мінус 30 °С можна зберігати морозиво без ризику появи великих кристалів лактози. Зберігання морозива при температурі мінус 18 °С не перешкоджає протіканню в морозиві основних видів псування – окислення жирової фази і зниження дисперсності структурних елементів [217].

Вплив заморожування на активність деяких видів молочнокислих бактерій наведений в роботі [218].

Обґрунтування режимів зберігання морозива потребує:

- дослідження органолептичних, мікробіологічних показників низьколактозного морозива при зберіганні;
- визначення дисперсності основних структурних елементів у низьколактозному морозиві (розмірів кристалів льоду та повітряних пухирців) при зберіганні;
- визначення збитості морозива та опору танення при зберіганні.

Контроль якості зразків низьколактозного морозива при зберіганні проводили раз на місяць протягом півроку. Зберігали морозиво при температурі мінус 26...мінус 28 °С [219].

Органолептичні показники дослідних зразків не змінювались протягом 6 місяців; титрована кислотність зразків в кінці зберігання не перевищувала 60 °Т. Бактерії групи кишкових паличок в 0,1 г продукту протягом 6 місяців зберігання – не виявлено.

Зміна кількості молочнокислих мікроорганізмів та біфідобактерій під час зберігання наведена в табл. 5.22.

Таблиця 5.22

Зміна кількості молочнокислих мікроорганізмів та біфідобактерій
під час зберігання дослідного зразку морозива

Кількість днів зберігання	Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, КУО/1г	Кількість біфідобактерій, КУО/1г
готовий продукт	$1 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^9$
30	$1 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^9$
60	$1 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$
90	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^8$
120	$2,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^8$
150	$1,5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$
180	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$

Пробіотичні властивості низьколактозного морозива зберігаються протягом 180 днів. Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів через 180 днів зберігання становить $1 \cdot 10^7$ КУО/1г та кількість біфідобактерій – $1 \cdot 10^7$ КУО/1г. Такий високий показник виживання пов'язаний з вмістом в заквасці мікроорганізмів, що адаптовані до низьких температур та з внесенням лактулози та інуліну в суміш, які сприяють підвищенню виживання заквасочної мікрофлори в умовах заморожування.

Зміна показника збитості низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива під час зберігання наведена на рис. 5.12, зміна показника опору морозива таненню під час зберігання – на рис 5.13.

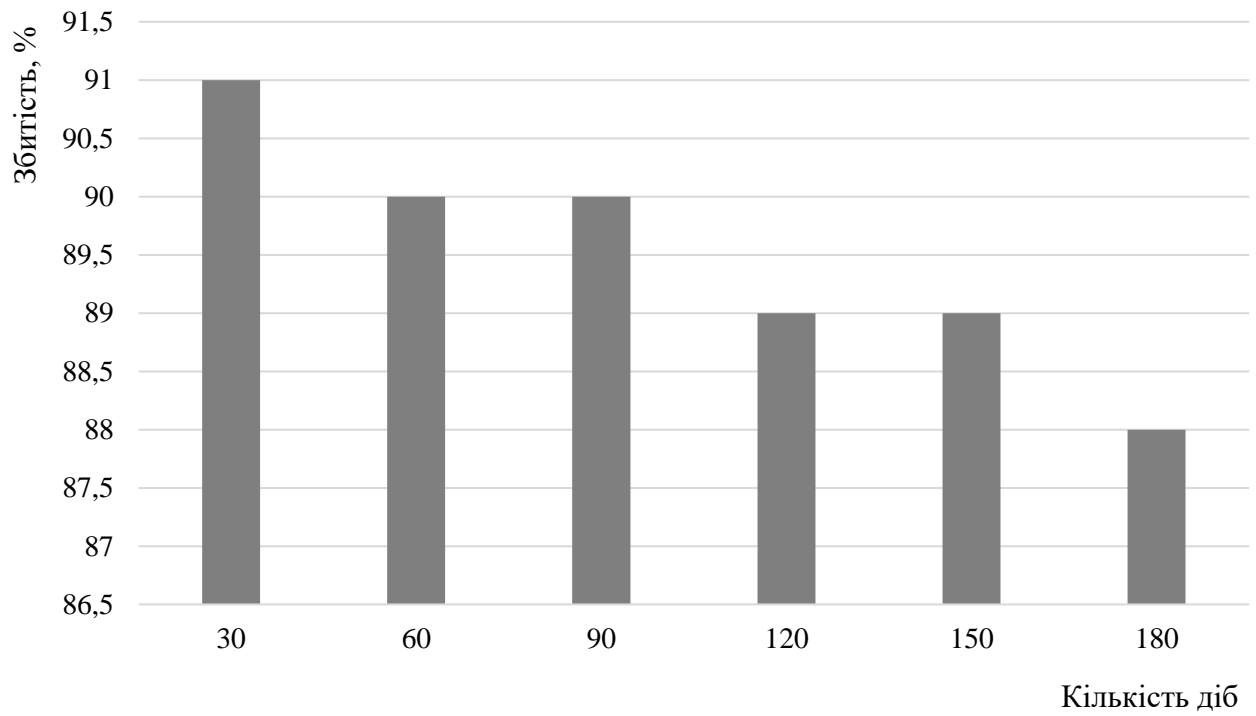


Рис. 5.12 – Зміна показника збитості низьколактозного морозива під час зберігання

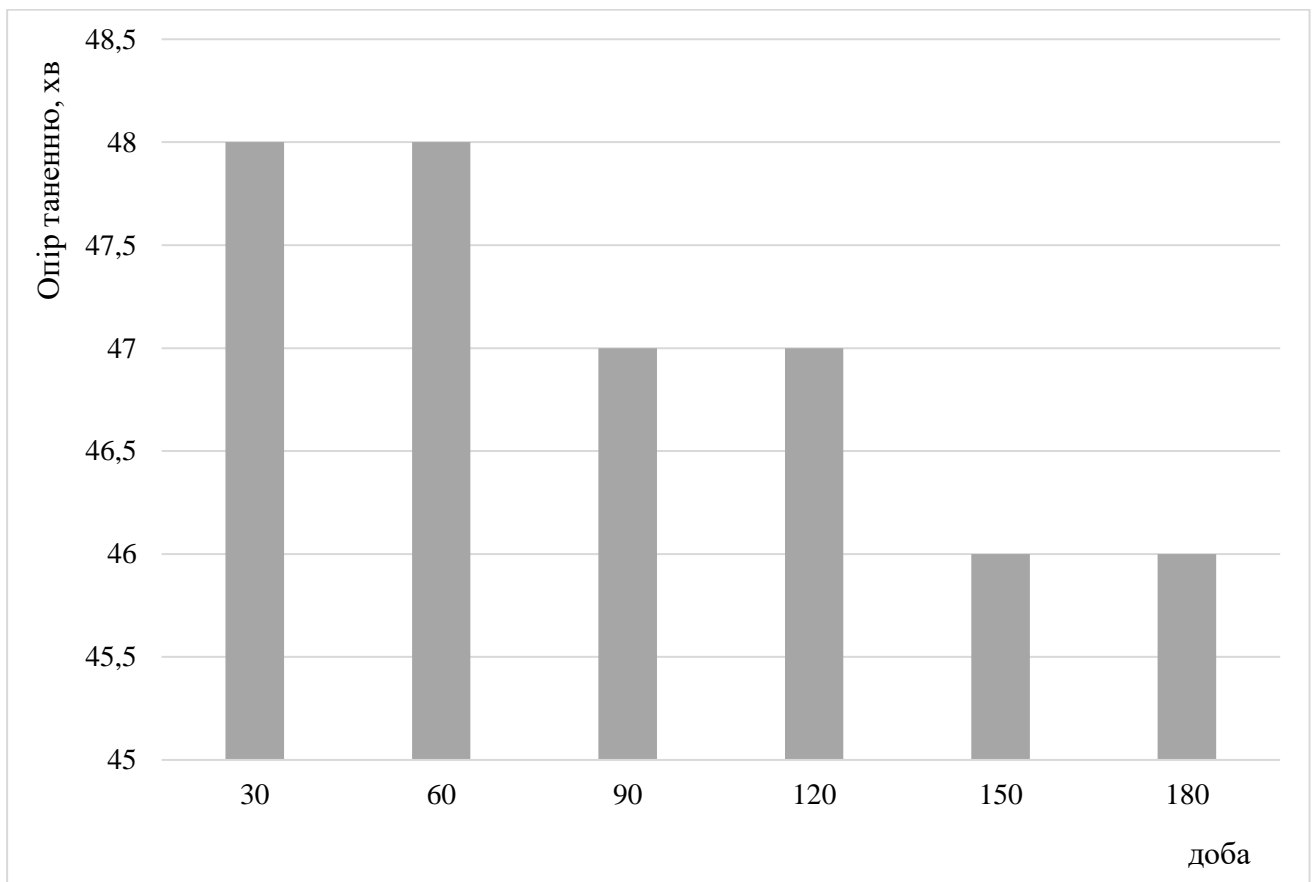


Рис. 5.13 – Зміна показника опору морозива таненню під час зберігання

Аналіз отриманих результатів (рис. 5.12, 5.13) показує, що у дослідному зразку протягом 180 діб зберігання показники якості (збитість та опір таненню) змінилися не значно, а саме: збитість зменшилась на 3,3%, а опір таненню – на 4,2%. Це обумовлено операцією визрівання суміші, яка покращує показники якості морозива під час визрівання, частковою гідратацією молочних білків та стабілізаційної системи, адсорбцією поверхнево-активних речовин, що містяться в стабілізаційній системі та маслянці на поверхні жирових кульок, а також твердінням гліцеридів жиру у вигляді змішаних кристалів всередині них.

В табл. 5.23 наведені результати визначення дисперсності основних структурних елементів у зразках низьколактозного морозива при зберіганні.

Таблиця 5.23

Дисперсність структурних елементів у морозиві при зберіганні

Зразок	Основні структурні елементи, середній розмір, мкм	
	кристали льоду	повітряні пухирці
після загартування	29	42
через 1 місяць	30	41
через 2 місяці	31	41
через 4 місяці	32	40
через 6 місяців	33	39

Після загартування та в процесі зберігання в зразку морозива утворюються дрібні, органолептично невідчутні (менше 50 мкм) кристали льоду (табл. 5.23). Середні розміри кристалів льоду при зберіганні збільшилися на 13,7 %. Середні розміри повітряних пухирців зменшилися на 7,1%. Кристали лактози не ідентифіковані. Вміст лактози в зразках становить 0,99 %.

Результати проведених досліджень дають можливість стверджувати, що гарантований термін зберігання досліджуваного продукту повинен бути не більше 180 діб при температурі мінус 26...мінус 28 °С. Протягом цього часу зберігаються пробіотичні властивості зразків низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, незначні зміни фізико-хімічних показників зразків низьколактозного морозива не впливають на органолептичні показники продукту, а відсутність БГКП є вагомим доказом правильності вибору всіх режимів основних технологічних

процесів та свідчать про збереження якості продукту у процесі зберігання і його повну відповідність усім вимогам нормативно-технічної документації.

Розроблений проект документації на низьколактозне синбіотичне йогуртове морозиво (див. Додатоки Ж).

На підставі отриманих експериментальних даних було проведено промислову апробацію технології низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива в умовах підприємства ПП «Дьякончук» (м. Одеса), що підтверджено актом впровадження (див. Додаток З). Готові види низьколактозного морозива схвалені дегустаційною комісією (див. Додаток З).

Проведені економічні розрахунки засвідчили, що виробництво низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива на основі безлактозного білкового концентрату маслянки дозволить отримати від 3391,5 до 3655,2 грн додаткового прибутку на 1 т морозива (див. Додаток К).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Найактивнішими мікробіологічними культурами, які продукують фермент лактазу, для виробництва низьколактозного морозива є заквашувальні культури: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, а *Bifidobacterium animalis* надає продукту пробіотичні властивості.

2. Встановлено раціональна масова частка сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, що входить до рецептури йогуртної основи – 5,0 % від її маси, що забезпечує підвищення СЗМЗ до 11,0 %.

3. Встановлено, що сквашування йогуртної основи з комбінацією заквашувальних культур DVS: FD YF-903 + La-5 + Bb-12 проходить за 5,0 годин (до рН 4,6). Отримані зразки ферментованої йогуртної основи характеризувались високим вмістом корисної мікрофлори (найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів – $2,5 \cdot 10^8$ КУО/см³, біфідобактерій – $3,0 \cdot 10^9$ КУО/см³).

4. Підібрано оптимальне співвідношення безлактозного білкового концентрату з маслянки (ББКМ) та йогуртної основи (Й), що становить для ББКМ (ФК=5)/Й – 59,4/40,6. Обґрунтовано вибір рецептурних складових для виробництва низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива, масові частки яких склали: інуліну – 3,69 %; лактулози – 1 %; імбиру – 0,3 %; лимонної кислоти – 0,15 %; стабілізаційної системи – 0,2 %. Вміст лактози в дослідному зразку суміші морозива становив – 0,99 %, антиоксидантна активність – вища у 3,1 рази, ніж традиційне молочне йогуртове морозиво.

5. Суміш низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива має більшу в'язкість і стабільність структури в порівнянні з сумішшю морозива із лактозою. В момент руйнування структури ефективна в'язкість суміші низьколактозного морозива вища у 2 рази.

6. За показниками розміру кристалів льоду, розміру повітряних пухирців, збитістю та опором таненню низьколактозне морозиво якісно відрізняється від класичного.

7. Встановлено, що раціональна температура розчинення сухих компонентів

40...45 °С, витримка 20...40 хв.; температура пастеризації 85...87 °С, витримка 50...60 с, забезпечують високу якість морозива. Рекомендована температура фризеравання мінус 2,0...мінус 3°С.

8. Висока кількість в низьколактозному синбіотичному морозиві лакто- ($2,5 \cdot 10^8$ КУО/см³) і біфідобактерій ($3 \cdot 10^9$ КУО/см³) свідчить про високу пробіотичну дію.

9. Термін зберігання низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива 180 діб при температурі мінус 26...мінус 28 °С гарантує стабільність основних якісних показників та високий вміст корисної мікрофлори.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтована доцільність і технологічна можливість виробництва безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів на основі мембранних процесів видалення лактози і використання його при виробництві синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива та зроблені наступні висновки:

1. Встановлена доцільність використання ультрафільтрації для концентрування білково-ліпідної фракції маслянки та її діафільтрація НФ пермеатом для видалення лактози при умові належного вибору НФ мембран, що забезпечують високу селективність за лактозою.

2. Розроблена прикладна методика розрахунку для оцінки ефективності процесу діафільтрації маслянки, яка дозволяє оцінити основні показники ефективності процесу: тривалість процесу, об'єм розчинника (діафільтраційний об'єм) і ступінь очищення від лактози; визначений оптимальний варіант діафільтрації – безперервний з перехресним потоком НФ пермеату: тривалість процесу – 4,8 год., діафільтраційний об'єм – 384 дм³ на вихідні 10 дм³ концентрату маслянки, кінцева концентрація лактози після очищення – 0,15 %.

3. Визначений фактор концентрування при ультрафільтрації, що становить $FK=5$, при якому можливо максимально сконцентрувати білково-ліпідну фракцію маслянки.

4. Визначені основні характеристики НФ мембран марки ОПМН: питома продуктивність за фільтратом $G = 15 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$ при тиску 1,0...2,0 МПа; селективність за лактозою $R = 99,7 \%$; за мінеральними солями $R = 0 \%$, що забезпечують використання НФ пермеату як розчинника при діафільтрації.

5. Досліджений процес безперервної діафільтрації УФ ретентату маслянки. Встановлено основні фактори, які впливають на процес діафільтрації: проникність мембран, їх селективність, діаоб'єм, осмотичний тиск розчину.

6. Розроблена технологія безперервного одержання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки та установка для її реалізації, що містить сполучені між собою технологічними трубопроводами контури: ультрафільтрації, діафільтрації, нанофільтрації. Установка забезпечить безперервність процесу через певні співвідношення витрат потоків: УФ ретентату і ДФ ретентату; НФ пермеату і УФ пермеату; НФ ретентату і УФ пермеату (II); НФ пермеату і УФ ретентату.

7. Обґрунтовані режими пастеризації, сушіння і зберігання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, досліджено вплив режимів на показники якості концентрату.

8. Розроблені науково-обґрунтовані рецептури і технологія низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива на основі безлактозного концентрату маслянки з підвищеними функціональними властивостями.

9. Розроблено нормативну документацію на безлактозні білкові концентрати сухі (ТУ У 15.5-36759161-009:2019 та ТІ до ТУ У), рідкі (ТУ У 15.5-36759161-008:2019 та ТІ до ТУ У) та проект документації на низьколактозне синбіотичне йогуртове морозиво (ТУ У та ТІ до ТУ У). Розроблені технології безлактозних концентратів пройшли промислову апробацію на ТОВ «ТЕРРА ФУД» Тульчинська філія (м. Тульчин, Вінницька область), розроблена технологія низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива – на СПД Дьякончук (м. Одеса). Впровадження технологій у виробництво дозволить отримати чистий прибуток в сумі 3870,15 тис. грн., що окупить необхідні для впровадження капітальні вкладення в розмірі 22295,5 тис. грн. протягом 2,93 років, що є економічно ефективним.

ЛІТЕРАТУРА

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. 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, T. 57, №. 15, С. 3344–3356. doi:10.1080/10408398.2015.1123671.

3. Проект Закону України від 07.12.2017 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України (щодо особливостей обігу на території України функціональних харчових продуктів)».

4. 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, T.27, №.2, С. 1–27.

5. Heyman M. B. Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. *Pediatrics.*, 2006, T. 118, №. 3, С. 1279–1286.

6. Zaitlin P., Dwyer J., Gleason G. R. Mistaken beliefs and the facts about milk and dairy foods. *Nutrition Today*, 2013, T. 48, №.3, С. 135–143. doi:10.1097/NT.0b013e3182941c62

7. Misselwitz B., Pohl D., Frühauf H., Fried M., Vavricka S. R., Fox M. Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European gastroenterology journal*, 2013, T. 1, №. 3, С. 151–159.

8. Nicklas T. A., Qu H., Hughes S. O., He M., Wagner S. E., Foushee H. R., Shewchuk R. M. Self-perceived lactose intolerance results in lower intakes of calcium and dairy foods and is associated with hypertension and diabetes in adults. *The American journal of clinical nutrition*, 2011, T. 94, №. 1, С. 191–198. doi:10.3945/ajcn.110.009860

9. Heaney R. P. Dairy intake, dietary adequacy, and lactose intolerance. *Advances in nutrition*, 2013, T. 4, №. 2, С. 151–156. doi:10.3945/an.112.003368

10. Пеухкури К., Хапонен Х. Данные исследований непереносимости лактозы. Молочные продукты Valiio Zero Lactose, 2008, С. 5.
11. Di Rienzo T., D'angelo G., D'aversa F., Campanale M. C., Cesario V., Montalto M., Ojetti V. Lactose intolerance: from diagnosis to correct management. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2013, Т. 17, №. 2, С. 18–25.
12. Lomer M. C. E., Parkes G. C., Sanderson J. D. Lactose intolerance in clinical practice—myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 2008, Т.27, №.2, С. 93–103. doi:10.1111/j.1365-2036.2007.03557.x
13. Matthews S. B., Waud J. P., Roberts A. G., Campbell A. K. Systemic lactose intolerance: a new perspective on an old problem. *Postgraduate Medical Journal*, 2005, Т.81, №. 953, С. 167–173. doi:10.1136/pgmj.2004.025551
14. Cuartas-Uribe B., Alcaina-Miranda M.I., Soriano-Costa E. A study of the separation of lactose from whey ultrafiltration permeate using. *Desalination*, 2009, Vol. 241, P. 244–255.
15. Atra R., Vatai G., Bekassy-Molnar E., Balint, A. Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of Food Engineering*, 2005, №.67, P. 325–332. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.035.
16. Грек О. В., Поліщук Г.Є., Онопрійчук О.О. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки: Навч. Посіб. К.: НУХТ, 2010, 258 с.
17. Цісарик О.Й., Михайлицька О.Р., Сливка Н.Б., Турчин І.М. Технологія молочних продуктів з вторинної сировини: Навчальний посібник. Львів, Ліга-Прес, 2014, 350 с.
18. Храмов А. Г., Василисин С. В., Рябцева С. А., Воротникова Т. С. Технология продуктов из вторичного молочного сырья: Учебное пособие. СПб.: ГИОРД, 2009, 424 с.
19. Вышемирский Ф.А. Пахта: минимум калорий – максимум биологической ценности. *Молочная промышленность*, 2011, № 8, С. 43-45; №9., С.54–56.
20. Храмов А.Г. Рациональное использование белково-углеводного сырья. *Молочная пром-сть*, 1994, №1, С.8–9.

21. Чагаровський О.П., Ткаченко Н.А., Лисогор Т.А. Хімія молочної сировини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: «Сілекс-прінт», 2013, 268 с.
22. 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, Т. 86, №. 7, С. 2297-2307.
23. Contarini G., Povolo M. Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, Т. 14, №. 2, С. 2808-2831.
24. 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, Т. 18, №. 5, С. 436-457.
25. Vanderghem C., Bodson P., Danthine S., Paquot M., Deroanne C., Blecker C. Milk fat globule membrane and buttermilks: from composition to valorization. Base, 2010.
26. 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, Т. 61, №. 2, С. 364-372.
27. Хайдукова Е.В.: Разработка технологии низколактозных напитков на основе пахты. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Вологда–Молочное, 2000, 89 с.
28. 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.
29. Дейниченко Г.В., Юдина Т.И. Использование пахты для получения молочно-белкового концентрата. Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. Харків: ХДАТОХ, 1999, С. 23–26.
30. Хандак Р.Н., Гончаров А.И., Андреева М.И. Технологические особенности переработки пахты, молока и сыворотки с применением мембранной техники. Обзорная информация. Сер. Молочная промышленность. М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1984, 36 с.

31.Юдіна Т.І. Розробка молочно-білкового концентрату із сколотин та його використання у технологіях продуктів харчування: дис. канд. техн. наук: 05.18.16. Харків, 2001, 158 с.

32.Юдіна Т.І., Дейниченко Г.В., Мазняк З.О. Дослідження хімічного складу білкового концентрату сколотин, одержаного методом ультрафільтрації. Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. Вип. 7. Донецьк: ДонДУЕТ, 2002, С. 171–174.

33.Просеков А. Ю. Концептуальные аспекты пенообразования в молочных системах. Хранение и переработка сельхозсырья, 2002, №. 2, С. 24–27.

34.Дейниченко Г.В., Юдіна Т.І., Старостеле О.В. Вплив стабілізаторів на процес піноутворення в модельних системах коктейлів на основі сколотин. Обладнання та технології харчових виробництв, 2013, Вип. 31, С. 155–163.

35.Visser R.A., Vander Bos M.J., Ferduson W.P. Lactose and its chemical derivatives. Bull. Int. Dairy Red, 1988, №.233, P.33–34.

36.Брык М.Т. Енциклопедія мембран: У 2 т. Київ: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2005,Т.1, 658 с.

37.Брык М.Т. Енциклопедія мембран: У 2 т. Київ: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2006, Т.2, 684 с.

38.Мазняк З.О. Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин та його апаратурне оформлення: дис. канд. техн. наук: 05.18.12. Х., 2003, 207с.

39.Чагаровський А. П. Ультрафильтрационная обработка молочного сырья и тенденция дальнейшей ее переработки. Обзорная информ. М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1986, 57 с.

40. Аветисян М.Г. Процесс ультрафильтрации пахты на аппарате с плоскими фильтрующими, элементами: Автореферат дис. канд. техн. наук. М., 1987. 22 с.

41. Чагаровский А.П. Технологические основы применения ультрафильтрации в процессах консервирования и переработки молочного сырья: дис. доктора техн. наук: 05.18.04. Одесса, 1989, 300 с.

42. Ожгихина Н.Н., Вишемирский О.А. Переработка пахты методом ультрафильтрации и использование получаемых фракций на пищевые цели. В кн.: производство и применение в народном хозяйстве биологически активных веществ молока: Тез. Докл. Научно-техническая конф., Ставрополь, 1982, С.34-36.

43. Мурашов В.В., Маслов А.М. Некоторые технологические аспекты переработки обезжиренного молока и пахты мембранными методами. Актуальные проблемы переработки молока и производства молочных продуктов: Тез. докл. н.-т. конф. Вологда, 1989, С.211-212.

44. De Boer R., Hiddinr J. Membrane processer in the dairy industry. *Desalination*, 1980, P. 169-192.

45. Daufin, G., Escudier J.P., Carrere H., Berot S., Fillau deau L., Decloux M. Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry. *Transactions of the Institute of Chemical Enginneers*, 2001, V 79. P. 89-102.

46. Круглик, В.И. Разработка технологии сухих молочно-белковых концентратов с применением ультра- и диафильтрации: дис. канд. техн. наук: 05.18.13: защищена 05.12.1986. Одесса: ОТИПП им. М.В. Ломоносова, 1986, 249 с.

47. Дейниченко Г.В., Мазняк З.О., Золотухіна І.В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини. Харків: Факт, 2008, 208 с.

48. Дейниченко Г.В., Мазняк З.А. Интенсификация ультрафильтрации пахты. *Молочная промышленность*, 2003, №.6, С.58-59.

49. Бондар С.М. Технології поводження з технологічними відходами харчової промисловості: навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2010, 120 с.

50. Kovács Z., Fikar M., Czermak P. Mathematical modeling of diafiltration // *Hungarian Journal of Industrial Chemistry*, 2009. T. 37. №. 2. С. 159-164.

51. Foley G. The Lambert W Function in Ultrafiltration and Diafiltration. *Chemical Engineering Education*, 2016, Vol. 50, n. 2, P. 107–111.

52. Takači A., Žikić-Došenović T., Zavargó Z. Mathematical model of variable volume diafiltration with time dependent water adding. *Engineering Computations*, 2009, Vol. 26, Issue: 7, P. 857–867. doi.org/10.1108/02644400910985215

53. Paulen, R., Fikar M., Foley G., Kovács Z., Czermak P. Time-optimal batch diafiltration. Preprints of the 8th IFAC Symposium on Advanced Control of Chemical Processes The International Federation of Automatic Control Furama Riverfront, Singapore, July 10–13, Singapore, 2012, P. 804–809. doi.org/10.3182/20120710-4-SG-2026.00070

54. Дейниченко Г.В., Мазняк З.А., Гузенко В.В. Моделирование мембранных технологий в процессе концентрирования белково-углеводного молочного сырья. Наукові праці. Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2015, Вип. 47(1), С. 106–109.

55. Круглик В.И. Методические принципы расчета процессов мембранного фракционирования гидролизатов молочных белков. Техника и технология пищевых производств. Кемерово: КемТИПП, 2009, №. 3, С. 101–105.

56. Смыков, И.Т. Использование нанопроцессов и нанотехнологий в переработке молока. Переработка молока, 2008, №.12, С. 24-28.

57. Смыков, И.Т. Нанотехнологии в производстве молочных продуктов. Переработка молока, 2007, №.12, С. 24-27.

58. Исламов, М. Н., Омаров М.Н. Перспективные направления использования мембранных технологий в пищевой индустрии. Пищевая промышленность, 2015, №. 10, С. 16-18.

59. Горбатьюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Колос, 1999. 335 с.

60. Гаврилов В.Г. Разработка и исследование технологии производства безлактозного молока: дис. канд. техн. наук: 05.18.04: защита: 28.05.2014. Кемерово, 2014, 115 с.

61. Патент США на винахід № 6881428 «Process for making a lactose-free milk and milk so processed», опубл. 19.04.2005 р.

62. Патент EP №0226035 A1 «A process for the specific separation of lactose from milk», опубл. 24.06.87 р., бюл. № 87/26.

63. Патент РФ на винахід № 2443116, опубл. 27.02.2012 Бюл. № 6.

64. Choi S. H., Lee S.-B., Won H.-R. Development of Lactose-hydrolyzed Milk with Low Sweetness Using Nanofiltration. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20 (6), 2007, P. 989-993.

65. Патент РФ на винахід №2551230 «Низколактозный и безлактозный молочный продукт и способ его получения», опубл. 20.05.2015, бюл. №14.

66. Міжнародна заявка на винахід №2007/076873, «Low-carbohydrate milk with original calcium», опубл. 13.09.2007 р.

67. Патент EP №1503630 «Process for producing a lactose-free milk product», опубл. 24.10.2007 р., бюл № 43).

68. По материалам компании «Валио» «Низколактозные и безлактозные молочные продукты». *Молочная промышленность*, 2010, №.7, С.28-30.

69. Пашковская О. Низколактозные и безлактозные продукты компании Valio. *Переработка молока*, 2007, №. 11, С. 42.

70. Храмцов А.Г., Евдокимов И.А., Куликова И.К., Ерешова В.Д. Исследования в области получения безлактозных молочных продуктов. Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия-2009». М.: АНО «Молочная промышленность», 2009.

71. Jelen P., Tossavainen O. Low lactose and lactose free milk and dairy products – prospects, technologies and applications. *Australian Journal of Dairy Technology*, 2003, volume 58, number 2, P. 161-165.

72. Novalin S, Neuhaus W and Kulbea KD. A new innovative process to produce lactose-reduced skim milk. *Journal of Biotechnology*, 2005, №.119, P. 212-218.

73. Кунижев С.М., Шуваев В.А. Новые технологии в производстве молочных продуктов. Москва: ДеЛи принт, 2004. 203 с.

74. 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 та технологія*, 2017, Том 11, № 3, С.35-41.

75. Ипатов, М. Г., Дубровская, М. И., Корнева, Т. И., Кургашева, Е. К., Мухина, Ю. Г. Лактазная недостаточность у детей раннего возраста и особенности

питания при патологии. Разбор клинических случаев. Вопросы современной педиатрии, 2012, Т. 11, №. 1.

76.Евдокимов И.А., Куликова И.К., Ерешова В.Д. Получение продуктов с пониженным содержанием лактозы. Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета, 2010, №. 2.

77.Романчук І.О. Семінар для спеціалістів молочної галузі, 15 квітня 2016 р.

78.Ganga S.M. Ashish K. S., Narender R. P., and Sumit A. ilk protein concentrates: opportunities and challenges. Journal of food science and technology, 2017, Т. 54, №. 10, С. 3010-3024.

79.Agarwal S, Beausire RL, Patel S, Patel H. Innovative uses of milk protein concentrates in product development. Journal of food science, 2015, Т. 80, №. S1, С. A23-A29. doi: 10.1111/1750-3841.12807.

80.Patel H., Patel S., Agarwal S. Milk protein concentrates: Manufacturing and applications. US Dairy Export Council, 2014, С. 3-4.

81.Havea P. Protein interactions in milk protein concentrate powders. International Dairy Journal, 2006, Т. 16, №. 5, С. 415-422.. doi: 10.1016/j.idairyj.2005.06.005.

82.Tong P. S., Smithers G. W. 12 The Future of Dairy Ingredients: Critical Considerations That Will Underpin Future Success. Advances in Dairy Ingredients, 2013, С. 313.

83.Sikand V, Tong PS, Roy S, Saona LER, Murray BA. Solubility of commercial milk protein concentrates and milk protein isolates. Journal of dairy science, 2011, Т. 94, №. 12, С. 6194-6202. doi: 10.3168/jds.2011-4477.

84.Alvarez VB, Wolters CL, Vodovotz Y, Ji T. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. Journal of Dairy Science, 2005, Т. 88, №. 3, С. 862-871. doi: 10.3168/jds. S0022-0302(05)72752-1.

85.Fang Y, Rogers S, Selomulya C, Chen XD. Functionality of milk protein concentrate: Effect of spray drying temperature. Biochemical Engineering Journal, 2012, Т. 62, С. 101-105. doi: 10.1016/j.bej.2011.05.007.

86. Guiziou GG. Concentrated milk and powders. In: Tamime AY, editor. Membrane processing: dairy and beverage applications. 1. Hoboken: Wiley; 2013, P. 128–140.

87. McCarthy NA, Kelly PM, Maher PG, Fenelon MA. Dissolution of milk protein concentrate (MPC) powders by ultrasonication. *Journal of Food Engineering*, 2014, T. 126, C. 142–148. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.11.002.

88. Yanjun S, Jianhang C, Shuwen Z, Hongjuan L, Jing L, Lu L, Uluko H, Yanling S, Wenming C, Wupeng G, Jiaping L. Effect of power ultrasound pre-treatment on the physical and functional properties of reconstituted milk protein concentrate. *J Food Eng.*, 2014, №. 124, P.11–18. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.013.

89. Lagrange V, Whitsitt D, Burriss C. Global market for dairy proteins. *J Food Sci.*, 2015, №.80, A16–A22. doi: 10.1111/1750-3841.12801.

90. Юдіна Т.І. Наукове обґрунтування технологій структурованої кулінарної продукції з використанням концентратів сколотин: дис. докт. техн. наук: 05.18.16. Київ, 2016, 406 с.

91. Орлова Т.А. Использование фракционирования молочного сырья полисахаридами в производстве функциональных продуктов питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2003, №.8, С.96–97.

92. Гніщевич В., Юдіна Т., Дейниченко Л. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів. *Товари і ринки*, 2016, No.2, С.148–157.

93. Mistry, V. V. Manufacture and application of high milk protein powder. *Lait*, 2002, №.82, P.515–522

94. Crowley SV, Gazi I, Kelly AL, Huppertz T, O'Mahony JA. Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders. *J Food Eng.*, 2014, №.135, P.31–38. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.03.005.

95. Ye A. Functional properties of milk protein concentrates: emulsifying properties, adsorption and stability of emulsions. *Int Dairy J.*, 2011, №.21(1), P.14–20. doi: 10.1016/j.idairyj.2010.07.005

96.Cao J, Zhang W, Wu S, Liu C, Li Y, Li H, Zhang L Effects of nanofiltration and evaporation on the physiochemical properties of milk protein during processing of milk protein concentrate. *Journal of dairy science*, 2015, Т. 98, №. 1, С. 100-105.

97.Sikand V, Tong PS, Walker J. Effect of adding salt during the diafiltration step of milk protein concentrate powder manufacture on mineral and soluble protein composition. *Dairy Science & Technology*, 2013, Т. 93, №. 4-5, С. 401-413.

98.Baldwin A. J. Insolubility of milk powder products—a minireview. *Dairy science & technology*, 2010, Т. 90, №. 2-3, С. 169-179.

99.Будрик В. Г., Бурыкин А.И. Ресурсосбережение при совершенствовании производства сухих молочных продуктов. *Переработка молока*, 2015, № 12, С. 28–31.

100.Кузнецов П. В., Габриелова В.Т., Мертин П. О выборе оборудования для сушки молока и сыворотки. *Молочная промышленность*, 2015, № 3, С. 34–37.

101.Пахомов А.Н., Сорокина Н.С., Баландина А.В. Интенсификация процесса сушки жидкой послеспиртовой барды в аппарате с кипящим слоем инертных. *Инженерный вестник Дона*, 2014, №4, [Электронный ресурс], Режим доступа. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2727

102.Gyenis J., Pallai-Varsányi E., Tóth J. Drying of Heat Sensitive Materials of High Moisture Content in Mechanically Spouted Bed of Inert Particles, 2008.

103.Kudra T., Mujumdar A.S. *Advanced Drying Technologies*. New York: by Taylor & Francis Group, LLC, 2009, 455 p.

104.Re H. J., Freire J. T. Drying of Pastelike Materials in Spouted Bed. In Proc. of The 6th Intern. Drying Symposium, IDS'88, Versailles, France, 1988, OP.119.

105.Markowski A. S. Drying characteristics in a jet-spouted bed dryer. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 1992, Т. 70, №. 5, С. 938-944.

106. Blasco R., Diaz G., Reyes, A. Pneumatic suspension drying. In: *Drying'96*. C. Strumillo and Z. Pakowski (Eds.). Proc. 10th International Drying Symposium (IDS'96). Krakow, Poland, 1996, P. 427–434.

107. Limaverde, J. R., Limaverde, J. R., Jr. and Finzer, J. R. D. Pastelike materials drying in rotary dryer with inert bed. Proc. 12th International Drying Symposium (IDS2000). Noordwijkerhout, The Netherlands (CD-ROM, paper 341).

108. Pallai, E., Szentmarjay, T. and Mujumdar, A. S. Spouted bed drying. In: Handbook of Industrial Drying. A. S. Mujumdar (Ed.). 3rd edition. Taylor & Francis. Boca Raton. FL, 2007, P. 363–384.

109. Шарахматова Т., Танасова Г. Розвиток галузі морозива в Україні. Продовольча індустрія АПК. №5, 2015, С.7–9.

110. Шарахматова Т.Є., Лозова О.О. Розробка технології морозива для людей з лактазною недостатністю. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. Міністерство освіти і науки України. Одеса, 2009, Вип. 36, Т.2, С.31.

111. Способ производства мороженого безлактозного. Заявка РФ на винахід №2011100604/13, опубл. 20.07.2012 р., бюл. №20.

112. Макарова Е.В., Текутьева Л.А., Фиценко Е.С., Сон О.М. Разработка рецептуры мягкого мороженого с про- и пребиотическими свойствами. Питание и здоровье, 2012, №10, С.54–55.

113. Єрешова В.Д. Разработка технологии низколактозного мороженого: дис. канд. техн. наук: 27.10.11. Ставрополь, 2011, 152 с.

114. Кос Т., Попова І., Сухенко В., Василів В. Виробництво низьколактозного морозива, збагаченого натуральним вітамінним комплексом. Продовольча індустрія АПК: науково-практичний журнал, 2016, № 3, С. 14–19.

115. Шарахматова Т. Є. Розробка технології безлактозного морозива, збагаченого пробіотичними культурами. Харчова наука і технологія, 2010, №. 2, С. 83–87.

116. Евдокимов И.А., Куликов И. К., Эрешова В. Д., Анисимов С. В., Медведева В. Г. Использование ферментативного гидролиза в технологии низколактозного мороженого. Молочная промышленность, 2011, №10, С. 68-70.

117. Арсеньева Т.П., Яковлева Ю.А., Максотова Р.М., Оразбек А.О. Низколактозное сливочное мороженое для диабетиков. Научный журнал НИУ

ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2012, вып. 1(13), С. 1–7.

118.Cruz A. G., Antunes A.E.C., Sousa A.L.O.P., Faria J.A.F., Saad S.M.I. Ice cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 2009, Vol. 42, P. 1233–1239.

119.Soukoulis C., Lyroni E., Tzia C. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content // *LWT-Food Science and Technology*, 2010, Vol. 3, No. 9, P. 1351–1358. doi: 10.1016/j.lwt.2010.05.006

120.Ахмедова В. Р., Рябцева С.А., Анисимов Г.С. Научное обоснование способа получения кисломолочного мороженого с пребиотическими компонентами. *Техника и технология пищевых производств*, 2015, № 4. С.5–11.

121.Bourne, M. C. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement* (2nd ed.). San Diego. Academic Press, 2012, 356 p.

122.Евдокимов И. А., Куликов И. К., Эрешова В. Д., Анисимов С. В., Медведева В. Г. Использование ферментативного гидролиза в технологии низколактозного мороженого. *Молочная промышленность*, 2011, №10, С. 68-70.

123.Чагаровский А.П., Погосян А.С. Ферментативный гидролиз лактозы препаратами β -галактозидазы – новое направление повышения эффективности производства мороженого и замороженных десертов. *Світ морозива та холоду*, 2006, №.5(17), С. 36-39.

124.Vidisha Tomer, Arun Kumar. Development of High Protein Ice-Cream Using Milk Protein Concentrate. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT)* e-ISSN: 2319-2402, ISSN: 2319-2399. Volume 6, Issue 5 (Sep. - Oct. 2013), P. 71–74.

125.Лифляндский В. Г. *Новейшая энциклопедия здорового питания*, 2004.

126.Корниенко Е. А. Современные принципы выбора пробиотиков. *Детские инфекции*, 2007, Т. 6, № 3.

127.Надточий Л.А., Орлова О.Ю. Инновации в биотехнологии. Часть 2. Пищевая комбинаторика. учебно-методическое пособие. СПб. Изд-во Ун-та ИТМО, 2014, 43 с.

128.Хамагаева И.С., Бояринцева И.В., Потапчук Н.Ю. Исследование пробиотических свойств комбинированной закваски. Техника и технология пищевых производств, 2013, № 1, С. 1-5.

129.Абатуров А. Е., Герасименко О. Н., Высочина И. Л., Кривуша Е. Л., Агафонова Е. А., Гирина И. А., Узилевская И. А.. Бактерицидная активность пробиотических средств. Здоровье ребенка, 2013, №. 8 (51).

130.Фадеева Н.А. Роль микрофлоры тонкой кишки в развитии вторичной лактазной недостаточности: дис. канд. мед. наук: 14.01.28. М., 2014. 152 с.

131.Дидух Н.А., Могилянская Н.А. К вопросу производства ферментированных молочных напитков диабетического назначения. Молочна промисловість, 2008, №.3(46), С.44-47.

132.Tsuda H., Miyamoto T. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food, 2002 //Food science and technology research, 2010, Т. 16, №. 1, С. 87-92.

133.Полтавська О. А., Коваленко Н. К. Біфідобактерії і їх біологічні властивості. Мікробіологія і біотехнологія, 2008, №. 1 (2), С. 8-17.

134.Гинзбург О. П. Третье поколение йогуртных культур yoflex®-новые возможности. Переработка молока, 2011, №. 9, С. 8-9.

135.Juvonen R., Virkajärvi V., Priha O., Laitila A. Microbiological spoilage and safety risks in non-beer beverages. VTT Tiedotteita-Research Notes, 2011, Т. 2599.

136.Ирkitова А.Н., Каган Я.Р., Сергеева И.Я. Свойства, экологические аспекты и практическое значение ацидофильной палочки. Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока, 2011, № 8, С. 207–239.

137.Корниенко Е. А., Мазанкова Л. Н., Горелов А. В., Ших Е. В., Намазова-Баранова Л. С., Беляева И. А. Применение пробиотиков в педиатрии: анализ

лечебного и профилактического действия с позиций доказательной медицины. Лечащий врач, 2015, Т. 9.

138.ДСТУ 3662–97. Молоко коров'яче незбиране.

139.ГОСТ 26754–85. Молоко. Методы измерения температуры

140.ГОСТ 3624–92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

141.ДСТУ 8550:2015. Молоко та молочні продукти. Вимірювання рН потенціометричним методом.

142.ГОСТ 3625–84. Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности (с Изменением N 1).

143.ДСТУ ISO 7208–2002. Молоко знежирене, сироватка та маслянка. Гравіметричний метод визначання вмісту жиру (Контрольний метод) (ISO 7208:1999, IDT).

144.Инихов Г.С., Брио Н.П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М. Пищевая промышленность, 1971, 424 с.

145.ДСТУ 8063:2015. Продукти молочні сухі. Визначення загального білка методом К`ельдаля.

146.ДСТУ 8552:2015. Молоко та молочні продукти. Методи визначання вологи та сухої речовини.

147.ДСТУ 8574:2015. Продукти молочні. Методи визначення масової частки вологи в молочних сухих і згущених продуктах та молоковісних консервах.

148.ДСТУ ГОСТ 30562:2003 (ИСО 5764-87). Молоко. Визначення точки замерзання. Термісторний кріоскопічний метод.

149.ГОСТ 30305.4–95. Продукты молочные сухие. Методика выполнения измерений индекса растворимости.

150.Стандарт ФРН ДІН 10344-82. Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы. – Введ. 01.01.2000. –М.: Стандартиформ, 2009. Группа Н19.

151.ГОСТ 26183–84 (ДСТУ 4556:2006). Молоко сухе швидкорозчинне.

152. Меркулова, Н.Г., Меркулов М.Ю., Меркулов И.Ю. Производственный контроль в молочной промышленности: практическое руководство. СПб.: Профессия, 2009, 656 с.

153. ГОСТ 3628. Молочные продукты. Методы определения сахара (с Изменениями N 1, 2).

154. ДСТУ ISO 22935-2-2011. Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки.

155. Поліщук Г.Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. докт. техн. наук: 05.18.04. Київ, 2013, 438 с.

156. ГОСТ 9225–84а. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа (с Изменениями N 1, 2, 3, 4).

157. ДСТУ IDF 73 А. Молоко і молочні продукти. Підрахунок кількості коліформ. Метод підрахунку колоній і метод визначення найімовірнішого числа за температури 30°C.

158. ДСТУ 7355:2013. Молоко, молочні продукти та закваски. Метод визначання кількості біфідобактерій.

159. ДСТУ ISO 6564:2005. Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору.

160. ДСТУ ISO 5495:2005. Органолептический анализ. Методология. Метод парного сравнения.

161. Патент на винахід 107506 С2 МПК G 01N 33/00 (2015.01). Спосіб визначення біологічної активності об'єктів природного походження. Хомич Г.П., Вікуль С.І., Капрельянц Л.В., Осипова Л.А., Лозовська Т.С. Власник Одеська національна академія харчових технологій. № U 201302626, заявл. 04.03.2013; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.

162. Bondar S., Trubnikova A., Chabanova O., Sharahmatova T. Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition

preserved. Харчова наука та технологія, 2018, Т. 12, №. 1, С. 90-98. doi: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.839>.

163.Бондар, С.М., Трубнікова А.А., Чабанова О.Б. Дослідження мембранного процесу видалення лактози з концентрату маслянки. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології, 2018, 20(85), 62-69. doi: 10.15421/nvlvet8512

164. Патент на корисну модель, рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель № 15348/ЗУ/19 від 19.06.2019р.; МПК А 23 С 9/04 (2006.01). Спосіб для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, В.А. Трубніков. № u 2019 00444; заявл. 16.01.19.

165.Патент на корисну модель № 135571 Україна, МПК А 23 С 9/04 (2006.01). Установка для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, В.А. Трубніков. – № u 2019 00437; заявл. 16.01.19; опубл. 10.07.19, бюл. № 13/2019.

166.Трубникова А. А. Контроль и управление непрерывным процессом мембранного удаления лактозы из пахты. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП» 2018, № 16 (1292), С. 177-183. doi:10.20998/2413-4295.2018.16.26

167.Eshpari H, Tong PS, Corredig M. Changes in the physical properties, solubility, and heat stability of milk protein concentrates prepared from partially acidified milk. Journal of dairy science, 2014, Т. 97, №. 12, С. 7394-7401.

168.Eshpari H., Jimenez-Flores R., Tong P. S., Corredig M. Partial calcium depletion during membrane filtration affects gelation of reconstituted milk protein. J. Dairy Sci, 2015, Т. 98, №. 12, С. 8454-8463.98. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9856>

169.Li Y., Corredig M. Calcium release from milk concentrated by ultrafiltration and diafiltration. Journal of dairy science, 2014, Т. 97, №. 9, С. 5294-5302. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7567>.

170.Бондар С.М., Лисогор Т.А., Чабанова О.Б. Дослідження фракційного розподілу кальцію при ультрафільтрації молока. Наукові праці ОНАХТ, 2003, №. 26, С.118–121.

171. Инструкция по микробиологическому контролю производства на предприятиях молочной промышленности. М., 1987. 122 с.

172.Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов" № 5061–89 від 01.08.89 р.

173.Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-2001). М.: ФГУП "ИнтерСЕН", 2002, 168 с.

174.Регламент (ЕС) № 2073/2005 о микробиологических показателях для пищевых продуктов. OJ L 338, 22.12.2005, p.1.

175.Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Бондар С.М., Шарахматова Т.Є. Одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2019, №. 45 (1321), С. 214-227. doi:10.20998/2413-4295.2017.12.01.

176.Погожих М.І., Потапов В.О., Пак А.О., Жеребкін М.В. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини. Навч. посібник. Х. ХДУХТ, 2016, 234 с.

177.Westergaard V. Milk powder technology. Niro A/S. Copenhagen, 2004.

178.Luo X., Ramchandran L., Vasiljevic T. Lower ultrafiltration temperature improves membrane performance and emulsifying properties of milk protein concentrates. Dairy science & technology, 2015, Т. 95, №. 1, С. 15-31. doi: 10.1007/s13594-014-0192-3.

179.Sharma A., Jana A. H., Chavan R. S. Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications—a review. Comprehensive Reviews in Food science and Food safety, 2012, Т. 11, №. 5, С. 518-528.

180.Савченко О.Д., Грек О.В., Красуля О.О. Актуальні питання технологій молочно-білкових концентратів: теорія і практика. Монографія. К. ЦП «Компринт», 2015, 298 с. ISBN 978.966.929.133.2

181. Anema S. Pinder D., Hunter R., Nemar Y. Effects of storage temperature on the solubility of milk protein concentrate (MPC85). *Food Hydrocolloids*, 2006, Т. 20, №. 2-3, С. 386-393.

182. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М.. Обґрунтування режимів зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*, 2019, Том 30 (69), №. 3, с.57-68.

183. ТУ У 46.39.079-96 «Маслянка-сировина. Технічні умови».

184. Носкова В.И. Разработка йогурта низколактозного маложирного: дис. канд. техн. наук: 05.18.04. М., 2006, 183 с.

185. Трубнікова А. А., Шарахматова Т.Є., Мамінтова К. О., Цупра О. С. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низколактозного морозива. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2018, №. 9 (1285), С. 243-255. doi:10.20998/2413-4295.2018.09.35.

186. Просеков А. Ю. Концептуальные аспекты пенообразования в молочных системах. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2002, №. 2, С. 24-27.

187. Дейниченко Г.В., Юдіна Т.І., Старостеле О.В. Вплив стабілізаторів на процес піноутворення в модельних системах коктейлів на основі сколотин. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 2013, Вип. 31, С. 155-163.

188. Иванец В. Н., Иванец Г. Е., Светкина Е. А. Исследование пенообразующих свойств молока при обработке в роторно-пульсационном аппарате. *Техника и технология пищевых производств*, 2012, №. 2 (25).

189. Trubnikova A., Chabanova O., Sharahmatova T., Bondar S., Vikul S. Grounding and Development of Low-Lactose Biologically Active Milk Ice Cream Formula. *Path of Science: International Electronic Scientific. Trajectoriâ Nauki= Path of Science*, 2018, Vol. 4, №. 9, P. 3001-3021. <http://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/544>. doi:10.22178/pos.38-7

190. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М., Савчак Є.М. Розробка технології низколактозного морозива на основі безлактозного

концентрату маслянки. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2018, №. 45 (1321), С. 214-227. doi:10.20998/2413-4295.2018.45.30

191.Torres D. P., Gonçalves M.D.P.F., Teixeira J.A., Rodrigues, L. R. Galacto-oligosaccharides: production, properties, applications, and significance as prebiotics. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010, Vol. 9. №.5, P. 438–454.

192.Playne M.J., Crittenden R.G. Galacto-oligosaccharides and other products derived from lactose. *Advanced dairy chemistry*. Springer, New York, NY, 2009, С. 121-201.

193.Капрельянц Л. В. Пребиотики: химия, технология, применение, 2015, 252 с.

194.Akın M. B., Akın M. S., Kırmacı Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food chemistry*, 2007, Т. 104, №. 1, С. 93-99.

195.Wen J., Liu Q., Song J., Tong M., Peng L., Liang H. Lactulose is highly potential in prophylaxis of hepatic encephalopathy in patients with cirrhosis and upper gastrointestinal bleeding: results of a controlled randomized trial. *Digestion*, 2013, Т.87, №. 2, С. 132-138.

196.Ким В.В., Серов А.В., Харитонов Д.В. Физиологические свойства лактулозы. *Молочная промышленность*, 2006, №6, С. 54.

197.Леонидов, Д.С. Пребиотик лактулоза: эффективная стратегия развития здорового питания. *Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки*, 2011, №2, С. 37–39.

198.Маев И.В., Самсонов А.А., Никушкина И.Н. Пробиотики и пребиотики в клинической практике. *Фарматека*, 2011, №5, С. 33–41.

199.Tymcyszyn E.E., Santos M.I., Costa M.D.C., Illanes A., Gómez-Zavaglia A. History, synthesis, properties, applications and regulatory issues of prebiotic oligosaccharides. *Carbohydrates Applications in Medicine*. India. Research Signpost, 2014, P. 127–154.

200.Храмцов А.Г., Евдокимов И.А., Рябцева С.А. Технологическая платформа отечественного пребиотика лактулозы. Молочная промышленность. 2009, №12, С. 53–56.

201.Творогова А.А. Применение ингредиентов в производстве мороженого, взбитых замороженных десертов и пищевых льдов. Монография «Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания» под ред. Тутельяна В.А., Нечаева А.П. М. ДеЛи плюс, 2014, с.412-432 (в книге 43,8 печ. Л.).

202.Оленев Ю.А. Сырье для производства мороженого. Молочная промышленность, 2001, №10-11, С.35-36.

203.Бартковський І.І., Поліщук Г.Є., Шарахматова Т.Є., Туровська Л.Л., Гудз І.С. Технологія морозива: Навч. Посібник. К., 2010, 248 с.

204.Аймесон А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи. пер С.В.Макарова. СПб. ИД «Профессия», 2012, 408 с.

205.Самченко О.Н, Чижикова О.Г. Использование пряностей семейства Имбирные в качестве источника биологических активных веществ в изделиях из муки. Вестник ТГЭУ, 2008, №4, С.67–72.

206.Павлюк Р.Ю., Погарская В.В., Яницкий В.В., Сати Ясин Ахмед Аль Далаин. Товароведение и переработка лекарственно-технического сырья в БАД: Учебное пособие. Харьк. гос. ун–т питания и торговли. Госуд. департамент продовольствия Минагропром Укр. Харьков. Киев, 2003, 306 с.

207.Минина С.А., Каухова И.Е. Химия и технология фитопрепаратов. М. Гэотар-мед., 2004, 560 с.

208.Могильный М.П. Пищевые и биологически активные вещества в питании. М. Де Ли принт, 2007, 240 с.

209.Смирнов В.А. Пищевые кислоты. М. Агропромиздат, 1988, 423 с.

210.Колмыков М. А., Борко Н. А., Альхамова Г. К., Нургазезова А. Н., Канарейкина С. Г. Компьютерная оптимизация рецептуры молочного мороженого. Молодой ученый, 2016, №1, С. 165-169. URL <https://moluch.ru/archive/105/25012/> (дата обращения: 17.11.2018).

211.Лисин П.А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов. М. ДеЛи принт, 2007, 102 с.

212.Економічна енциклопедія: у трьох томах. Т. 2. Редкол.: С. В. Мочерний (відп. ред.) та ін. К. Видавничий центр “Академія”, 2000, 864 с.

213.Худенко Н.П., Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Бондар С.М., Шарахматова Т.Є. Кореляційно-регресійний аналіз рецептурних складових низьколактозного морозива. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2019, Том 30 (69), № 3, с.117-125.

214.Кирилов В.Х., Трубнікова А.А. Факторний і регресійний аналіз рецептурних складових низьколактозного морозива. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії., (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.) Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2019, С.107-109.

215.Патент на корисну модель № 135282 Україна, МПК А 23 G 9/04 (2006.01). Спосіб виробництва низьколактозного морозива. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, К.О. Мамінтова, І.О. Климентьєва. – № u 201900440; заявл. 16.01.19; опубл. 25.06.19, бюл. № 12/2019.

216.Патент на корисну модель № 135572 Україна, МПК А 23 G 9/04 (2006.01). Спосіб виробництва м'якого низьколактозного морозива. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, К.О. Мамінтова, І.О. Климентьєва. – № u 2019 00443; заявл. 16.01.19; опубл. 10.07.19, бюл. № 13/2019.

217.Гурский И. А, Творогова А. А. Сохранение качества мороженого при температуре –18 °С. Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов, 2018, №.1, С. 12–15.

218.Короткая Е.В. Влияние замораживания на активность некоторых видов молочнокислых бактерий. Инновации в пищевой биотехнологии: сборник трудов Международного симпозиума; ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Кемерово, 2018, С.188–192.

219.Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М. Обґрунтування режимів зберігання низьколактозного морозива. Вчені записки

ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2018, Том 29 (68), № 5, с.47-53.

220. Бондарь С.Н., Трубникова А.А., Чабанова О.Б. Повышение эффективности газообмена при аэробной обработке наночастиц из пахты. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2018, Том 29 (68), Ч. 3, № 1, с.30-36.

221. Резенчук О.Є. Класифікація та аналіз роботи ферментерів з пневматичним перемішуванням. Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2011, №. 3, С. 79–84.

222. Закоморний Д.М. Класифікація та аналіз роботи ферментерів з механічними перемішувачами в аеробних процесах біотехнології. // Science Rise, 2015, №. 5/2 (10), С. 24–32.

223. Виестур У.Э., Кузнецов А.М., Савенков В.В. Системы ферментации. // Рига. Зинатне, 1986, 174 с.

224. Новоселов А.Г. Разработка и проектирование ферментационного оборудования для аэробного культивирования одноклеточных микроорганизмов: учеб.-метод. пособие. Санкт-Петербург. НИУ ИТМО. ИХиБТ, 2014, 91 с.

225. Сидоров Ю.І. Промислові ферментери. Біотехнологія, 2012, Т.5, №. 3, С. 33–39.

226. Копиленко А.В. Класифікація та аналіз роботи промислових ферментерів з підведенням енергії рідкою фазою. Наукові праці НУХТ, 2017, Том 23, №. 1, С. 134–143.

227. Винаров А.Ю., Гордеев Л.С., Кухаренко А.А., Панфилов В.И. Ферментационные аппараты для процессов микробиологического синтеза. Москва. ДеЛи принт, 2005, 278 с.

228. Beeftink H. H., Staugaard P. Structure and dynamics of anaerobic bacterial aggregates in a gas-lift reactor. Appl. Environ. Microbiol, 1986, Т. 52, №. 5, С. 1139-1146.

229. Chisti Y., Moo-Young M. Improve the performance of airlift reactors. Chemical Engineering Progress, 1993, Т. 89, С. 38-38.

230. Карпов А.А. Масштабирование процессов глубинного культивирования микроорганизмов в биореакторах: автореф. дисс. канд. биол. наук: спец. 03.00.23. Московская область, Щелковский район, п/о Кашинцево, пос. Биокомбинат: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности РАСХН, 2004, 20 с.

231. Сычѳв А.Е., Сычѳв В.А., Воробѳева Г.И., Заикина А.И., Рогачева Р.А. Импульсные аппараты и перспектива их использования в биотехнологии. Известия Коми научного центра УРО РАН, 2012, №. 3 (11), С. 33–37.

232. Бирюков В.В., Архипов М.Ю. Потребление кислорода мицелиальными культурами микроорганизмов в биореакторе. Теоретические основы химической технологии, 2008, Т. 42, №. 5, С. 556-563.

233. Сидоренко О. Д., Черданцев Е. В. Биологические технологии утилизации отходов животноводства. М. Изд-во МСХА, 2001, С. 74.

234. Тишин В. Б. Культивирование микроорганизмов: кинетика, гидродинамика, тепломассообмен. СПб: Изд-во «РАПП», 2012.

235. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. Санкт-Петербург. Издательская фирма «Наука», 1995, 600 с.

236. Rittmann В. Е., McCarty Р. L. Environmental biotechnology: principles and applications. Tata McGraw-Hill Education, 2012.

237. Барабаш В.М., Бегичев В.И., Белевицкая М.А., Смирнов, Н.Н. Проблемы и тенденции развития теории и практики перемешивания жидких сред. Теоретические основы химической технологии, 2007, Т. 41, №. 2, С. 140-147.

238. Ружинська Л.І., Поводзинський В.М., Чередник Є.М., Морозова Є.В. Математичне моделювання перемішування при культивуванні біологічних агентів, чутливих до напружень зсуву. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2013, Т. 1, №. 4, С. 27-30.

239. Roubicek R. V., Feres V. Centrifugal film fermentor. US Patent Application. – №. 06/897350.

240.Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для спеціалістів 7.090221. Укладачі: П.В. Осіпов, О.К. Войтенко. Одеса. ОНАХТ, 2006, 21 с.

ДОДАТОК А

Акт експертизи низьколактозної суміші морозива з визначення
оптимальної концентрації лимонної кислоти

Акт експертизи від 19 листопада 2017 року

Комісія в складі: голова - кандидат технічних наук, доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Чабанова О.Б.; члени комісії: аспірант кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Трубнікова А.А., магістри кафедри: Копійко А.В., Дрозд Є.С і Гончарук Я.А. провели дегустацію сумішей низьколактозних для морозива з лимонною кислотою з метою визначення оптимальної дози внесення лимонної кислоти.

На дегустацію були представлені наступні зразки продуктів: суміш низьколактозна для морозива без лимонної кислоти, суміш низьколактозна для морозива з 0,1% лимонної кислоти; суміш низьколактозна для морозива з 0,15% лимонної кислоти; суміш низьколактозна для морозива з 0,2% лимонної кислоти. Для оптимізації дози лимонної кислоти в суміші низьколактозній використовували метод попарного порівняння з вибором бажаного.

За результатами дегустаційної оцінки найвищий бал отримав продукт – суміш низьколактозна для морозива з 0,15% лимонної кислоти.

Висновок комісії: доза харчової добавки лимонної кислоти кристалічної в кількості 0,15% визнана оптимальною і рекомендована до використання в рецептурі низьколактозного морозива.

Голова комісії:

Чабанова О.Б.

Підпис



Члени комісії:

Трубнікова А.А.

Копійко А.В.

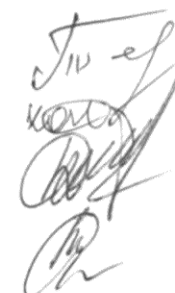
Дрозд Є.С.

Гончарук Я.А.

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ВЧЕННЯ
СЕКРЕТА
СПЕЦРАДИ


Г.Т. ПАЛВАШОВА



ДОДАТОК Б

Акт експертизи низьколактозної суміші морозива з визначення
оптимальної концентрації імбиру

Акт експертизи від 16 листопада 2017 року

Комісія в складі: голова - кандидат технічних наук, доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Чабанова О.Б.; члени комісії: аспірант кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Трубнікова А.А., магістри кафедри: Копійко А.В., Дрозд Є.С і Гончарук Я.А. провели дегустацію сумішей низьколактозних для морозива з імбиром з метою визначення оптимальної дози внесення імбиру.

На дегустацію були представлені наступні зразки продуктів: суміш низьколактозна для морозива без імбиру, суміш низьколактозна для морозива з 0,15% імбиру; суміш низьколактозна для морозива з 0,3% імбиру; суміш низьколактозна для морозива з 0,45% імбиру. Для оптимізації дози імбиру в суміші низьколактозній використовували метод попарного порівняння з вибором бажаного.

За результатами дегустаційної оцінки найвищий бал отримав продукт – суміш низьколактозна для морозива з 0,3% імбиру.

Висновок комісії: доза харчової добавки порошку імбиру в кількості 0,3% визнана оптимальною і рекомендована до використання в рецептурі низьколактозного морозива.

Голова комісії:

Чабанова О.Б.

Підпис



Члени комісії:

Трубнікова А.А.

Копійко А.В.

Дрозд Є.С.

Гончарук Я.А.



З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО
ВЧЕННЯ
СЕКРЕТА
СПЕЦРАДИ
Г.Т. ПАЛВАШОВА



УТИЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВІДХОДУ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ ПРОДУКТІВ З МАСЛЯНКИ ЯК ПРИРОДООХОРОННИЙ ЗАХІД

При виробництві безлактозних продуктів із маслянки в процесі мембранного видалення лактози утворюється значна кількість нанофільтраційного ретентату. Вміст вуглеводу в цьому продукті досягає 20 % і більше. Утилізація концентрату лактози може проходити різними шляхами. Перспективним напрямком є використання його в аеробних ферментативних процесах. В цьому випадку в субстраті створюються умови для сприятливого розвитку мікрофлори певного виду. При біотехнологічній обробці рідких середовищ зазвичай використовують ємності закритого типу – біореактори або ферментери [220–239].

Мета роботи – тестування і аналіз роботи запатентованої конструкції аератора з конічною відцентровою насадкою для біотехнологічної обробки нанофільтраційного ретентату лактози.

Для досягнення мети вирішені наступні завдання:

1. Виготовлення лабораторного модифікованого стенду і конічного аератору.
2. Випробування основного робочого органу – обертового конусу в середовищі наноконцентрату лактози.

Теоретичні дослідження проводилися за допомогою аналізу відповідної літератури з теоретичної механіки, біотехнології та математичної моделі адаптованої до даних досліджень. Експериментальні дослідження проводили на лабораторному стенді, вид якого наведений в розділі 2, рис. 2.7 [220].

На рис. 1 представлена спрощена схема розподілу сил, що діють на плівку субстрату в точці розгляду. Не враховується сила Коріоліса.

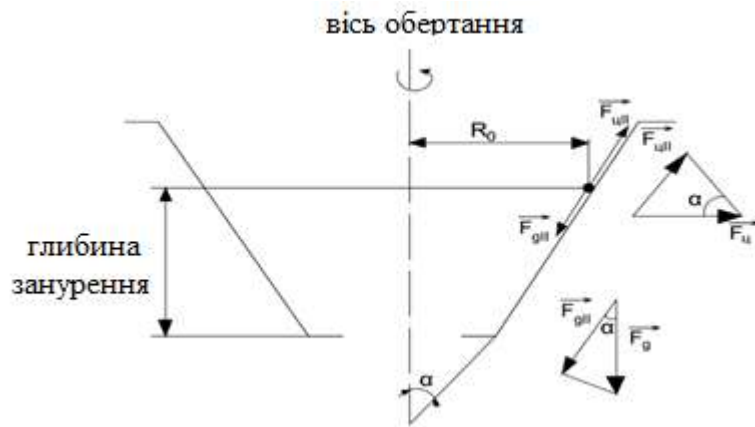


Рис. 1 – Схема до аналізу сил, які діють на плівку на поверхні усіченого конусу: α – напівкут; R_0 – радіус при глибині занурення; $|\overrightarrow{F_{цII}}|$, $|\overrightarrow{F_{гII}}|$ – складові відцентрової сили і сили тяжіння, які паралельні поверхні конусу

На поверхні зануреної конічної конструкції при обертанні плівка не рухається за однакової кількості відцентрових сил і сили тяжіння. Відцентрова сила має складову $|\overrightarrow{F_{цII}}|$, яка паралельна поверхні конусу. Сила тяжіння має таку ж складову $|\overrightarrow{F_{гII}}|$. Якщо $|\overrightarrow{F_{цII}}| > |\overrightarrow{F_{гII}}|$, плівка переміщається вгору. Отже, можна визначити критичну кутову швидкість виходячи з відомих залежностей

$$|\overrightarrow{F_{цII}}| = \rho R_0 \times \omega^2 \times \cos(90 - \alpha) \quad (1)$$

$$|\overrightarrow{F_{гII}}| = \rho g \cos \alpha \quad (2)$$

$$|\overrightarrow{F_{цII}}| = |\overrightarrow{F_{гII}}| \quad (3)$$

тоді

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R_0 \cos(90 - \alpha)}}, \quad (4)$$

де $|\overrightarrow{F_{цII}}| = \rho R_0 \times \omega^2 \times \cos(90 - \alpha)$ – відцентрова сила, що діє на одиницю об'єму рідини;

$|\overrightarrow{F_{гII}}| = \rho g \cos \alpha$ – сила тяжіння, що діє на одиницю об'єму рідини;

$|\overrightarrow{F_{\text{ЦИ}}}|, |\overrightarrow{F_{\text{ТИ}}}|$ – складові сил, які паралельні поверхні конусу;

R_0 – радіус кола на глибині занурення;

α – напівкут конусу;

ρ – щільність рідини;

ω – кутова швидкість обертання.

Швидкість зміни концентрації кисню в об'ємі рідини можна визначити в залежності від опору плівки з відомого рівняння:

$$\frac{dc}{dt} = K_L \times a \times (C^* - C), \quad (5)$$

де C – концентрація кисню в основному об'ємі рідини; C^* – рівноважна концентрація кисню на кордоні «газ-рідина», яка залежить від парціального тиску і температури; a – поверхню контакту одиниці об'єму рідини; K_L – коефіцієнт швидкості переносу.

Інтегруючи рівняння (6.5) отримаємо

$$K_L \times a \times t = -\ln\left(1 - \frac{c}{c^*}\right). \quad (6)$$

Це рівняння можна використовувати для обчислень коефіцієнту масопереносу $K_L \times a$. Для цього досить побудувати графік в напівлогарифмічних координатах. Експериментальні дані в цьому випадку утворюють похилі прямі лінії.

Випробування основного робочого органу – обертового конусу в середовищі наноконцентрату лактози

На рис. 2 представлені залежності витрати потоку плівки від частоти обертання конусу.

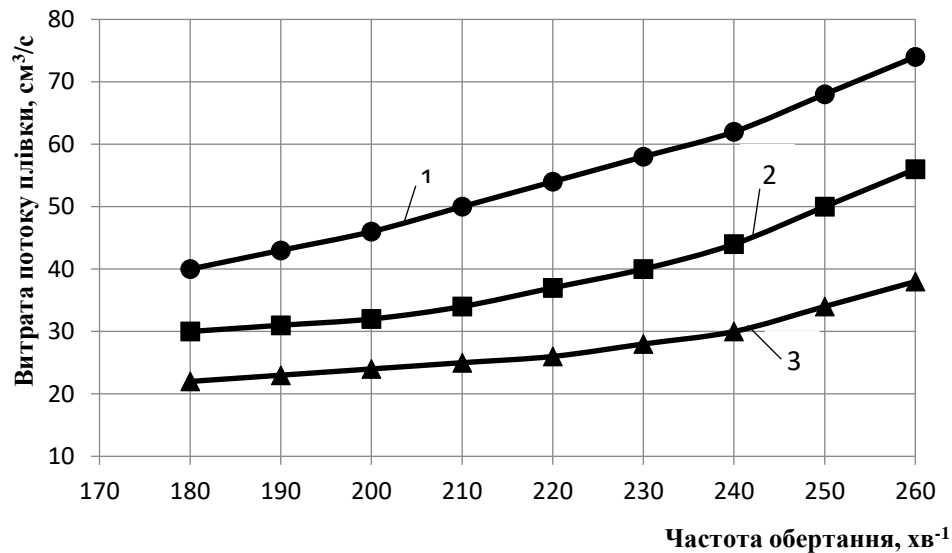


Рис. 2 – Швидкість потоку для обертового конусу: 1 – глибина занурення 5 см; 2 – глибина занурення 4 см; 3 – глибина занурення 3 см;

Візуально встановлено, що при частоті обертання до 160 хв^{-1} плівка покривала тільки частину поверхні. Збільшення частоти обертання зі 160 хв^{-1} до 260 хв^{-1} призводило до утворення суцільної плівки на всій поверхні. Однак, подальше зростання частоти вимагало невиправданих енерговитрат. Енерговитрати зростали інтенсивніше, ніж збільшення частоти обертання.

Різними були результати в залежності від глибини занурення конусу. При глибині 3 ... 5 см спостерігалася стабільна плівка. При глибині менше 3 см ефект був набагато гірше. При глибині більше 5 см для утворення плівки на поверхні залишалося мало площі.

На рис. 3 відображені результати вимірювань і обчислень ступеня насичення киснем субстрату від часу при глибині занурення конусу 5 см.

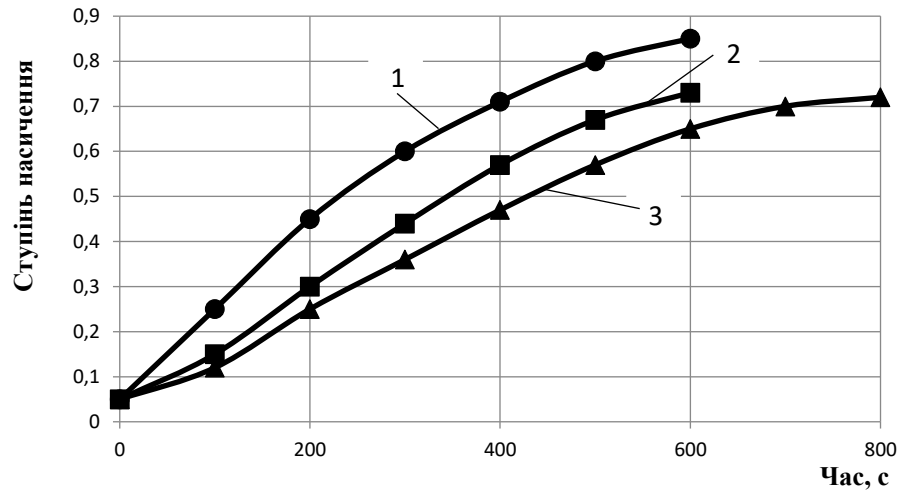


Рис. 3 – Залежність відносної розчинності кисню від часу при різних швидкостях: 1 – частота обертання 260 хв⁻¹; 3 – частота обертання 180 хв⁻¹; 2 – частота обертання 220 хв⁻¹

Чим вища частота обертання, тим більша швидкість. Теоретичні залежності (5, 6) і експериментальні дані рис. 3 дозволяють побудувати графік в напівлогарифмічних координатах (рис. 4). Значення $K_L \times a$ визначаються з графіків для різних частот обертання. Ці значення відзначені на рис. 4.

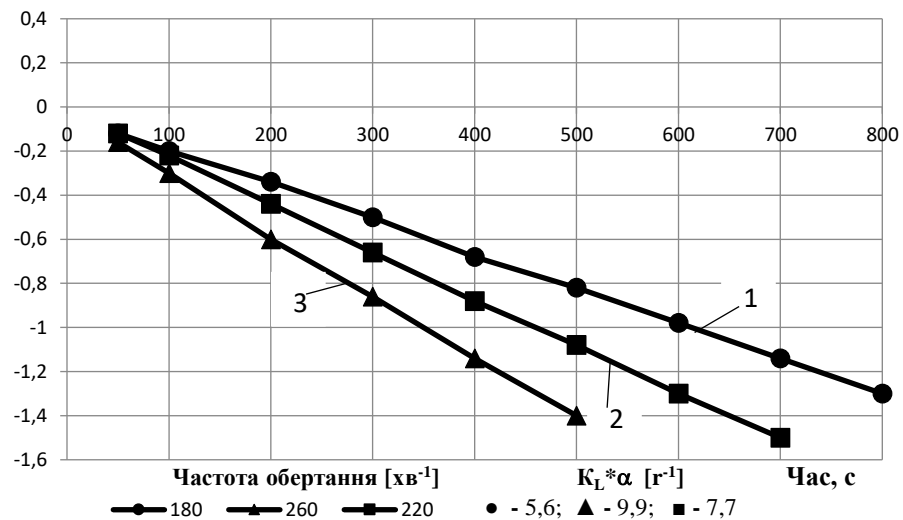


Рис. 4 – Графіки для визначення коефіцієнтів масопереносу

Насичення киснем рідкого субстрату вимагає певних енерговитрат. Ця залежність представлена на рис. 5 для трьох випробуваних глибин занурення.

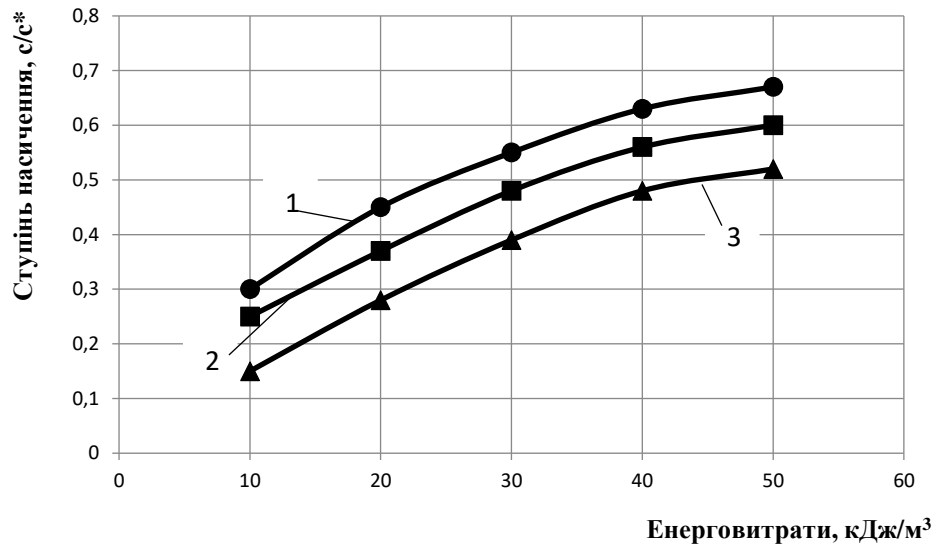


Рис. 5 – Залежність відносного насичення киснем від питомих енерговитрат процесу: 1 – глибина занурення 5 см; 3 – глибина занурення 3 см; 2 – глибина занурення 4 см

Як впливає з рисунку, зі збільшенням глибини занурення питомі енерговитрати для однакових ступенів насичення киснем будуть знижуватися в діапазоні глибин 3...5 см.

Виходячи з теоретичних висновків розрахована критична кутова швидкість обертання становить 105 хв^{-1} . Для цього при глибині занурення конусу 5 см виміряли $R_0 = 8 \text{ см}$, напівкут конусу $\alpha = 40^\circ$. Початок переміщення плівки візуально зазначалося при частоті обертання 160 хв^{-1} . Істотна різниця розрахункового та експериментального значень $\omega_{кр}$, можливо, пов'язано з утворенням воронки на поверхні рідини при обертанні конусу. Це є причиною перерозподілу рідини. Це є причиною перерозподілу рідини. На поверхні плівки спостерігалися невеликі

спіральні хвилі. Розрахунок числа Рейнольдса підтвердив, що масоперенос в експерименті відповідає ламінарному режиму хвилястою плівки.

Результати масопереносу за запропонованою спрощеної моделі (5) цілком задовільні. Краще значення $K_L \times a$ для даної конструкції близько 10 r^{-1} набагато відрізняється від значення, що повідомляється у [14,15,18] для біореактора з газовою турбіною 400 r^{-1} . Вважаємо дійсне значення $K_L \times a$ для цього типу реактору буде набагато менше через необхідність добавки піногасника. Цей агент серйозно ускладнює перенесення кисню.

Слід зазначити, що в даній роботі досліджувався тільки плівковий режим. Насправді, масообмін при обертанні конусу в представленій конструкції відбувається в трьох режимах: висхідна плівка, краплі і падаюча плівка. Для краплинного режиму слід очікувати набагато більшої поверхні контакту «газ-рідина». Збільшити час контакту в цьому режимі можна, якщо змінити конфігурацію конусу в ємності. Тоді слід очікувати додаткового збільшення $K_L \times a$. Можна також використовувати концентрично розташовані кілька конусів або їх каскад. Такий прийом повинен привести до значного ефекту зростання масопереносу кисню.

ВИСНОВКИ

1. Для одного обертового полого конусу лабораторного стенду було отримано значення коефіцієнту масопереносу 10 r^{-1} . При цьому витрачена енергія не дотягувала до $0,2 \text{ кВт} \cdot \text{с}/\text{м}^3$.

2. Для аналізу масопереносу кисню в випробуваній конструкції може використовуватися відома проста модель для швидкості перенесення. Однак, можуть бути деякі неточності через допущення рівності концентрацій кисню в плівці і основному об'ємі рідини.

3. Досліджено умови утворення і характер плівки. Встановлено, що при низькій частоті обертання (менше 160 хв^{-1}) безперервна плівка не утворюється. З ростом цього показника плівка формується як безперервний потік.

4. На кутову швидкість обертання, яка необхідна для утворення плівки, значно впливає глибина занурення. Збільшення глибини призводить до вимоги більшої швидкості і енерговитратам.

5. Представлені теоретичні і експериментальні результати відносяться до відкритого типу апарату. Однак, такий підхід і результати в рівній мірі будуть ставитися до закритого типу.

6. Для збільшення коефіцієнта масопереносу конструкцію можна модернізувати. Наприклад, можна розмістити кілька конусів концентрично або каскадно.

7. Не дивлячись на утворення піни і розшарування ретентату лактози випробувану конструкцію можна рекомендувати для аерування даного субстрату в процесах біотехнологічної обробки.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СУХОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ

До основних технологічних властивостей відносять змочуванність, відносну швидкість розчинення та насипну щільність та деякі інші [177–180].

Визначення цих характеристик деталізоване у табл. 1.

Таблиця 1

Технологічні властивості сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату
маслянки

Показник	Результат	
	сухий ББКМ	суха маслянка
Змочуванність, с (при 20 °С)	60...70 с	40...50
Відносна швидкість розчинення, % (при 20 °С)	48...53	55...60
Середній лінійний розмір частинок, мкм	75...80	77...82
Насипна маса без ущільнення, кг·м ⁻³	340...370	370...400
Насипна маса з ущільненням, кг·м ⁻³	490...520	540...570
Сипкість, г·с ⁻¹	3...4	2...3

На змочуванність сухого ББКМ впливає температура води (рис. 1).

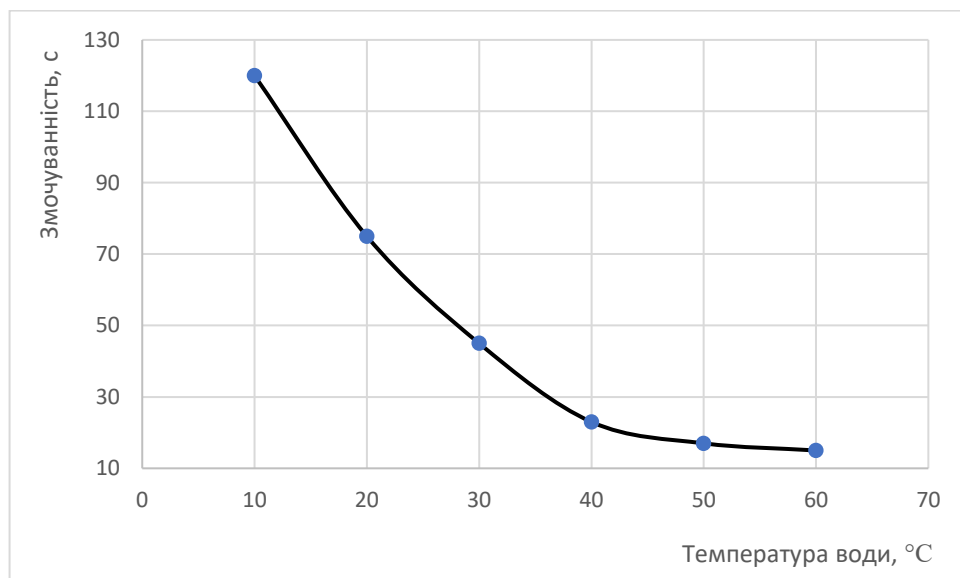


Рис. 1 – Вплив температури води на змочуванність сухого ББКМ

Швидкість розчинення значною мірою залежить від пористості продукту та стану лактози. Здатність сухих молочних продуктів висипатися з отворів дуже важлива з практичних позицій, особливо під час конструювання бункерів, механізмів, що транспортують, і фасувальних автоматів [176,180].

Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості отриманого ББКМ наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості сухого ББКМ

Показники	В'язкість відновленого ББКМ при 50 с ⁻¹ і 20 °С, мПа·с	Емульгувальна здатність, %	Стійкість емульсії, %	Піноутворювальна здатність, %	Стійкість піни, %
Сухий ББКМ	34,67	49,21	97,5	240	100

Розчинність одержаного сухого ББКМ наведена в табл. 3.

Таблиця 3

Розчинність одержаного сухого ББКМ

Назва показника	Розчинність, %	
	контроль (суха сироватка)	сухий ББКМ
Розчинність, %	99,0	97,0

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ СУХОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ

Процес відновлення повинен забезпечити повне розчинення частинок продукту та швидкий перехід усіх компонентів продукту в розчин [176].

Вплив періоду перемішування в процесі відновлення сухого ББКМ на його розчинність при температурі води 25 °С, інтенсивність перемішування – 3000 об/хв., наведений на рис. 1.

Розчинність сухого ББКМ в процесі відновлення зростала при збільшенні періоду перемішування до 20 хв (рис. 1). Максимальна розчинність становила 78%.

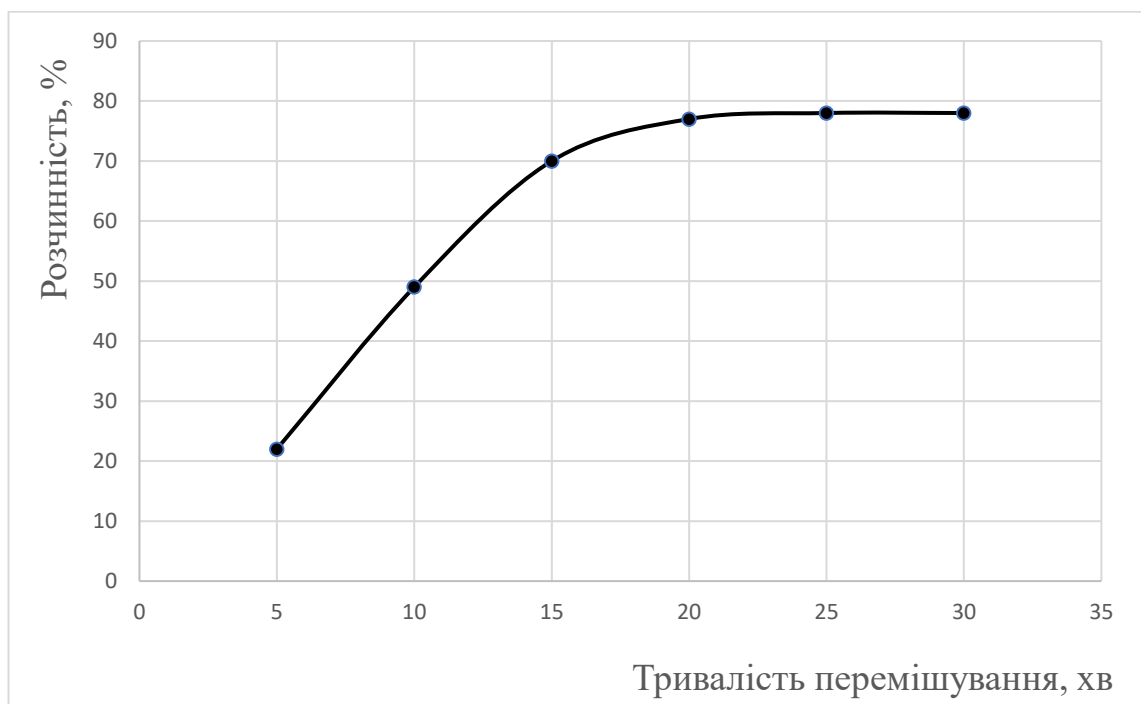


Рис. 1 – Вплив періоду перемішування при відновленні сухого ББКМ на розчинність

Вплив температури відновлення на розчинність сухого ББКМ (час відновлення 20 хв, при інтенсивності перемішування 3000 об/хв) наведений на рис. 2.

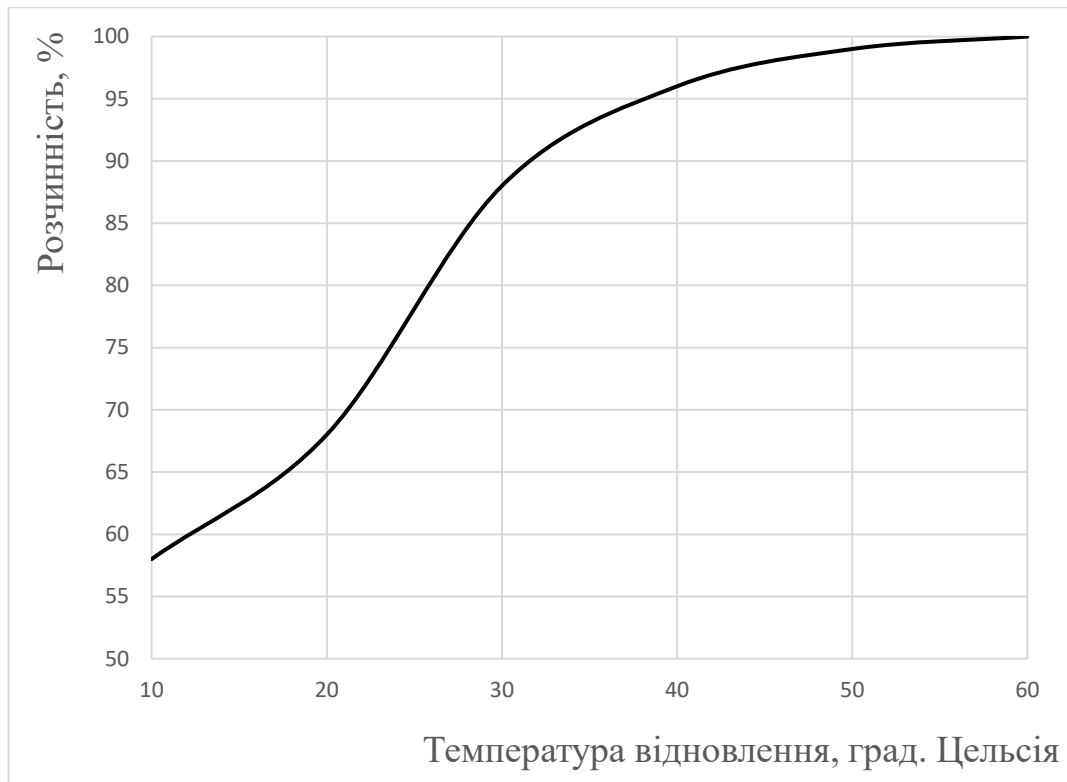


Рис. 2 – Вплив температури відновлення на розчинність одержаного сухого ББКМ

Для покращення розчинності при відновленні високопротеїнового сухого ББКМ рекомендується підвищити температуру відновлення до 55...60 °С, час відновлення 20 хвилин, інтенсивність перемішування 3000 об/хв.

Відновлений безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки необхідно охолодити до 6-8 °С та витримати у ємності протягом 2...3 год. За цей час проходить набухання білків та більш повне розчинення частинок сухого продукту.

Обґрунтування та розробка рецептур низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива

На рис.1. наведена піноутворювальна здатність ББКМ (ФК=4) та ББКМ (ФК=5) від часу збивання.

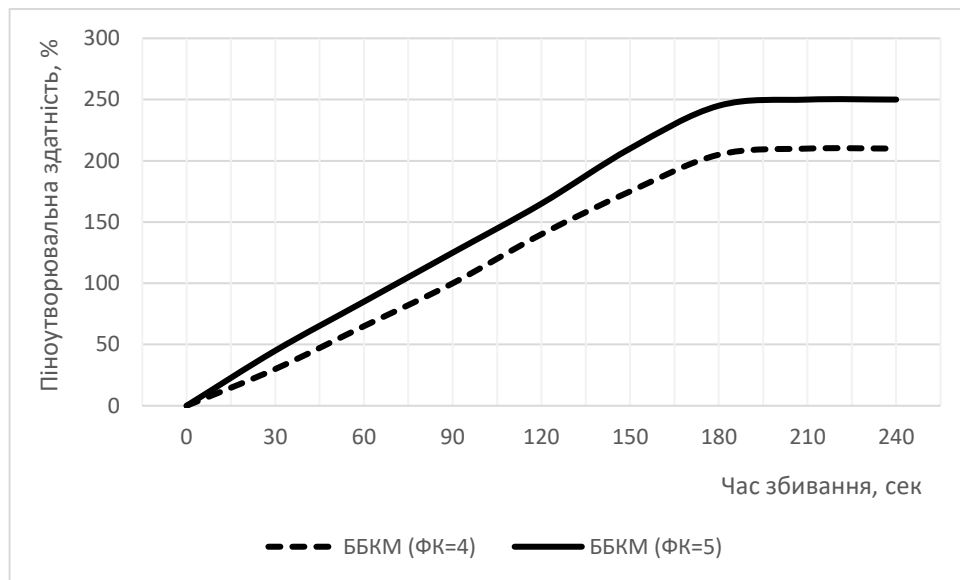


Рис.1 – Зміна піноутворювальної здатності ББКМ від часу збивання

На рис. 2 наведені технологічні показники для різних співвідношень ББКМ(ФК=4)/Й.

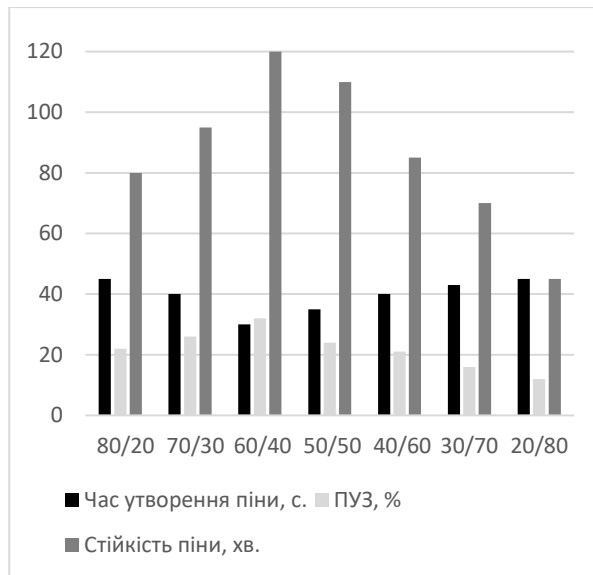


Рис. 2 – Технологічні показники при різних співвідношеннях ББКМ(ФК=4)/Й

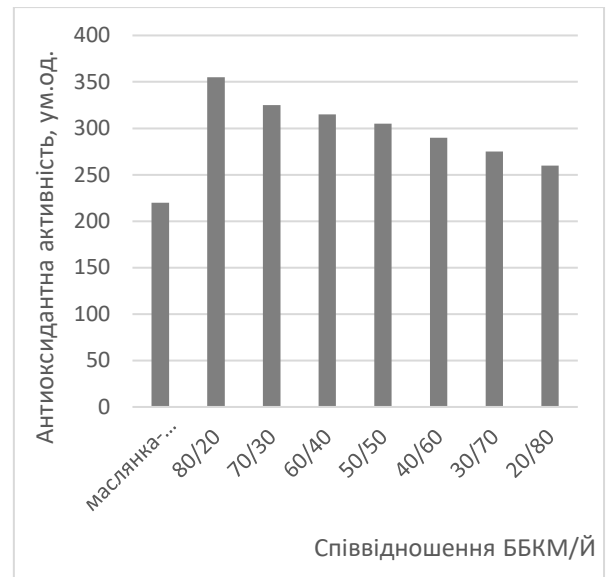


Рис. 3. Антиоксидантна активність зразків в залежності від співвідношення ББКМ (ФК=4)/Й

Результати експериментальних досліджень антиоксидантної активності сумішей наведено на рис. 3 (для ББКМ при ФК=4). За контроль обрано активність маслянки-сировини.

Для подальших досліджень співвідношення ББКМ(ФК=4)/Й – 60:40 вважалось більш доцільним.

Для безлактозного концентрату, отриманому ультрафільтрацією маслянки при ФК=5, найбільш раціональним є співвідношення ББКМ/Й – 50:50, завдяки більш високій ПУЗ і стійкості піни (рис. 4), високій антиоксидантній активності на рівні 330 ум. од. (рис. 5) та органолептичним показникам.

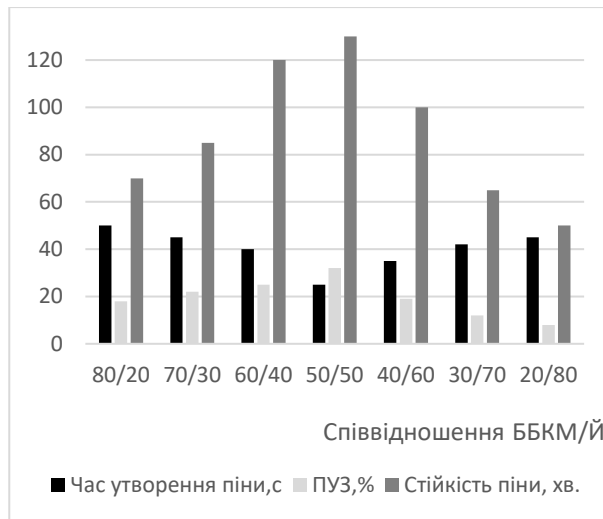


Рис. 4. Технологічні показники при різних співвідношеннях ББКМ(ФК=5)/Й

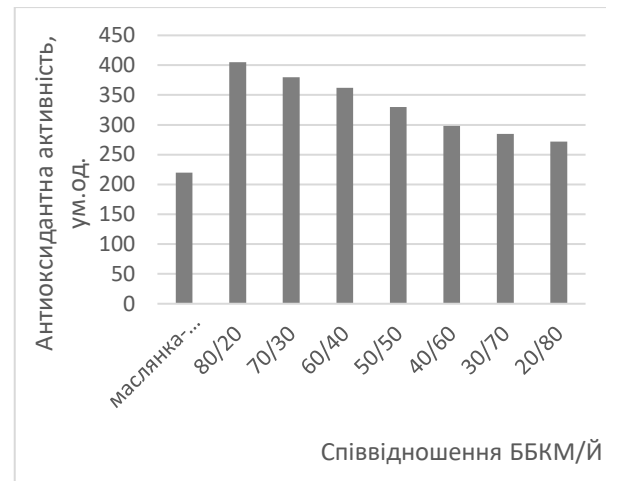


Рис. 5. Антиоксидантна активність зразків в залежності від співвідношення ББКМ(ФК=5)/Й

За мінімальний час утворення піни найбільшу ПУЗ (32%) і стійкість піни показав зразок номер 4 із співвідношенням ББКМ (ФК=5)/Й – 50:50.

Для подальших дослідів було обрано два зразки: ББКМ (ФК=4)/Й – 60:40 (для безлактозного концентрату, отриманого ультрафільтрацією маслянки при ФК=4) та ББКМ (ФК=5)/Й – 50:50 (для безлактозного концентрату, отриманого ультрафільтрацією маслянки при ФК=5).

Наступний етап роботи – обґрунтування вибору допоміжних рецептурних складових для виробництва низьколактозного морозива. В якості допоміжних інгредієнтів використовували: пребіотики – інулін та лактулозу [191–200], стабілізатор [201–204], імбир [205–208] та лимонну кислоту [209].

Обрано два види пребіотиків – інулін і лактулозу – через їх сумісну дію на ріст молочнокислих мікроорганізмів і біфідобактерій (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив пребіотиків на ріст корисної мікрофлори при сквашуванні маслянки

Назва продукту	Кількість, КУО в 1 см ³		
	лактобацил	стрептококів	біфідобактерій
Маслянка без пребіотиків (контроль)	$2,5 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^7$
Маслянка+лактозула (1%)	$6,0 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^7$
Маслянка+інулін (1%)	$1,3 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^9$	$4,8 \cdot 10^7$
Маслянка+інулін (1%)+лактозула (1%)	$1,3 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^9$	$8,4 \cdot 10^7$



Рис. 6. Ріст біфідобактерій в зразках сквашеної маслянки в лабораторних умовах

В роботі використовували препарат інуліну Frutafit HD. В попередньо підігріті ББКМ до 45...50 °С для кращого розчинення препарату, вносили інулін у концентрації 1...6 % з шагом 0,5 %, інтенсивно перемішували та витримували 20...40 хвилин. Далі зразки охолоджували до 20 °С та вносили йогуртну основу у співвідношенні ББКМ(ФК=4)/Й 60:40 та ББКМ(ФК=5)/Й 50:50. В контрольні зразки інулін не вносили.

Результати впливу концентрації інуліну на ПУЗ сумішей ББКМ(ФК=4)/Й – 60:40 та ББКМ(ФК=5)/Й 50:50 – на рис. 7.

За контроль взяли ПУЗ суміші ББКМ/Й у співвідношенні 60:40, яка становить 28% (див. рис.2), для співвідношення 50:50 – 32 % (див. рис.4).

При концентрації інуліну більше 4 % ПУЗ суміші поступово знижується, що пов'язано із різким збільшенням в'язкості (рис. 8).

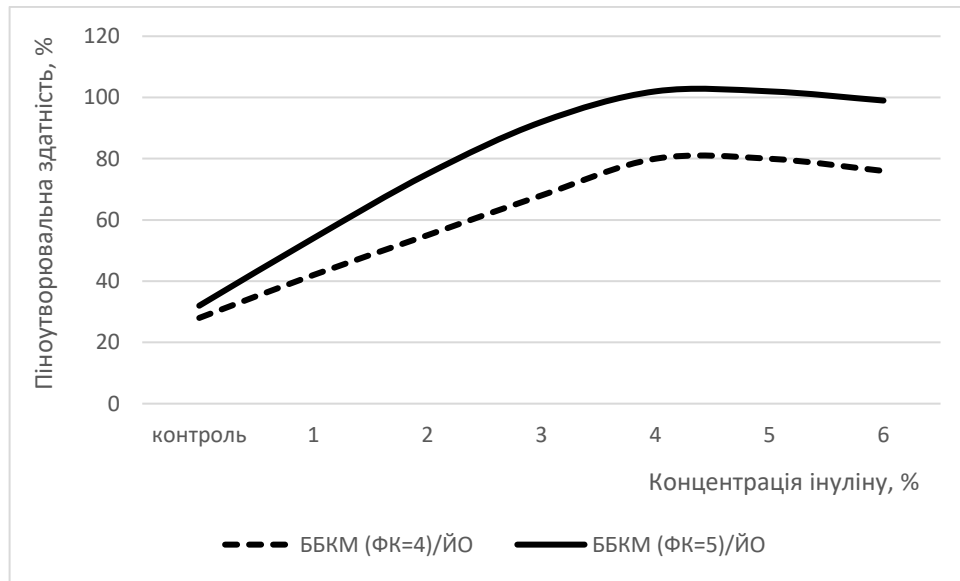


Рис. 7. Вплив концентрації інуліну на ПУЗ суміші ББКМ/Й

Отримані значення в'язкості обраних зразків суміші ББКМ/Й наведені на рис. 8. За контроль взяли в'язкість суміші ББКМ(ФК=4)/Й у співвідношенні 60:40, яка становила $7,972 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}$, у співвідношенні 50:50 (ФК=5) – $10,555 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}$.

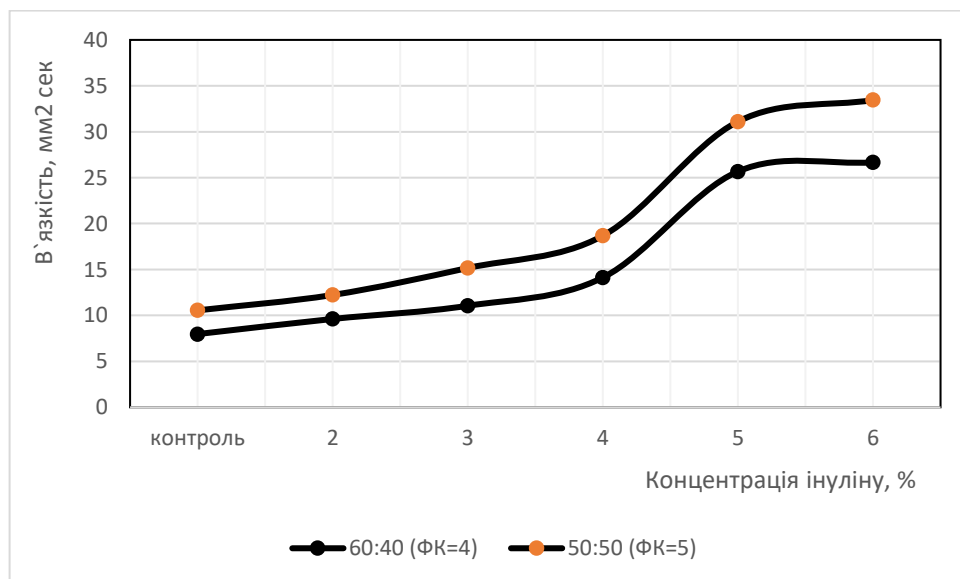


Рис. 8. Вплив концентрації інуліну на в'язкість суміші ББКМ/Й у співвідношенні 60:40 (ФК=4) та 50:50 (ФК=5)

Консистенція суміші при концентрації інуліну 5 % занадто в'язка. Тому кількість інуліну у концентрації 4 % є достатньою.

При визначенні концентрації лактулози використовували порошок лактулози (виробник – «Fresenius Kabi Company», Італія), який вносили в попередньо підігріті ББКМ до 45...50 °С для кращого розчинення препарату, вносили лактулозу у концентрації 0,6 % та 1 %, інтенсивно перемішували та витримували 10...15 хвилин. Далі зразки охолоджували до 20 °С та вносили йогуртну основу у співвідношенні ББКМ(ФК=4)/Й 60:40 та ББКМ(ФК=5)/Й 50:50. Для проведення органолептичної оцінки було виготовлено 3 зразки: 1 – суміш для морозива без лактулози; 2 – суміш для морозива з концентрацією лактулози 0,6 %; 3 – суміш для морозива з концентрацією лактулози 1%. Більш високі концентрації лактулози не використовували, так як це значно здорожує продукт та може призвести до дисфункції кишечника (проносу, або кишкових колік).

Результати органолептичної оцінки експериментальних зразків наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Органолептичні показники сумішей

Показники	Зразок без лактулози	Зразок з лактулозою 0,6 %	Зразок з лактулозою 1 %
Смак та запах	виражений кисломолочний без сторонніх присмаків та запахів	кисломолочний з легким солодкуватим присмаком	приємний кисломолочний з вираженим солодкуватим присмаком
Консистенція	рідка, однорідна		
Колір	однорідний, білий		

Зразок 3 в порівнянні із зразками 1 і 2 мав однорідну консистенцію, більш виражений солодкий присмак. Солодкий присмак обумовлено тим, що лактулоза в два рази солодша за лактозу. В рецептурі морозива завдяки цьому можна знизити вміст сахарози.

Отже, внесення лактулози в кількості 1% від маси суміші позитивно впливає на органолептичні показники суміші, така концентрація лактулози відповідає нормам, затвердженим МОЗ України [2].

Для покращання структури та консистенції морозива використовували універсальну стабілізаційну систему «Ультра текс» ICE1-0023 фірми «Текстра-Віта», що розроблена спеціально для виробництва морозива на молочній основі різної жирності.

Кількість стабілізаційної системи, яку необхідно вносити до суміші морозива, складає 4,5...5 кг на 1 тону суміші (0,45...0,5 %). Стабілізаційну систему вносять в суміш морозива при температурі 70 °С, попередньо змішавши її з частиною цукру (згідно рекомендацій виробника). Але внесення інуліну у кількості 4 %, який також має стабілізуючий ефект (підвищує ПУЗ, в'язкість суміші та покращує консистенцію), дозволяє зменшити кількість стабілізаційної системи та собівартість морозива.

Для вибору кращої концентрації стабілізаційної системи було приготовано по 5 зразків суміші ББКМ/Й у співвідношенні 60:40 (ФК=4) та 50:50 (ФК=5). Попередньо змішували інулін (4 %) та стабілізаційну систему у різних концентраціях. Підігрівали ББКМ до 45...50 °С, розчиняли суміш інуліну та стабілізаційної системи. Діапазон варіювання концентрації стабілізаційної системи – від 0,1 до 0,3 % з шагом 0,05 %. Суміш охолоджували до 20 °С, вносили йогурт.

Результати дослідів щодо впливу концентрації стабілізаційної системи на ПУЗ суміші ББКМ/Й наведені на рис. 9. За контроль взяли зразки сумішей ББКМ(ФК=4)/Й – 60:40 з концентрацією інуліну 4 %, ПУЗ якого становила 80 % для зразку суміші ББКМ(ФК=5)/Й – 50:50 – ПУЗ 100 % без стабілізаційної системи (див. рис. 8).

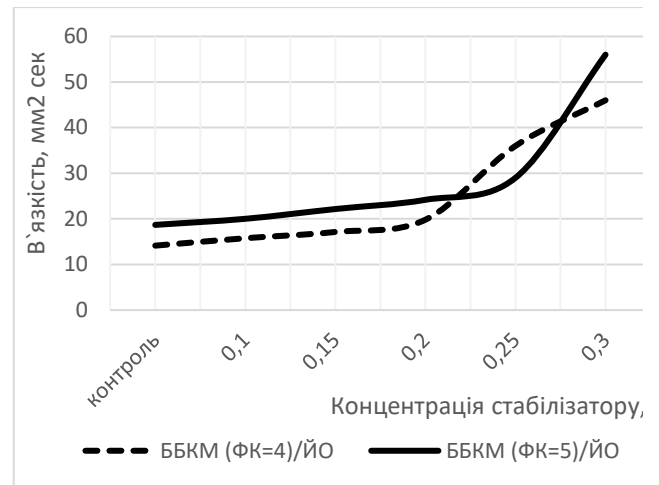
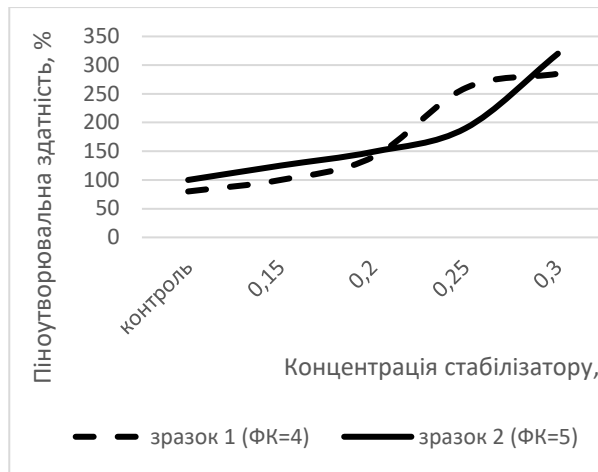


Рис. 9. Вплив концентрації стабілізаційної системи на піноутворювальну здатність суміші ББКМ/Й

Рис. 10. Вплив концентрації стабілізаційної системи на в'язкість суміші ББКМ/Й

Із збільшенням концентрації стабілізаційної системи ПУЗ суміші зростає (рис. 9). Це пояснюється складом та поверхнево активними властивостями стабілізаційної системи, у результаті чого збільшується в'язкість суміші (рис. 10). В'язкість прямо пропорційна ПУЗ.

Таким чином, внесення стабілізаційної системи призвело до збільшення здатності суміші до насичення повітрям. При концентрації стабілізаційної системи вище 0,2 % (для ББКМ (ФК=4)) та 0,25 % (для ББКМ (ФК=5)) різко збільшується в'язкість суміші (рис. 10), що буде значно ускладнювати процес фризювання суміші.

У контрольних зразках в'язкість суміші ББКМ(ФК=4)/Й у співвідношенні 60:40 становила 14,126 мм²·с. В'язкість контрольного зразку суміші ББКМ(ФК=5)/Й у співвідношенні 50:50 становила 18,678 мм²·с.

Найбільше значення в'язкості відзначено в зразках з 0,3 % стабілізаційної системи – 46,112 мм²·с (для ББКМ (ФК=4)/Й) та 56,345 мм²·с (для ББКМ (ФК=5)/Й). Але така висока в'язкість суміші може в подальшому погано вплинути на здатність суміші до насичення повітрям та стабільності структури в процесі зберігання.

Отже, зважаючи на результати експериментів, концентрації стабілізаційної системи для суміші ББКМ/Й у співвідношенні 60:40 у кількості 0,20 %, та для співвідношенні 50:50 у кількості 0,25 % є доцільними.

Для поліпшення органолептичних показників низьколактозного морозива та для підвищення його функціональних властивостей до рецептури низьколактозного морозива включено порошок імбиру.

Для підбору концентрації порошку імбиру було виготовлено 4 зразки суміші морозива з концентрацією імбиру 0,15 ... 0,45 % з шагом 0,15, яку визначили на основі аналізу рецептур продуктів-аналогів.

В підігрітому до температури 45 °С ББКМ розчиняли інулін (4 %), лактулозу (1%), цукор (12...13 %) та різні дози імбиру (0,15 %, 0,3 % 0,45 %). Суміш ретельно перемішували та охолоджували до температури 4...6°С, вносили ЙО у співвідношенні до концентрату 60:40 (ФК=4) та 50:50 (ФК=5). Для оптимізації дози харчових добавок використовували метод попарного порівняння зразків з вибором бажаного [131] (див. Додаток А).

Результати експертизи представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Експертиза сумішей з різним вмістом імбиру

Номер зразку	Уподобання експертів (бали)					Сума вподобань	Частота вподобань F_i	Бали G_i
	1	2	3	4	5			
1	3	2	1	2	1	9	1,8	0,3
2	2	1	3	2	4	12	2,4	0,4
3	3	2	4	3	3	15	3	0,5
4	1	2	1	1	2	7	1,4	0,23

Після виконаних розрахунків за формулами зразок 3, що містить 0,3 % імбиру, отримав найвищий бал – 0,5; тобто ця доза виявилася раціональною і надалі використовувалася в рецептурі синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива.

Для покращення органолептичних властивостей суміші для низьколактозного морозива було обрано ще одну харчову добавку – лимонну кислоту [208].

Для підбору концентрації лимонної кислоти було приготовлено 4 зразки суміші з концентрацією лимонної кислоти 0,1...0,2 %, яку визначили на основі аналізу рецептур продуктів-аналогів. Лимонну кислоту в концентрації 0,1 %, 0,15 % та 0,2 % вносили в зразки охолоджених сумішей для синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива (суміші готували так само як в попередньому досліді, але додатково вносили імбир у кількості 0,3%) (див. Додаток Б).

Результати експертизи представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Експертиза суміші з різним вмістом лимонної кислоти

Номер зразку	Уподобання експертів (бали)					Сума вподобань	Частота вподобань F_i	Бали G_i
	1	2	3	4	5			
1	1	2	1	3	2	9	1,8	0,30
2	4	3	2	3	3	15	3	0,50
3	3	2	3	4	4	16	3,2	0,53
4	1	1	2	1	2	7	1,4	0,23

В якості раціональної концентрації лимонної кислоти обрано зразок 3 (0,15 %).

На підставі обґрунтованих концентрацій основних та допоміжних компонентів розраховані рецептури сумішей синбіотичного йогуртового низьколактозного морозива, які наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Рецептури на морозиво синбіотичне йогуртове низьколактозне

Сировина	Маса сировини, кг	
	Зразок 1	Зразок 2
Рідкий безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ концентрату при ФК=4 (Ж=1,6 %); СЗМЗ=13,5%)	488,1	-
Рідкий безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ концентрату при ФК=5 (Ж= 2,0 %; СЗМЗ = 16,94 %)	-	411,5
Порошок інуліну (СР=95,8 %)	40	40
Порошок лактулози (СР=99,2 %)	10	10
Цукор-пісок	130,0	120,0
Стабілізатор	2,0	2,5
Порошок імбиру	3	3
Йогуртна основа (Й) (Ж=0,54 %; СЗМЗ =12,34 %)	325,4	411,5
Лимонна кислота кристалічна	1,5	1,5
Всього	1000	1000



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 135572

СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКОГО НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО МОРОЗИВА

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.07.2019.

Заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України

Ю.І. Бровченко



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

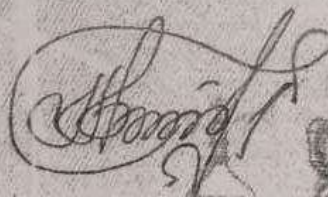
№ 135571

УСТАНОВКА ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ОДЕРЖАННЯ
МОЛОЧНОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО
КОНЦЕНТРАТУ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.07.2019.

Заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України



Юлія Бровченко



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 135282

СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО МОРОЗИВА

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.06.2019.

Заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України

Ю. П. Бровченко





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121543** (13) **U**
(51) МПК

A23G 9/32 (2006.01)

A23G 9/40 (2006.01)

A23G 9/42 (2006.01)

A23G 9/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 05830	(72) Винахідник(и): Шарахматова Тетяна Євгенівна (UA), Трубінова Анастасія Анатоліївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 12.06.2017	(73) Власник(и): ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.12.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.12.2017, Бюл.№ 23	

(54) СУМІШ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

(57) Реферат:

Суміш для виробництва морозива містить молоко незбиране, молоко сухе, вершки, зернове борошно та солодкий компонент. Як солодкий компонент містить стевію, та додатково містить питну воду і стабілізаційний комплекс - стабілізаційна систему "Ультрамікс" з дієтичною добавкою "Глюкорн".

UA 121543 U

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ЗЧЕННЯ
СЕКРЕТАР
СЕКРЕТАР

Handwritten signature
Г. П. ПАРВАШОВА

17,40 ~ 1169
2.07.1
B8

МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ"
(УКРПАТЕНТ)**

вул. Глазунова, 1, м. Київ-42, 01601, Україна Тел.: (044) 494-05-05 Факс: (044) 494-05-06
E-mail: office@ukrpatent.org

19.06.2019 № 15348/ЗУ/19

Висновок, затверджений Міністерством економічного розвитку і торгівлі України, набув статусу рішення про видачу **деклараційного патенту на корисну модель**

Адреса для листування
ОНАХТ, відділ нормативно-технічного забезпечення та метрології (ВНТЗтаМ), вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

Стосується заявки № и 2019 00444 / при листуванні просимо посилатися на цей № /

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор департаменту інтелектуальної власності Міністерства економічного розвитку і торгівлі України

В.О.Жалдак
(підпис)



Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель за результатами формальної експертизи

(21) Реєстраційний номер заявки и 2019 00444

(22) Дата подання 16.01.2019

(71) Заявник(и)

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(72) Повне ім'я винахідника(ів)

Бондар Сергій Миколайович, Трубнікова Анастасія Анатоліївна, Чабанова Оксана Борисівна, Шарахматова Тетяна Євгеніївна, Трубніков Валерій Анатолійович


(73) Власник(и) патенту

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ,

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, UA

(51) МПК

A23C 9/14 (2006.01)

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР СПЕЦРАДИ

Т.І. Палваикова

Оригіналом цього документа є електронний документ з відповідними реквізитами, у тому числі з накладеним електронним цифровим підписом уповноваженої особи Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та сформованою позначкою часу.

Ідентифікатор електронного документа 0714280519.

Паперовий примірник цього документа є ідентичною за документарною інформацією та реквізитами паперовою копією зазначеного електронного документа.

Для отримання оригіналу документа необхідно:

1. Зайти до ІДС «Стан діловодства за заявками на винаходи та корисні моделі», яка розташована на сторінці <http://base.uipv.org/searchInvStat/>
2. Виконати пошук за номером заявки.
3. У розділі «Документи Укрпатенту» поруч з реєстраційним номером документа натиснути кнопку «Завантажити оригінал» та ввести ідентифікатор електронного документа.

(54) Назва корисної моделі

**СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОГО ОДЕРЖАННЯ МОЛОЧНОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО
БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ**

За результатами формальної експертизи, проведеної відділом Державного підприємства "Український інститут інтелектуальної власності" відповідно до ч. 8 ст. 16 Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі" (далі - Закон), встановлено, що заявка відповідає вимогам ст. 12 Закону.

Обсяг правової охорони визначається формулою корисної моделі, що додається.

Державна реєстрація деклараційного патенту України на корисну модель відповідно до ч. 2 ст. 22 Закону буде здійснена за умови сплати державного мита за його видачу і збору за публікації про видачу деклараційного патенту. Згідно з Порядком сплати зборів за дії, пов'язані з охороною прав на об'єкти інтелектуальної власності, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 23.12.2004 р. № 1716 із змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 19.09.2007 р. № 1148, (далі - Порядок), розмір цього збору (код 12400) становить 40 грн, оскільки заявка містить сумарно 35 аркушів опису, креслень, формули корисної моделі і реферату.

Додаток до рішення: на 2 арк.

Начальник відділу



А.О. Суховій

Виконавець
Телефон

Кобець Г.Є.
494-05-43

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ВЧЕННЯ
СЕКРЕТАР
СПЕЦРАДИ



Г.І. Палвашова

Одеська національна академія харчових технологій
Ректор: професор
Б.В. Єгоров
2019 р.



КОНЦЕНТРАТИ БІЛКОВІ МОЛОЧНІ БЕЗЛАКТОЗНІ РІДКІ

Технологічна інструкція
ПІ до ТУ У 15.5-36759161-008:2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Тульчинської філії

ТОВ «ТЕРРА ФУД»

Василенко О.М.



04 2019 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри екології і
природоохоронних технологій
ОНАХТ

канд. техн. наук

С.М. Бондар
С.М. Бондар

Доцент кафедри технології молочних,
олійно-жирових продуктів і
косметики ОНАХТ

канд. техн. наук

Т.Є. Шарахматова
Т.Є. Шарахматова

Аспірант кафедри технології
молочних, олійно-жирових продуктів
і косметики ОНАХТ

А.А. Трубнікова
А.А. Трубнікова

« 04 » 04 2019 р.

Головний технолог Тульчинської
філії ТОВ «ТЕРРА ФУД»

О.Д. Гнедов

О.Д. Гнедов
« 04 » 04 2019 р.

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ВЧЕННЯ
СЕКРЕТА
СПЕЦРАДИ

Г.І. Палашова
Г.І. Палашова

Одеса 2019

ЗАТВЕРДЖУЮ
Одеська національна академія харчових технологій

Ректор, професор
Б.В. Єгоров
2019 р.



КОНЦЕНТРАТИ БІЛКОВІ МОЛОЧНІ БЕЗЛАКТОЗНІ РІДКІ

Технічні умови
ТУ У 15.5-36759161-008:2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Тульчинської філії
ТОВ «ТЕРРА ФУД»

Василенко О.М.

2019 р.



РОЗРОБЛЕНО:

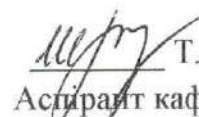
Доцент кафедри екології і
природоохоронних технологій
ОНАХТ

канд. техн. наук

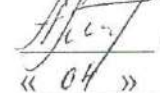
 С.М. Бондар

Доцент кафедри технології молочних,
олійно-жирових продуктів і
косметики ОНАХТ

канд. техн. наук

 Т.С. Шарахматова


Аспірант кафедри технології
молочних, олійно-жирових продуктів
і косметики ОНАХТ

 А.А. Трубікова
« 04 » 04 2019 р.

Головний технолог Тульчинської
філії ТОВ «ТЕРРА ФУД»

О.Д. Гнедов

« 04 » 04 2019 р.



Одеса 2019

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ВЧЕННИЙ
СЕКРЕТАР
СПЕЦРАДИ


Г.К. МАЛОВАШОВА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Одеська національна академія харчових технологій

« » 2019 р.
Ректор, професор
Б.В. Єгоров



КОНЦЕНТРАТИ БІЛКОВІ МОЛОЧНІ БЕЗЛАКТОЗНІ СУХІ

Технологічна інструкція
ТІ до ТУ У 15.5-36759161-009:2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Тульчинської філії
ТОВ «ТЕРРА ФУД»
Василенко О.М.



« 04 » 2019 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри екології і
природоохоронних технологій
ОНАХТ

канд.техн.наук

 С.М.Бондар

Доцент кафедри технології молочних,
олійно-жирових продуктів і
косметики ОНАХТ

канд.техн.наук

 Т.Є.Шарахматова

Аспірант кафедри технології
молочних, олійно-жирових продуктів

і косметики ОНАХТ

 А.А.Трубнікова

« 04 » 04 2019 р.

Головний технолог Тульчинської
філії ТОВ «ТЕРРА ФУД»

 О.Д. Гнедов

« » 04 2019 р.

Одеса 2019

З ПРИГІНАЛОМ ЗЕЛЕНИМ
СЕКРЕТА
СТЕЦЬКА
 Г.П. ПАВЛОВА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Одеська національна академія харчових технологій

Ректор, професор

Б.В. Єгоров

2019 р.



КОНЦЕНТРАТИ

БІЛКОВІ МОЛОЧНІ БЕЗЛАКТОЗНІ СУХІ

Технічні умови

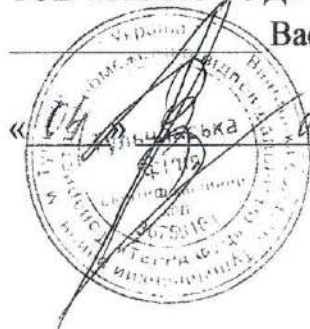
ТУ У 15.5-36759161-008:2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Тульчинської філії

ТОВ «ТЕРРА ФУД»

Василенко О.М.



2019 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри екології і природоохоронних технологій

ОНАХТ

канд. техн. наук

С.М. Бондар

Доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики ОНАХТ

канд. техн. наук

Т.Є. Шарахматова

Аспірант кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики ОНАХТ

А.А. Трубнікова

«04» 04 2019 р.

Головний технолог Тульчинської філії ТОВ «ТЕРРА ФУД»

О.Д. Гнедов

«04» 04 2019 р.

Одеса 2019

3 ПРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ЗЧЕННЯ

СЕКРЕТА

СПЕЦРАД

Г.І. ПАЛІШОВА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Одеська національна академія харчових технологій



2019 р.

МОРОЗИВО МОЛОЧНЕ НИЗЬКОЛАКТОЗНЕ СИНБІОТИЧНЕ ЙОГУРТОВЕ

Технологічна інструкція

(проект)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Власник СІД Дьякончук

 Дьякончук М.М.

« 26 » 06 2019 р.


РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри технології молочних,

олійно-жирових продуктів і

косметики ОНАХТ


канд.техн.наук

 Т.С.Шарахматова

Аспірант кафедри технології

молочних, олійно-жирових продуктів

і косметики ОНАХТ

 А.А.Трубнікова

« 26 » 06 2019 р.

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ВЧЕННЯ
СЕКРЕТА
СПЕЦРАД


Т.І. ГАЛВАШОВА

Одеса 2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Одеська національна академія харчових технологій



Ректор, професор

Б.В. Єгоров

2019 р.

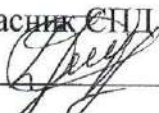
МОРОЗИВО МОЛОЧНЕ НИЗЬКОЛАКТОЗНЕ СИНБІОТИЧНЕ ЙОГУРТОВЕ

Технічні умови

(проект)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Власник ЄПД Дьякончук

 Дьякончук М.М.


« 26 » 06 2019 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри технології молочних,
олійно-жирових продуктів і косметики


ОНАХТ

канд.техн.наук

 Т.Є. Шарахматова

Аспірант кафедри технології молочних,
олійно-жирових продуктів і косметики

ОНАХТ

 А.А. Трубнікова
« 26 » 06 2019 р.

З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО

ВЧЕРНІЙ

СЕКРЕТА

СПЕЦРАЙ

 Т.І. Палваикова

ДОДАТОК К

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ОТРИМАННЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО
КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ**

Розрахунок необхідних інвестицій

Впровадження запропонованої технології отримання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки доцільне на діючих молокопереробних підприємствах у якості заходу із комплексної переробки молочної сировини. Для впровадження запропонованої технології необхідно придбання та монтаж додаткового обладнання.

$$I_{\text{заг}} = I_y + I_{\text{ок}},$$

$$I_{\text{заг}} = I_y \quad (1)$$

де I_y – капітальні вкладення у виробниче устаткування;

$I_{\text{ок}}$ – капітальні вкладення у матеріальні оборотні кошти.

$I_{\text{ок}} = 0$ (використовується вторинний матеріальний ресурс).

Для розрахунку капітальних вкладень по устаткуванню доцільно скласти таблицю 1.

Таблиця 1 – Розрахунок капітальних вкладень по устаткуванню

Впроваджуване устаткування	Кількість	Ціна, грн	Вартість, тис. грн.
1	2	3	4
Лінія приймання маслянки УПМ-5,0	1	430000	430
Сепаратор холодного очищення Westfalia	1	100000	100
Пластинчастий охолоджувач Westfalia	1	105000	105
Резервуар для маслянки В2-ОМВ-10	2	93000	186
ППОУ для маслянки Alfa-Laval-2000	2	565000	1130
Установка для ультрафільтрації APV	1	4600000	4600
Резервуар APV-10	1	140000	140
Резервуар для концентрату APV-2	1	103000	103
Установка для нанофільтрації APV	1	6800000	6800
Сушарка А1-ФМЯ	1	3200000	3200
Резервуар для УФ фільтрату APV-10	2	140000	280

Продовження табл. 1

Впроваджуване устаткування	Кількість	Ціна, грн	Вартість, тис. грн.
Резервуар для безлактозного концентрату маслянки APV-2	1	103000	103
Резервуар APV-10	2	140000	280
Фасувально-пакувальний автомат для сухих продуктів у мішки	1	420000	420
Автомат для розливу рідкого концентрату	1	390000	390
Резервуар для НФ концентрату APV-2	1	103000	103
Резервуар для НФ фільтрату APV-10 т	2	140000	280
Резервуар APV-2	2	103000	206
Гомогенізатор Bertolli HA3302	1	200000	200
Разом вартість устаткування			19056
Транспортні витрати			952,8
Витрати на монтаж			1905,6
Інші витрати			381,12
Всього			22295,52

Відповідно до розрахунків для впровадження даної технології на діючому молокопереробному підприємстві необхідні інвестиції у розмірі 22295,52 тис.грн.

Розрахунок виробничої програми

Виробнича потужність розраховують за формулою:

$$OVpч = VPзм * \Phi * Kввп, \quad (2)$$

де VPзм – добовий виробнича потужність;

\Phi – фонд робочого часу підприємства (діб);

Kввп – коефіцієнт використання виробничої потужності.

Розрахунок виробничої програми представлено у табл. 2.

Виробнича потужність лінії складатиме 4 т/добу для виробництва рідкого ББКМ та 2 т/добу для виробництва сухого ББКМ. Загальний фонд робочого часу лінії складає 300 діб на рік, з яких 200 діб – виробництво рідкого ББКМ, 100 діб – виробництво сухого ББКМ.

Таблиця 2 – Розрахунок виробничої програми

Показники	Рідкий ББКМ	Сухий ББКМ	Разом
Виробнича потужність лінії, т/добу	4	2	
Плановий фонд робочого часу підприємства, діб	200	100	
Коефіцієнт використання виробничої потужності	0,80	0,80	
Плановий обсяг виробництва на рік, т	640	160	800

Розрахунок собівартості

Розрахунок витрат на сировину відповідно до норм витрат на 1 т готової продукції представлено у табл.3.

Таблиця 3 – Розрахунок вартості сировини

Сировина і основні матеріали	Ціна, грн/од.	Одиниця виміру	Рідкий ББКМ		Сухий ББКМ	
			Норма витрат, одиниць/т	Вартість, грн	Норма витрат, одиниць/т	Вартість, грн
Маслянка-сировина	0,50	кг	5000	2500	25000	12500
Всього основна сировина				2500		12500

Вартість допоміжних матеріалів відповідно до нормативів – 5 % від вартості основної сировини, транспортно-заготівельні витрати – 2 % від вартості основної сировини (табл. 6).

Розрахунок вартості тари та пакування представлено у табл.4.

Таблиця 4 – Розрахунок вартості тари та пакування

Сировина і основні матеріали	Ціна, грн/од.	Одиниця виміру	Рідкий ББКМ		Сухий ББКМ	
			Норма витрат, одиниць/т	Вартість, тис. грн	Норма витрат, одиниць/т	Вартість, тис. грн
Паперові пакети	4,50	шт			100	450
Фляги	54,0	шт	40	2160		
Разом				2160		450

Значну питому вагу в структурі собівартості продукції займають витрати на енергоресурси. Більш того, з огляду на постійне зростання вартості енергоресурсів, ця питома вага постійно зростає. Витрати на електроенергію, яку споживає обладнання доцільно визначати в таблиці 5.

Таблиця 5 – Розрахунок споживання обладнанням електроенергії

Обладнання	Кількість одиниць	Споживання електроенергії, кВт/год	Загальне споживання, кВт/год
Лінія для приймання маслянки	1	5,5	5,5
Сепаратор холодного очищення	1	4	4
Пластинчастий охолоджувач	1	2	2
Резервуар для маслянки В2-ОМВ-10	2	2	4
ППОУ Alfa-Laval-2000	2	7	14
Резервуар APV-2	5	1	5
Гомогенізатор Bertolli HA3302	1	4	4
Фасувально-пакувальний автомат у мішки	1	2,5	2,5
Автомат для розливу рідкого безлактозного концентрату	1	2	2
Резервуар APV-10	7	0,75	5,25
Лінія ультрафільтрації APV	1	12	12
Лінія нанофільтрації APV	1	12	12
Разом по обладнанню з виробництва рідкого ББКМ			72,25
Сушарка А1-ФМЯ	1	40	40
Разом по обладнанню з виробництва сухого ББКМ			112,25

Загальне споживання інших енергоресурсів (пари, води, холоду, газ) визначають відповідно до виконаних технологічних розрахунків в таблицях 6 і 7.

Таблиця 6 – Розрахунок витрат на енергоресурси по виробництву рідкого ББКМ

Найменування	Потреба на годину	Річне споживання	Ціна одиниці, грн.	Вартість на рік, тис. грн.
Електроенергія, кВт/год	72,25	346800	1,9	658,92
Вода (споживання), м ³	45	216000	11,03	2382,48
Вода (водовідведення), м ³	20	96000	11,81	1133,76
Разом				4175,16

Таблиця 7 – Розрахунок витрат на енергоресурси по виробництву сухого ББКМ

Найменування	Потреба на годину	Річне споживання	Ціна одиниці, грн.	Вартість на рік, тис. грн.
Електроенергія, кВт/год	112,25	269400	1,9	511,86
Газ, м ³	75	180000	4,7	837,72
Вода (споживання), м ³	45	108000	11,03	1191,24
Вода (водовідведення), м ³	20	48000	11,81	566,88
Разом				3107,70

Для реалізації запропонованого проекту необхідний додатковий персонал. У структурі персоналу додатковий персонал складає 30 % від виробничого. Розрахунок витрат на заробітну плату представлено у табл.8.

Таблиця 8 – Розрахунок фонду оплати праці виробничих працівників

Склад виробничої зміни	Кількість	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Фонд робочого часу, год/рік	Фонд оплати праці, грн/рік
Робітник 2 розряду	1	2	35,00	2000	70000,00
Робітник 3 розряду	1	3	38,20	2000	76400,00
Робітник 4 розряду	1	4	42,50	2000	85000,00
Всього основна заробітна плата	3				231400,00
Додаткова заробітна плата (40 %)					92560,00
Всього основна і додаткова заробітна плата,					323960,00

Витрати на оплату праці на одну зміну – 323960 грн. Кількість робочих змін – 3 зміни по три робітники. Витрати на оплату праці виробничого персоналу – 1275768 грн.

Чисельність виробничого персоналу: $3 \times 3 = 9$ осіб.

Чисельність невиробничого персоналу: $9 \times 0,3 \approx 3$ особи.

Загальна чисельність персоналу – 12 осіб.

Фонд оплати праці допоміжних робітників, керівників, спеціалістів та службовців визначають на основі розрахунку їх чисельності та середньої заробітної плати.

Таблиця 9 – Розрахунок фонду оплати праці допоміжних робітників, керівників, спеціалістів та службовців

Персонал	Чисельність персоналу, чол.	Середня місячна заробітна плата, тис.грн	Фонд оплати праці на рік, тис.грн.
Допоміжні працівники	1	10	120
Керівники, спеціалісти та службовці	2	25	600
Разом	3		720

Розрахунок відрахувань на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок) визначимо на основі розрахованих фондів оплати праці в таблиці 10.

Єдиний соціальний внесок необхідно визначити, використовуючи встановлені відсотки відрахувань (22,0 %):

$$В_{сз} = (720 + 1275,77) * 0,22 = 372,21 \text{ тис.грн.}$$

Витрати на оплату праці та ЄСВ розподіляються за видами продукції пропорційно вартості основної сировини.

Для виробництва сухого ББКМ додатково необхідний оператор сушарки (табл. 10).

Таблиця 10 – Розрахунок фонду оплати праці виробничих працівників

Робітник	Кількість	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Фонд робочого часу, год/рік	Фонд оплати праці, грн/рік
Оператор сушарки	1	3	38,20	1200	45840,00
Всього основна заробітна плата	3				45840,00
Додаткова заробітна плата (40 %)					18336,00
Всього основна і додаткова заробітна плата, грн					64176,00

Витрати на соціальний захист по оператору сушарки:

$$В_{сз \text{ суш}} = 64,176 * 0,22 = 14,12 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань проводять користуючись прямолінійним методом нарахування амортизації як найбільш економічно обґрунтованим.

$$A = OЗ/T, \quad (3)$$

де OЗ – амортизуємо (первісна) вартість об'єктів основних засобів;

T – термін корисного використання об'єктів основних засобів.

Таблиця 11 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Основні засоби	Вартість обладнання, тис. грн.	Балансова вартість обладнання, тис.грн	Термін використання, років	Норма амортизації, %	Річні амортизаційні відрахування, тис. грн.
Обладнання	22295,52	18579,6	5	20	3715,92

Відрахування на ремонт обладнання (*PM*) необхідно визначити у розмірі 30 % від амортизаційних відрахувань:

$$PM = 3715,92 \times 0,3 = 1114,78 \text{ тис. грн.}$$

Загальні витрати за статтею «Амортизація» складають:

$$\Delta A = 3715,92 + 1114,78 = 4830,70 \text{ тис. грн.}$$

Розподіл амортизації між видами продукції здійснюємо пропорційно вартості сировини. Результати розрахунку представлені в табл. 6.

Загальновиробничі витрати розраховуємо укрупнено в розмірі 10 % від вартості сировини.

Інші виробничі витрати розраховуємо укрупнено в розмірі 5 % від суми 1-9 статей витрат калькуляції собівартості продукції.

Виробнича собівартість складає суму перших десяти статей калькуляції.

Адміністративні витрати складають 7 % від виробничої собівартості.

Витрати на збут встановлюються на рівні 20 % від виробничої собівартості.

Інші операційні витрати відповідно до нормативу складають 5 % від виробничої собівартості. Фінансові витрати – 2 % від виробничої собівартості.

Повна собівартість розраховується як сума виробничої собівартості, адміністративних витрат, витрат на збут, інших операційних витрат та фінансових витрат.

Калькуляція собівартості продукції наведена у табл. 12.

Таблиця 12 – Калькуляція собівартості 1 т безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

№ з/п	Найменування статей витрат	Сума, грн			
		Рідкий ББКМ		Сухий ББКМ	
		Усього, тис.грн	На 1 т, грн	Усього, тис.грн	На 1 т, грн
1.	Сировина і основні матеріали	1600	2500	2000,00	12500
2.	Транспортно-заготівельні витрати	32	50	40,00	250
3.	Вартість тари та упаковки	1382,4	2160	1382,4	450
4.	Вартість допоміжних матеріалів	80	125,00	100,00	625
5.	Вартість енергетичних витрат	4175,16	6523,69	3107,70	19423,13
6.	Основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників	866,24	1353,50	64,41	402,55
7.	Відрахування на соціальне страхування	190,57	297,77	14,17	88,56
8.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	1260	3220,46	1260,00	1610,23
9.	Загальновиробничі витрати	160	250,00	200,00	1250,00
10.	Інші виробничі витрати	80	125,00	408,43	1829,97
Виробнича собівартість		9826,38	16605,43	8577,11	38429,44
11.	Адміністративні витрати	112	175,00	600,40	2690,06
12.	Витрати на збут	320	500,00	1715,40	7685,89
13.	Інші операційні витрати	80	125,00	428,86	1921,47
14.	Фінансові витрати	32	50,00	171,54	768,59
Повна собівартість		10370,38	17455,43	11493,31	51495,45
15.	Оптова ціна підприємства, що пропонується, за 1 т (без ПДВ)		22500,00		82600,00
16.	Виручка від реалізації продукції	13367,39		13216,00	
16.	Прибуток	2997,01	5044,57	1722,69	31154,75

Відповідно до представлених розрахунків, повна собівартість 1 т рідкого ББКМ складає 17455,43 грн, оптова ціна 1 т (без ПДВ) – 22500,00 грн, а прибуток на 1 т – 5044,57 грн.

Повна собівартість 1 т сухого ББКМ становитиме 51495,45 грн; оптова ціна 1 т (без ПДВ) – 82600 грн. Відповідно прибуток на 1 т продукції складає 31154,75 грн при.

Оцінка економічної ефективності інвестицій

Вихідними даними для оцінки економічної ефективності інвестицій у реконструкцію заводу є показники, що містяться в табл. 13.

Прибуток від реалізації продукції розраховують як різницю між виручкою від реалізації продукції та повною її собівартістю.

Таблиця 13 – Вихідні дані для оцінки економічної ефективності проекту

Показники	Значення
1. Річний обсяг реалізованої продукції, тис.грн	26583,4
2. Повна собівартість річного обсягу реалізованої продукції, тис.грн	21863,69
3. Прибуток від реалізації продукції, тис.грн	4719,7
4. Чистий прибуток підприємства, тис.грн	3870,15
5. Приріст амортизації основних фондів, нематеріальних активів та інших позаоборотних активів, тис.грн	3715,92
6. Сума інвестицій у проект, тис.грн	22295,5

Оцінку економічної ефективності проекту здійснюють за допомогою показника строку окупності інвестицій (T).

Строк їх окупності можна розрахувати за формулою:

$$T = I / (\text{ЧП} + A) \quad (2)$$

де ЧП – чистий прибуток по проекту;

A – сума додаткових амортизаційних відрахувань.

Власними коштами підприємства для інвестування проекту може бути сума чистого прибутку та річної суми амортизації основних фондів.

$$T = 22295,5 / (3870,15 + 3715,92) = 2,93 \text{ роки}$$

Строк окупності менше 4 років, тому проект впровадження технології отримання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки є доцільним. Розрахунок чистої поточної вартості майбутніх доходів у кожному році представлено у табл.14.

Таблиця 14 – Розрахунок чистої поточної вартості майбутніх доходів

Показники	0 рік	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік	Сума
Сума інвестицій, тис.грн	22295,5						
Чистий прибуток		3870,15	3870,15	3870,15	3870,15	3870,15	
Приріст амортизації		3715,9	3715,9	3715,9	3715,9	3715,9	
Чистий грошовий потік		7586,05	7586,05	7586,05	7586,05	7586,05	37930,25
d (15%)		0,8696	0,7561	0,6575	0,5718	0,4972	
Чистий приведений грошовий потік		6596,83	5735,81	4987,83	4337,70	3771,78	25429,84
NPV	3134,4						
IRR	18%						
Індекс доходності	1,14						
Строк окупності дисконтований	3,4						

Чиста нинішня вартість (NPV) – різниця між поточною вартістю результатів і поточною вартістю витрат за проектом. Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації, якщо $NPV < 0$ – проект збитковий.

$$NPV = \sum \text{ЧПД} - I \quad (3)$$

$$NPV = 25429,84 - 22295,5 = 3134,34 \text{ тис. грн.}$$

IRR = 18 % – більше ставки дисконтування 15%, тому проект має достатній запас міцності.

Індекс доходності більше 1, дисконтований строк окупності менше 5 років, тому проект є доцільним.

Основні техніко-економічні показники проекту впровадження технології отримання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки відображено в табл. 15.

Таблиця 15 – Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Значення		
	Рідкий ББКМ	Сухий ББКМ	Разом
1. Річний обсяг виробництва у натуральному виразі, тис.т	640,0	160,0	800
2. Реалізована (вироблена) продукція, тис.грн	13367,39	13216,00	26583,39
3. Повна собівартість продукції, тис.грн	10370,38	11493,31	21863,7
4. Прибуток від реалізації продукції, тис.грн	2997,01	1722,69	9136,33
5. Витрати на 1 грн виробленої продукції, грн	0,776	0,869	
6. Середня оптова ціна за 1 тону (без ПДВ), грн	22500,00	82600,00	
7. Строк окупності проекту, років	2,93		
8. NPV, тис. грн	3134,4		
9. Строк окупності дисконтований, років	3,4		
10. IRR	0,18		
11. Індекс доходності	1,14		

Таким чином, впровадження запропонованої технології є економічно обґрунтованим. Представлений проект є ефективним за умови забезпечення визначеного в розрахунках обсягу реалізації продукції.

Розрахунок економічної ефективності використання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки у виробництві морозива

Також додатково слід визначити економічну ефективність використання безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки для споживачів цієї продукції – наприклад, підприємств з виробництва морозива.

Запропоновано 2 рецептури морозива, яке за своїми споживчими характеристиками та смаковими якостями перевершує існуючі аналоги. Окрім того, відповідно до нашої гіпотези, морозиво, виготовлене із використанням безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки матиме нижчу собівартість за рахунок менших витрат на сировину.

У таблиці 16 представлено розрахунок витрат на сировину для виробництва морозива йогуртового (контрольний зразок).

Таблиця 16 – Розрахунок вартості сировини на виробництво морозива йогуртового за традиційною рецептурою (контрольний зразок)

Сировина	Ціна, грн/кг	Контроль	
		Норма витрат, %	Вартість, грн
Вершки	45	8,00	3600
Молоко сухе знежирене	51	3,25	1657,5
Цукор-пісок	8,5	14,50	1232,5
Глюкозно-фруктозний сироп	18	10,00	1800
Стабілізатор-емульгатор	320	0,25	800
Йогурт	2,2	12,50	275
Ароматизатор йогурта	325	0,05	162,5
Каррагинан	500	0,10	500
Лимонна кислота	28	0,17	47,6
Фоскальцій	19,5	0,01	1,95
Подрібнені плоди чи ягоди	265	7,00	18550
Ароматизатор плодів чи ягід	454	0,10	454
Вода	0,4	44,07	176,28
Всього основна сировина		100	29257,33

У таблиці 17 представлено розрахунок витрат на сировину для виробництва морозива на основі безлактозного білкового концентрату з маслянки за двома рецептурами.

Таблиця 17 – Розрахунок вартості сировини на виробництво морозива йогуртового на основі безлактозного білкового концентрату з маслянки

Сировина і основні матеріали	Ціна, грн/кг	Рецептура №1		Рецептура №2	
		Норма витрат, кг/т	Вартість, грн	Норма витрат, кг/т	Вартість, грн
Безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), кг	22,50	494,2	11119,5	484,7	10905,75
Інулін (CP=95,8 %), кг	125,00	36,9	4612,5	36,9	4612,5
Лактулоза (CP=99,2 %), кг	765,00	10	7650	10	7650
Цукор, кг	8,50	120	1020	130	1105
Стабілізаційна система, кг	270,00	2,5	675	2	540
Імбир, кг	83,00	3	249	3	249
Йогуртна основа (ЙО), кг	1,50	331,9	497,85	331,9	497,85
Лимонна кислота, кг	28,00	1,5	42	1,5	42
Всього основна сировина		1000	25865,9	1000	25602,1

За рахунок зниження витрат на сировину виробники морозива можуть отримати економічний ефект від використання безлактозного білкового концентрату з маслянки навіть при збереженні існуючої ціни (хоча вона може бути підвищення внаслідок покращення споживчих та смакових характеристик). Результат розрахунку представлено в табл. 18.

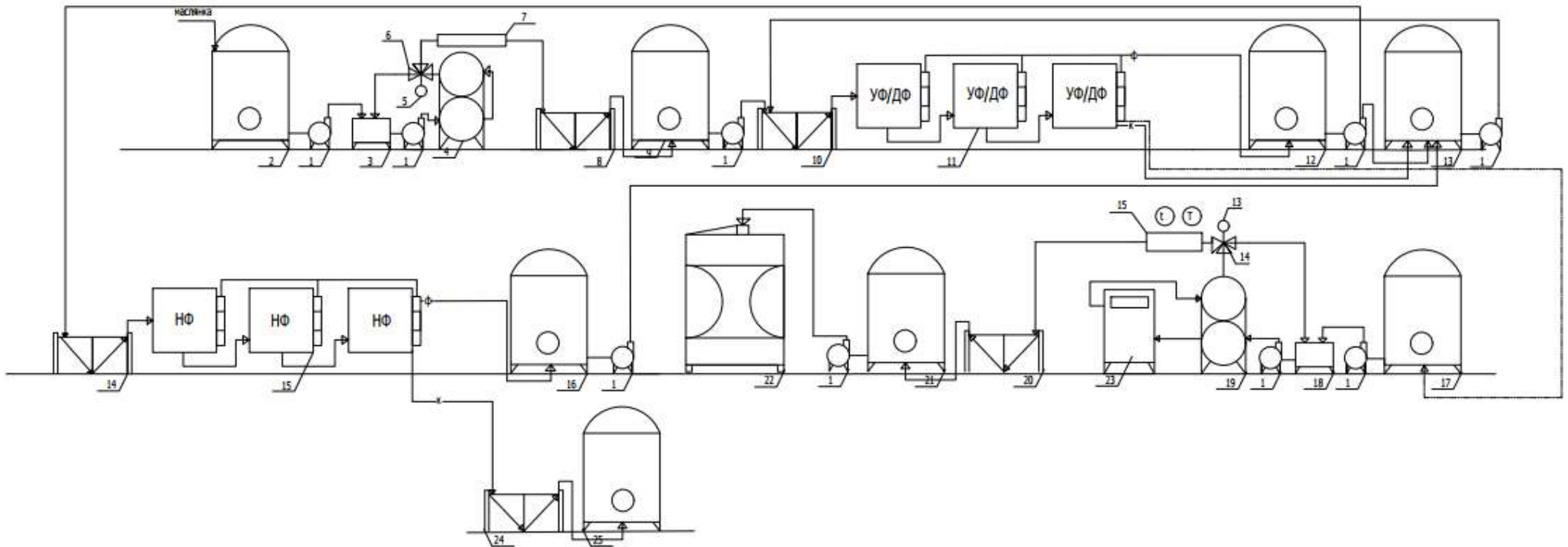
Таблиця 18 – Розрахунок додаткового прибутку на 1 т. морозива за запропонованими рецептурами

	Контроль	Рецептура №1	Рецептура №2
Вартість сировини на 1 т продукції	29257,33	25865,9	25602,1
Додатковий прибуток на 1 т		3391,5	3655,2

Таким чином, проведені економічні розрахунки засвідчили, що виробництво морозива низьколактозного синбіотичного йогуртового на основі безлактозного білкового концентрату маслянки дозволить отримати від 3391,5 до 3655,2 грн додаткового прибутку на 1 т морозива.

Апаратурні схеми виробництва отриманих продуктів

Апаратурна схема отримання рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки



1- насос відцентровий

2- резервуар

3- зрівнювальний бачок

4- трубчастий пастеризатор

5- манометр

6- термодатчик

7- витримувач

8- пластинчастий охолоджувач

9- резервуар

10- пластинчастий підігрівач

11- установка для УФ/ДФ фільтрації

12- резервуар для фільтрату

13- резервуар для змішування

14- пластинчастий підігрівач

15- установка для НФ фільтрації

16- резервуар для НФ фільтрату

17- резервуар для ББКМ

18- зрівнювальний бачок

19- трубчастий пастеризатор

20- пластинчастий охолоджувач

21- резервуар для пастеризованого ББКМ

22- фасувальний автомат для ББКМ

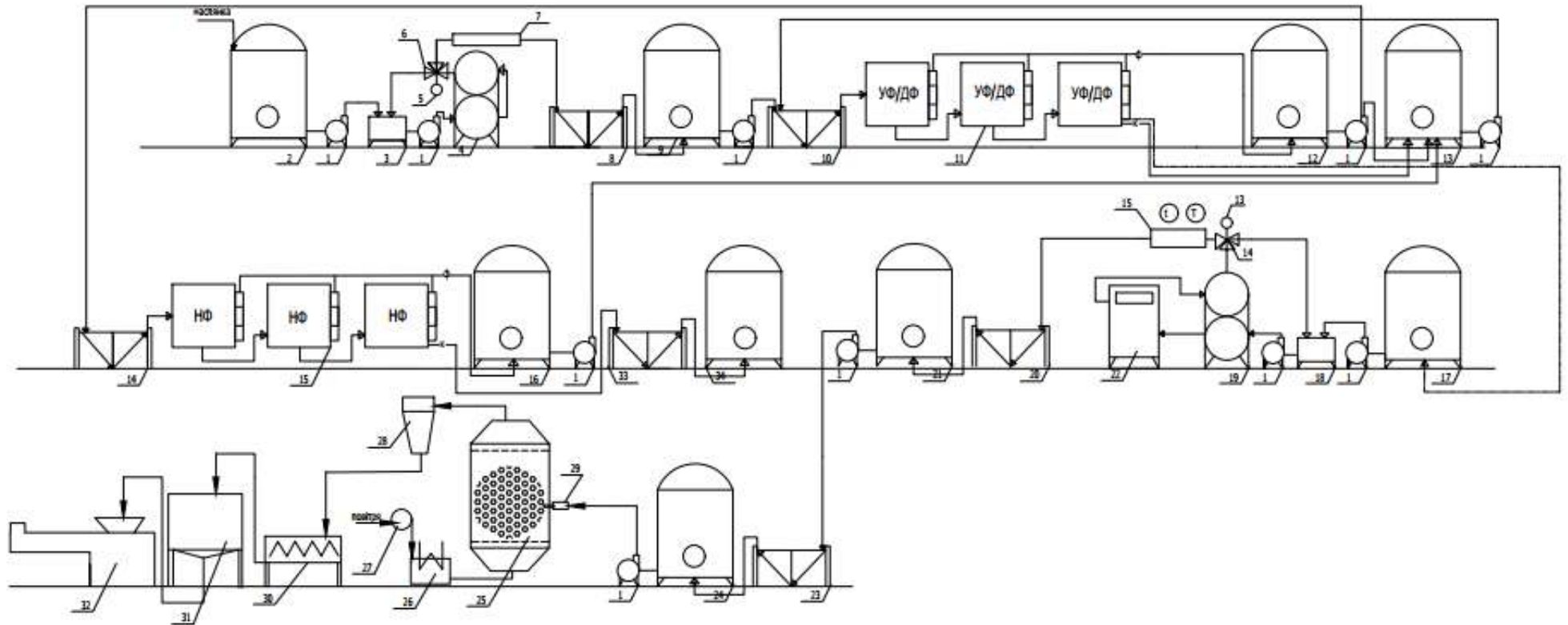
23- гомогенізатор

24- охолоджувач

25- резервуар для НФ концентрату

ДОДАТОК Л

Апаратурна схема отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки



1- насос відцентровий

2- резервуар

3- зрівнювальний бачок

4- трубчастий пастеризатор

5- манометр

6- термодатчик

7- витримувач

8- пластинчастий охолоджувач

9- резервуар

10- пластинчастий підігрівач

11- установка для УФ/ДФ фільтрації

12- резервуар для фільтрату

13- резервуар для змішування

14- пластинчастий підігрівач

15- установка для НФ фільтрації

16- резервуар для НФ фільтрату

17- резервуар для ББКМ

18- зрівнювальний бачок

19- трубчастий пастеризатор

20- пластинчастий охолоджувач

21- резервуар для пастеризованого ББКМ

22- гомогенізатор

23- пластинчастий охолоджувач

24- резервуар для пастеризованого ББКМ

25- сушильна установка

26- калорифер

27- вентилятор

28- циклон

29- розпилювальний пристрій

30- подрібнювач

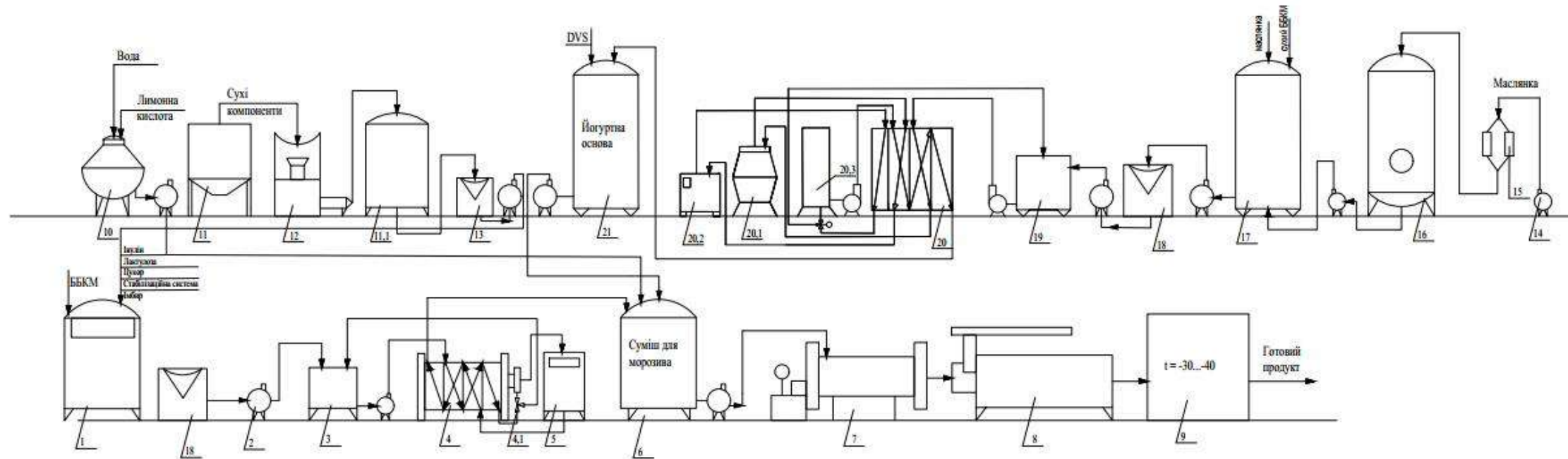
31- бункер

32- фасувальний автомат

33- пластинчастий охолоджувач

34- резервуар для НФ концентрату

Апаратурна схема отримання низьколактозного синбіотичного йогуртового морозива



1- резервуар для змішування
2- насос
3- зрівнювальний бачок
4- пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка
4,1 - триходовий кран
5- гомогенізатор

6- резервуар для складання суміші
7- фризер
8- фасувальний автомат
9- закалювальна машина
10- ємність для приготування розчину лимонної кислоти
11- бункер для сухих компонентів

11,1- бункер для сухих компонентів
12- просіювач
13- дозатор
14- насос
15- фільтр
16- резервуар для маслянки
17- резервуар для нормалізації

18- фільтр
19- зрівнювальний бачок
20- пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка
20,1- сепаратор
20,2- гомогенізатор
20,3- витримувач
21- резервуар для сквашування йогуртної основи

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Bondar S., Trubnikova A., Chabanova O., Sharahmatova T. Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved. Харчова наука та технологія, 2018, Т. 12, №. 1, С. 90–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.839>.
2. Бондар, С.М., Трубнікова А.А., Чабанова О.Б. Дослідження мембранного процесу видалення лактози з концентрату маслянки. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології, 2018, 20(85), С. 62–69. doi: 10.15421/nvlvet8512
3. Бондарь С.Н., Трубникова А.А., Чабанова О.Б. Повышение эффективности газообмена при аэробной обработке нанофильтрационных продуктов из пахты. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2018, Том 29 (68), Ч. 3, № 1, С.30–36.
4. Трубникова А. А. Контроль и управление непрерывным процессом мембранного удаления лактозы из пахты. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП» 2018, № 16 (1292), С. 177–183. doi:10.20998/2413-4295.2018.16.26
5. Трубнікова А.А., Шарахматова Т.Є., Мамінтова К. О., Цупра О.С. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2018, № 9 (1285), С. 243-255. doi:10.20998/2413-4295.2018.09.35.
6. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М. Обґрунтування режимів зберігання низьколактозного морозива. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2018, Том 29 (68), № 5, С. 47–53.

7. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М.. Обґрунтування режимів зберігання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2019, Том 30 (69), № 3, С. 57–68.
8. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М., Савчак Є.М. Розробка технології низьколактозного морозива на основі безлактозного концентрату маслянки. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2018, №. 45 (1321), С. 214–227. doi:10.20998/2413-4295.2018.45.30
9. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Бондар С.М., Шарахматова Т.Є. Одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2019, №. 45 (1321), С. 214–227. doi:10.20998/2413-4295.2017.12.01.
10. Худенко Н.П., Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Бондар С.М., Шарахматова Т.Є. Кореляційно-регресійний аналіз рецептурних складових низьколактозного морозива. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2019, Том 30 (69), № 3, С. 117–125.
11. Патент 135282UA на корисну модель, МПК А 23 G 9/04 (2006.01). Спосіб виробництва низьколактозного морозива. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, К.О. Мамінтова, І.О. Климентьєва. № u 201900440; заявл. 16.01.19; опубл. 25.06.19, бюл. № 12/2019.
12. Патент 135571UA на корисну модель, МПК А 23 С 9/04 (2006.01). Установа для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, В.А. Трубніков. № u 2019 00437; заявл. 16.01.19; опубл. 10.07.19, бюл. № 13/2019.
13. Патент 135572UA на корисну модель, МПК А 23 G 9/04 (2006.01). Спосіб виробництва м'якого низьколактозного морозива. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, К.О. Мамінтова, І.О. Климентьєва. № u 2019 00443; заявл. 16.01.19; опубл. 10.07.19, бюл. № 13/2019.

14. Патент 121543UA на корисну модель, МПК (2017): A23G 9/32, A23G 9/40, A23G 9/42, A23G 9/04 (2006.01). Суміш для виробництва морозива. Т.Є. Шарахматова, А.А. Трубнікова. № у 2017 05830; заявл. 12.06.2017; опубл. 11.12.2017, бюл. №23/2017.

15. Позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель № 15348/ЗУ/19 від 19.06.2019 р.; МПК А 23 С 9/04 (2006.01). Спосіб для безперервного одержання молочного безлактозного білково-ліпідного концентрату. С.М. Бондар, А.А. Трубнікова, О.Б. Чабанова, Т.Є. Шарахматова, В.А. Трубніков. № у 2019 00444; заявл. 16.01.19.

16. Trubnikova A., Chabanova O., Sharahmatova T., Bondar S., Vikul S. Grounding and Development of Low-Lactose Biologically Active Milk Ice Cream Formula. Path of Science: International Electronic Scientific. Traektoriâ Nauki= Path of Science, 2018, Vol. 4, No 9, P. 3001–3021. <http://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/544>. DOI 10.22178/pos.38-7

17. Трубнікова А.А. Розроблення технології безлактозного білкового концентрату маслянки із заданим складом нутрієнтів. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.), Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса. ОНАХТ, 2019, С. 104–105.

18. Кирилов В.Х., Трубнікова А.А. Факторний і регресійний аналіз рецептурних складових низьколактозного морозива. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.) Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2019, С. 107–109.

19. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є. Одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.), Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса. ОНАХТ, 2019, С. 105–107.

20. Бондар С.М., Чабанова О.Б., Трубнікова А.А., Мамінтова К.С. Отримання безлактозного концентрату. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів»,

(Одеса, 25–30 вересня 2017 р.) Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса. ОНАХТ, 2017, С. 64–66.

21. Шарахматова Т.Є., Трубнікова А.А. Цукрозамінники в харчовій промисловості. Програма і матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції», (7–8 листопада 2016 р.), Нац. універс. харч. техн. Київ, НУХТ, 2016 р., С. 96–97.

22. Шарахматова Т.Є., Трубнікова А.А. Дослідження параметрів гідролізу лактози ферментними препаратами β -галактозидази. The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solutions», (Brno, Czech Republic, april 27–28, 2018), ENAI, Brno, 2018, P. 97.

23. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є. Обґрунтування та розробка рецептур безлактозного молочного збивного десерту. International Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland», (Wolomin, Republic of Poland, 19–20 October 2018). Volume 2. Wolomin: Izdevnieciba «Baltija Publishing», Wolomin, 2018, P. 128–130.

24. Бондар С.М. Трубнікова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є. Діафільтраційне очищення ультрафільтраційного концентрату маслянки від лактози. Збірник тез доповідей 78 наукової конференції викладачів академії, (Одеса, 23–27 квіт. 2018 р.), Одес. нац. акад. харч. технологій; Одеса, 2018, С. 101–103.

25. Трубнікова А.А., Шарахматова Т.Є. Разработка рецептур низколактозного мороженого. Збірник матеріалів XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів з міжнар. участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді», (Одеса, 4–6 жовт. 2018 р.), Одес. нац. акад. харч. технологій, Одеса, 2018, С. 137–139.