

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



РОМАНЧУК ІРИНА ОЛЕГІВНА

УДК 637.1:[637.133.3+637.142]:006.053 (043.3)

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБІВ
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО
ПЕРЕРОБЛЕННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ**

05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з
гідробіонтів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України

**Науковий
консультант -**

доктор технічних наук, професор, академік НААН

Єресько Георгій Олексійович,

Інститут продовольчих ресурсів НААН, радник дирекції

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор,

Поліщук Галина Євгеніївна,

Національний університет харчових технологій МОН України, завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів

доктор технічних наук, професор,

Гніцевич Вікторія Альбертівна,

Київський національний торговельно-економічний університет МОН України, професор кафедри технології і організації ресторанного господарства

доктор сільськогосподарських наук, професор,

Цісарик Оріся Йосипівна,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького МОН України, завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів

Захист відбудеться «23» вересня 2020 року о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 у Національному університеті харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «21» 08 2020 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03



Н. М. Ющенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Молоко містить усі необхідні речовини, що здатні забезпечувати життєдіяльність людського організму. Значення молочних продуктів у харчуванні людини підтверджено їх включенням до рекомендованого раціону всіх вікових груп населення. Тому збільшення обсягів виробництва і підвищення якості молочних продуктів є запорукою ефективного функціонування молочної галузі та забезпечення продовольчої безпеки держави. Розроблення технологій раціонального використання складових молочної сировини є актуальним завданням молочної промисловості, з огляду на існуючий дефіцит сировини в Україні, а також необхідності насичення ринку продукцією відповідно до сучасних тенденцій у харчуванні, зокрема, низьколактозних продуктів та продуктів, збагачених сироватковими білками. Останні дані наукових досліджень підтверджують, що вплив молочних продуктів на покращення стану здоров'я людей, які страждають на порушення обміну речовин та серцево-судинні захворювання, забезпечується такими складовими молока, як казеїн, сироваткові білки, мінерали та пептиди. В Україні споживання молока та молочних продуктів (у перерахунку на молоко) за останні п'ять років досягло найнижчої межі – близько 200 кг на особу. Причинами такого суттєвого зменшення споживання молочної продукції, крім низької купівельної спроможності населення, є зниження обсягів виробництва молока-сировини та промислової продукції в цілому. Промислове перероблення молока забезпечує виробництво молочних продуктів традиційного асортименту, представленого продукцією із незбираного молока, сирами, маслом, молочними консервами. Побічні продукти переробки молока, які є джерелом сироваткових білків, лактози та інших потенційно корисних інгредієнтів, переробляються не у повній мірі. Особливості складу молочної сировини та широкий діапазон його мінливості спонукають до пошуку нових підходів для покращення технологічних властивостей побічних продуктів переробки молока, оскільки застосування традиційних способів перероблення обмежене або неефективне. Натомість, сучасне виробництво потребує раціонального використання усіх сировинних ресурсів, що можливо досягнути лише шляхом застосування нових фізико-хімічних і біотехнологічних методів для одержання нових видів інгредієнтів та похідних з традиційної сировини. Значний доробок, пов'язаний із вирішенням зазначеної проблеми, внесли українські та зарубіжні вчені: Дейниченко Г.В., Забодалова Л.А., Змієвський Ю.Г., Євдокімов І.О., Кравченко Е.Ф., Мирончук В.Г., Нестеренко П.Г., Рябцева С.А., Тихомирова Н.А., Храмцов О.Г., Чагаровський О.П., De Wit J.N., Donovan M., Marshal K., Morr C.V, Ha EY. Mulvihill D.M., Smithers G.W., Zydney A.L. та ін.

В Україні наукові дослідження, пов'язані з переробкою вторинної молочної сировини із застосуванням методів селективної модифікації білкового, мінерального і вуглеводного складу, а також використання одержаних проміжних продуктів переробки, оцінка їх якості і безпечності, проводились не у повній мірі, або не вирішувались у комплексі з іншими

вимогами сучасного виробництва, зокрема стандартизації продукції, встановлення нормованих показників, ідентифікації продукції. Економічна доцільність та потреби ринку спонукають до розширення асортименту продукції відповідно до сучасних тенденцій у харчуванні. Тому, доцільним є комплексне наукове дослідження, спрямоване на вдосконалення технологій промислового перероблення вторинної молочної сировини як одного з основних джерел забезпечення біологічної повноцінності і ефективності харчового раціону широкого кола споживачів.

Суть наукової проблеми, яка вирішувалась в рамках дисертаційної роботи, полягає в обґрунтуванні раціональних способів модифікації білково-вуглеводних і мінеральних складових в технологіях перероблення молочної сировини на підставі встановлених контрольованих параметрів технологічних процесів, виявлених чинників, що впливають на їх перебіг, та регламентованих характеристик якості і безпечності одержуваних продуктів. Нові науково обґрунтовані підходи сприятимуть раціональному використанню ресурсів молочної сировини та інтенсифікації технологічних процесів, а розроблення технологій цільових продуктів на основі запропонованих способів сприятиме розширенню асортименту продуктів для дитячого і дієтичного харчування, збагачених сироватковими білками, та низьколактозних продуктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась за програмами наукових досліджень НААНУ в Інституті продовольчих ресурсів НААН упродовж 2006-2018 р.р. в рамках НДР за темами:

- «Дослідити вплив технологічних параметрів виробництва на показники якості та безпеки сиру кисломолочного та ферментованих молочних продуктів» (№ 0106U002171);
- «Дослідити процеси демінералізації та гідролізу лактози з метою розробки технології глибокої переробки сироватки» (№ 0104U003042);
- «Дослідити технологічні властивості та фізико-хімічний склад білково-вуглеводних концентратів, отриманих з використанням мембранних методів» (№ 0109U002637);
- «Дослідити оптимальні параметри мембранного сепарування молочної сироватки та встановити фізико-хімічні та технологічні властивості білкових концентратів» (№ 0111U001194);
- «Наукове обґрунтування технологій виробництва кисломолочних продуктів спеціального та дієтичного споживання для дітей різних вікових груп» (№ 0111U001193);
- «Розробити методики контролювання показників якості сухих та згущених продуктів переробки молока» (№ 0114U001486), а також в рамках бюджетної програми 2801060 «Наукові розробки у сфері стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції» за темою: «Розробити національні стандарти України на продукцію переробки молока» (№ 0105U003896).

Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення знежиреного

молока та сироватки на основі теплової коагуляції білків, ферментативного гідролізу лактози, селективного розділення білково-мінеральних компонентів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- на основі аналізу нормативно-правової бази та науково-технічної інформації у сфері переробки молока та сироватки окреслити напрями підвищення ресурсоефективності перероблення вторинної молочної сировини та раціонального використання її складових, обґрунтувати способи модифікації білково-вуглеводних складових знежиреного молока і сироватки та встановити зв'язки між показниками якості основних і проміжних продуктів в системі технологічних процесів;
- встановити закономірності впливу температури та тривалості теплового оброблення молока на коагуляцію білків та властивості білкових згустків і сироватки під час виробництва сиру кисломолочного залежно від технологічних умов виробництва;
- дослідити закономірності ферментативного гідролізу лактозовмісної молочної сировини лактазами грибного і дріжджового походження, встановити вплив компонентного складу гідролізованих молока та сироватки на фізико-хімічні, реологічні та органолептичні показники продуктів з гідролізованою лактозою та на їх основі обґрунтувати параметри технологічних процесів низько-лактозних продуктів;
- встановити закономірності зміни мінерального складу сироватки за різних методів оброблення, провести порівняльну оцінку їх ефективності з метою цілеспрямованого формування показників якості демінералізованої сироватки;
- дослідити закономірності формування функціонально-технологічних властивостей продуктів переробки сироватки в залежності від їх фізико-хімічного складу та способів оброблення вихідної сировини, обґрунтувати доцільність їх застосування у складі молочних продуктів за критеріями біологічної цінності;
- розробити конкурентоспроможні технології кисломолочних продуктів з використанням одержаних продуктів переробки сироватки, провести їх промислову апробацію та оцінку ефективності за їх науково-практичним та соціально-економічним значенням.
- систематизувати вимоги до виробництва молочних продуктів з позицій необхідності дотримання нормативних вимог, формування понятійного апарату про властивості продуктів відповідно до сучасного стану розвитку технологій, нових видів сировини та способів оброблення.

Об'єкт дослідження – технології перероблення знежиреного молока і сироватки із використанням способів теплової коагуляції білків, ферментативного гідролізу лактози, мембранних методів знесолювання та концентрування сироваткових білків, технології низьколактозних молочних продуктів, технології кисломолочних продуктів спеціального призначення.

Предмет дослідження – молоко знежирене, сироватка кисла, сироватка демінералізована, білкові концентрати, молочні продукти, технологічні процеси

та параметри їх виробництва.

Методи дослідження – *аналітичні методи* (систематизація та класифікація фактологічних матеріалів, абстрактно-логічний метод узагальнень та висновків), *загальноприйняті лабораторні методи* досліджень фізико-хімічних і мікробіологічних характеристик сировини та продукції (титрометрія, мікроскопія, посів на селективні поживні середовища), *інструментальні методи* досліджень (потенціометрія, калориметрія, рідинна хроматографія, електрофорез, спектрофотометрія), *сенсорний метод* аналізу оцінки готової продукції, *математичні методи* (статистичне оброблення експериментальних даних, оптимізація технологічних параметрів, комплексна оцінка якості продукції).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробленні науково-практичних основ технологій комплексної переробки молочної сировини, що базуються на нових даних щодо закономірностей зміни білкових, вуглеводних і мінеральних компонентів сировини в залежності від способів її оброблення. В результаті виконаних теоретичних та експериментальних досліджень отримано нові наукові результати:

Вперше:

- обґрунтовано застосування короткотривалого високотемпературного оброблення молока у технології сиру кисломолочного для збільшення вмісту сироваткових білків у складі кисломолочних згустків та встановлено залежність ступеню використання сухих речовин молока від параметрів оброблення вихідної сировини і кисломолочних згустків;

- визначено ефективність ферментативного гідролізу лактози в різних видах молочної сировини лактазами грибного та дріжджового походження та доведено зменшення ступеню гідролізу за рахунок утворення комплексів лактози з амінокислотами під час тривалого теплового оброблення сировини;

- виявлено зміну співвідношення між продуктами гідролізу лактози у кислому середовищі в умовах ферментації сироватки препаратами грибного походження;

- встановлено взаємозв'язок між вуглеводним складом та реологічними властивостями згущених продуктів з гідролізованою лактозою, його вплив на забезпечення консервувального ефекту за зменшеного вмісту сахарози;

- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено залежності фізико-хімічного складу, функціонально-технологічних властивостей та біологічної цінності продуктів переробки сироватки від способів знесолювання та концентрування розчинів сироваткових білків.

Набули подальшого розвитку:

- наукова база щодо контрольованих параметрів та негативних чинників на стадії технологічного циклу в технологіях сиру кисломолочного, згущених продуктів з гідролізованою лактозою, демінералізованої сироватки, концентратів сироваткових білків;

- теоретико-методологічні основи підвищення харчової цінності та

формування якісних показників молочних продуктів дитячого та геродієтичного харчування, збагачених сироватковими білками, та низьколактозних продуктів, призначених для людей інтолерантних до лактози.

Практичне значення отриманих результатів. На основі експериментально обґрунтованих фізико-хімічних і біотехнологічних способів модифікації компонентів вторинної молочної сировини розширено можливості практичного використання її харчового потенціалу та удосконалено технології сиру кисломолочного із застосуванням високотемпературного оброблення молока, згущених продуктів на основі молока та сироватки із застосуванням ферментативного гідролізу лактози, демінералізації сироватки та концентрування білка мембранними методами, розроблено технології молочних продуктів спеціального дієтичного споживання із використанням одержаних продуктів переробки сироватки, розширено асортимент низьколактозних і білкових продуктів підвищеної харчової цінності.

Технологічні рішення використано в інструкціях до національних стандартів на виробництво сиру кисломолочного до ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №43692), виробів сиркових до ДСТУ 4503:2005 «Вироби сиркові. Загальні технічні умови» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №43691) та підтверджено патентом на корисну модель «Спосіб виробництва м'якого дієтичного кисломолочного сиру та сиркових виробів» №36905.

Раціональні параметри процесів ферментативного гідролізу лактози та демінералізації сироватки, технологічні схеми її переробки використано в нормативних документах ТУ У 15.5 – 00419880 – 078:2006 «Напої із сироватки», ТУ У 15.5 – 00419880 – 080:2006 «Сироватка молочна гідролізована згущена», ТУ У 15.5 – 00419880 – 096:2008 «Молоко гідролізоване згущене», ТУ У 15.5 – 00419880 – 089:2009 «Сироватка молочна демінералізована суха (СД–НФ)». Технологічні рішення підтверджено патентами на корисну модель «Спосіб виробництва сироватки молочної гідролізованої згущеної» №38784 та винаходи «Спосіб виробництва молока знежиреного згущеного гідролізованого з цукром» №83886, «Спосіб виробництва молока незбираного гідролізованого згущеного» № 94151.

Способи підвищення харчової та біологічної цінності кисломолочних продуктів з використанням одержаних продуктів переробки застосовані в технологіях продуктів спеціального призначення – продукту кисломолочного «Віталакт» (ТУ У 10.8-00419880-116:2012), виробів сиркових для спеціального дієтичного споживання (ТУ У 10.8-00419880-112:2012). Новизну технологічних рішень підтверджено патентами на винаходи «Паста сиркова для дитячого харчування» №105581, «Кисломолочний продукт «Віталакт» для дітей» №104976, «Спосіб виробництва пасти сиркової для дитячого харчування» №105591.

Одержані результати також додатково відображені в ДСТУ 2212:2003 «Молочна промисловість. Виробництво молока та кисломолочних продуктів. Терміни та визначення понять», ДСТУ 4324:2004 «Виробництво молочних консервів. Терміни та визначення понять», ДСТУ 7170:2010 «Продукти молочні

та молоковмісні. Номенклатура та вимоги до назв» та ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови».

Апробацію технології сиру кисломолочного проведено в умовах «Молокозавод-Олком», згущених продуктів з гідролізованою лактозою в умовах ТОВ «Надія-В», ЗАО «Троїцький МДЗ», ЗАТ «Бахмачконсервмолоко», ультрафільтрацію молочної сироватки в умовах ТОВ «Бучацький сирзавод», нормативні документи впроваджено на ВАТ «Дубномолоко», ПрАТ «Літинський молокозавод», ТОВ «Техмолпром», ТОВ «Овруцький молочноконсервний завод», ТОВ «Хмільницький завод СЗМ «Молочний візит», ТОВ «Андрушівський маслосирзавод», ТОВ «Клуб сиру», ТОВ «Гайсинський молокозавод», ДП «Мілкіленд-Україна», ТОВ «Охтирська молочна промислова компанія «Славія», ТДВ «Херсонський маслозавод».

Особистий внесок здобувача полягає в обґрунтуванні напряму і програми досліджень, аналізі, узагальненні та інтерпретації результатів, формулюванні висновків, підготовці матеріалів досліджень до публікацій, складанні заявок, розробці нормативних документів. Дисертаційна робота містить результати досліджень, проведених під час виконання науково-дослідних робіт згідно з тематичними планами наукової установи, що підтверджується робочими програмами і звітами про виконання НДР.

Розроблення технологій молочних продуктів проведено за безпосереднього керівництва здобувача зі співробітниками відділу технології молочних продуктів та продуктів дитячого харчування ІПР к.т.н. Міноровою А.В., к.т.н. Рудаковою Т.В., Моїсеєвою Л.О., Крушельницькою Н.Л, а також співробітниками суміжних відділів – відділу біотехнології, відділу аналітичних досліджень та якості харчових продуктів, лабораторії стандартизації. Низку досліджень та апробацію в промислових умовах проведено спільно з аспірантами Кострицькою О.О. та Калініною О.Д. Результати, отримані під час виконання наукових досліджень за участі співвиконавців, задекларовані в списку опублікованих праць та зазначені із співавторами. Основні напрями щодо упорядкування нормативної бази та стандартизації в молочної галузі обговорювались з науковим консультантом д.т.н. Єресько Г.О. і впроваджувались автором особисто.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертації доповідались на: III-IV Міжнародних науково-практичних конференціях (Київ, ІПР, 2016 р.); Міжнародній науково-технічній конференції (Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2010-2015 р.); Другій спеціалізованій наук.-практ. конференції «Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології» (Київ, 2014 р.); Першій науково-практичній конференції «Проблеми ринку продовольчих ресурсів України» (Київ, 2013 р.); Першій міжнародній спеціалізованій науково-практичній конференції в рамках XVII Міжнародного форуму товарів та послуг для дітей «Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології» (Київ, 2013 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания» (РФ, Истра, 2012 р.).

Публікації за темою дисертації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 54 наукові праці, у тому числі: 19 статей у фахових виданнях України, 2 статті у фахових виданнях Республіки Білорусь, 2 статті у виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою *Web of Science Emerging Sources Citation Index*, 15 статей в інших наукових журналах України та Республіки Білорусь, 5 патентів України на винахід та 2 патенти на корисну модель, 9 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Робота містить такі структурні елементи – анотацію, список публікацій за темою дисертації, зміст, перелік умовних позначень, вступ, 7 розділів основної частини, висновки, список використаних джерел літератури, що включає 336 найменувань, додатки. Дисертаційну роботу викладено на 290 сторінках основного тексту, ілюстровано 63 рисунками та 82 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи та її актуальність, сформульовано мету, завдання та наукові і практичні результати досліджень, визначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** «Науково-практичні засади удосконалення технологій перероблення молока та виробництва молочних продуктів гарантованої якості» на підставі аналізу науково-технічної інформації окреслено основні напрями підвищення ресурсоефективності перероблення вторинної молочної сировини та розширення можливостей її використання для одержання продуктів високої харчової цінності. Відмічено, що сучасний рівень розвитку технологічного обладнання дозволяє реалізовувати раціональні схеми переробки молока та підвищувати ефективність використання його складових на харчові цілі. В Україні такі дослідження проводили лише для певних видів сировини та окремих способів оброблення. Гострою залишається проблема використання тих компонентів молока, що переходять до складу побічних продуктів переробки під час виробництва сирів, сиру кисломолочного, казеїну. На основі узагальнення наведеної у першому розділі інформації виокремлено способи цілеспрямованого регулювання складу та функціонально-технологічних властивостей білково-вуглеводної сировини для одержання нових видів і похідних високої біологічної цінності. Застосування теплової коагуляції білків молока, ферментативного гідролізу лактози, демінералізації сироватки, концентрування та виділення молочних білків із застосуванням мембранних методів дозволяють фракціонувати окремі компоненти та одержувати їх у певному співвідношенні.

У **другому розділі** «Організація, програма та методи досліджень» наведено схему проведення досліджень, яка ілюструє взаємозв'язок та послідовність етапів роботи (рис.1). Технологічні режими опрацьовано в умовах експериментального цеху ІПР НААН: теплове оброблення молока проводили на дослідній установці фірми Альфа-Лаваль, сушіння – на розпилювальній сушарці Niro-Atomizer (Данія), демінералізацію молочної сироватки – на електродіалізній установці АО «MEGA» (Чехія) з використанням мембран

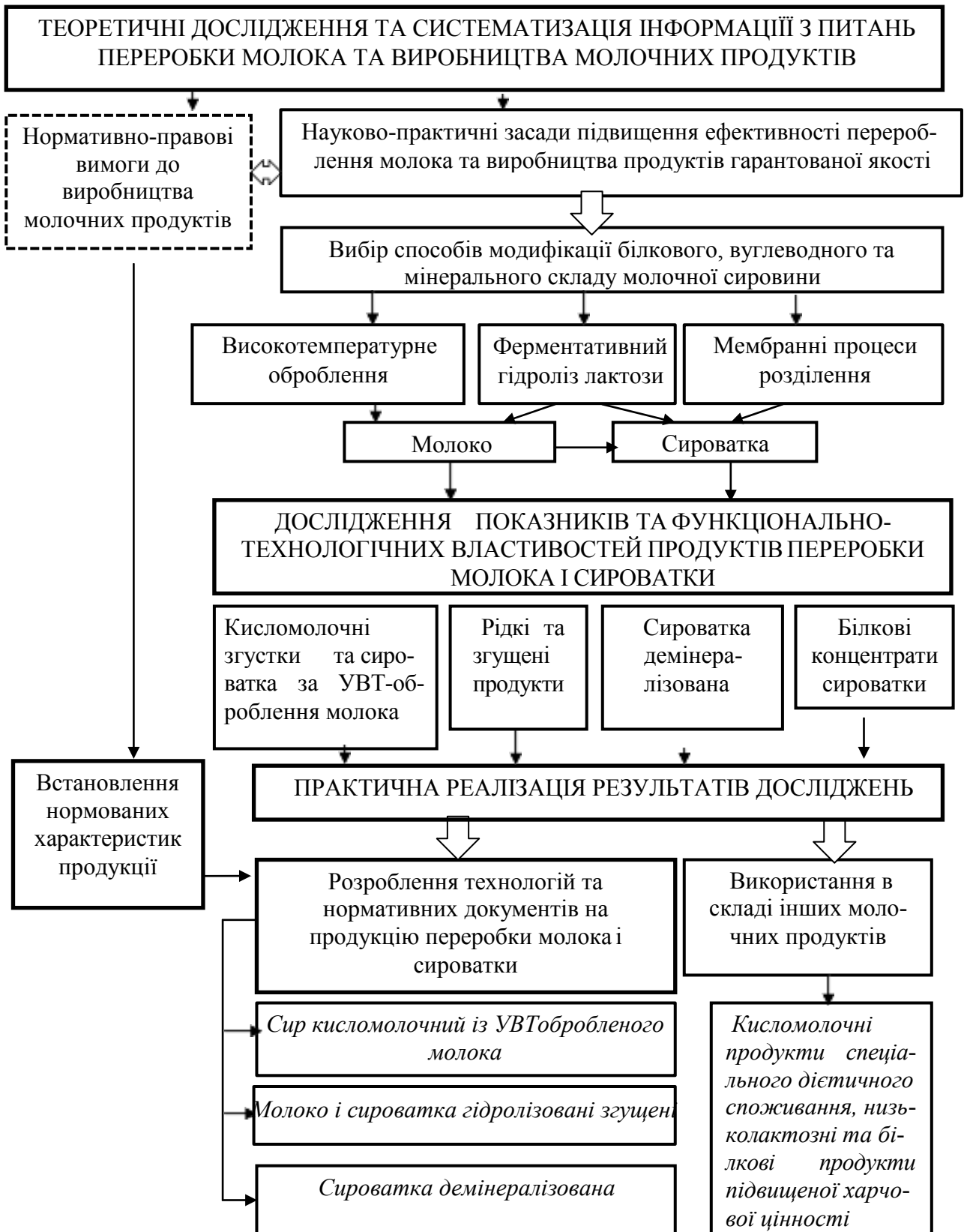


Рисунок 1 – Структурна схема проведення досліджень

RALEX, нанофільтрацію – на установці «GEA» (Данія). Вміст загального білка визначали згідно з ДСТУ ISO 8968, вміст розчинного білка і небілкових азотистих речовин – за методом Лоурі, вміст небілкового азоту визначали після

осадження білків 10% розчином сульфасаліцилової кислоти, вміст моноцукрів – хроматографічним методом з використанням високоефективного рідинного хроматографа LC-6A («Shimadzu») з рефрактометричним детектором, колонка SCR-101-N (250×4,7 мм), електропровідність – на кондуктометрі HI9033 (HANNAinstruments), осмоляльність – на міліосмометрі-кріоскопі MT-5-02 (НВО “Буревістник”, Росія), показник активності води – за допомогою портативного приладу AquaLab 3TE, масову частку сухих речовин – за загальноприйнятими методиками, лактози – йодометричним методом, вміст кальцію в молоці – комплекснометричним методом, вміст золи – за методом, заснованим на озолуванні наважки продукту за температури $(525\pm 25)^{\circ}\text{C}$, мінеральний склад сироватки – методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно- зв’язаною плазмою згідно з ДСТУ ISO 11885:2005, стан води (вміст вільної та зв’язаної води) в продуктах – методом диференційно-скануючої калориметрії (ДСК) на мікрокалориметрі ДСМ-2М, структурно-механічні показники білкових згустків – під дією зсувних дотичних напруг на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Відносний вміст білкових фракцій продуктів визначали методом електрофорезу у поліакриламідному гелі (12%) у присутності 6 М сечовини та додицисульфату натрію. Амінокислотний склад зразків визначали за допомогою кислотного гідролізу на амінокислотному аналізаторі LC-2000 (Biotronik, Німеччина), амінокислотний скор – розрахунковим методом, біологічну цінність – за порівнянням із амінокислотним складом білка рекомендованого ФАО/ВООЗ. Функціонально-технологічні властивості одержаних продуктів переробки сироватки, що характеризували їх здатність до участі в поверхневих явищах (піноутворюючу, емульгуючу, жиро- та вологоутримувальну здатність) оцінювали за рутинними методиками, застосовними для оцінки сухих продуктів. Ступені використання сухих речовин молока, гідролізу лактози та демінералізації визначали розрахунковим способом. Експериментальні дані опрацьовували методами математичної статистики з використанням програмного забезпечення MathCad та Excell.

У **третьому розділі** «Вплив теплового оброблення на зміни білково-мінерального складу молока та сироватки під час виробництва сиру кисломолочного» розглянуто вплив процесів структуроутворення через хімічні та структурні модифікації сольового і білкового комплексу молока, що відбуваються на початковій стадії технологічного циклу, на фізико-хімічні показники молока, кисломолочних згустків і сироватки. Застосування теплової коагуляції білків молока розглянуто з позиції можливості підвищення виходу сиру кисломолочного під час промислового перероблення знежиреного молока.

Відмічено, що під час теплового оброблення сирого молока за температур $90\pm 1^{\circ}\text{C}$, $125\pm 1^{\circ}\text{C}$ та $135\pm 1^{\circ}\text{C}$ в апаратах різних типів (пароконтактним способом та через поверхню) найбільш очевидними є зміни властивостей молока, які в найбільшій мірі залежать від концентрації розчинних солей (рис. 2). Для всього досліджуваного діапазону температур від $90\pm 1^{\circ}\text{C}$ до $135\pm 1^{\circ}\text{C}$, встановлено істотне зниження електропровідності та підвищення температури замерзання обробленого молока. Такі зміни мінерального комплексу вихідного

молока, обумовлені утворенням із розчинних гідрофосфатів і дигідрофосфатів кальцію, що знаходяться в іонно-молекулярній формі, важкорозчинного фосфату кальцію, здатного осаджуватись на казеїнових міцелах.

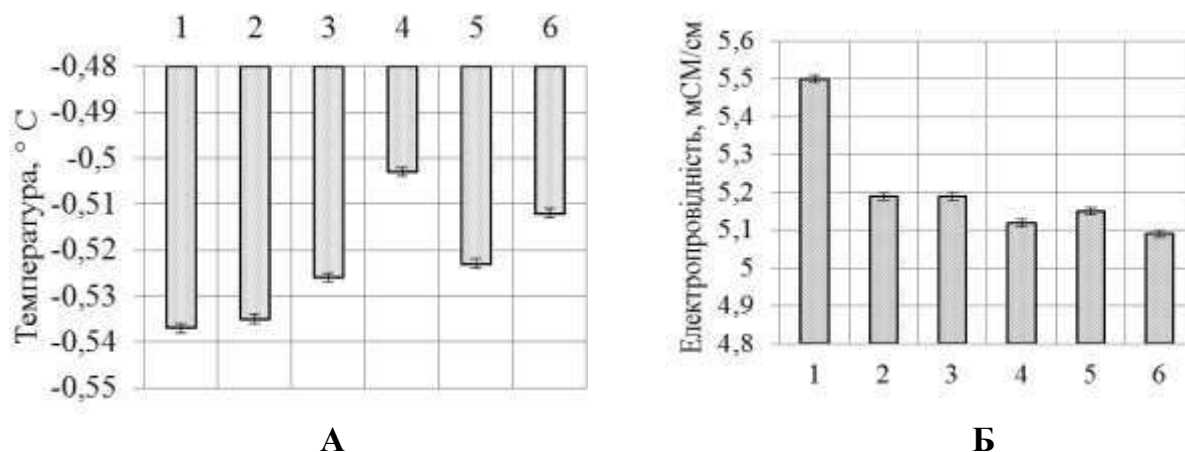


Рисунок 2 – Показники температури замерзання (А) та електропровідності (Б) за різних способів оброблення молока: 1– контроль (сире молоко); 2 – через поверхню 90 ± 1 °C; 3 – через поверхню 125 ± 1 °C; 4 – через поверхню 135 ± 1 °C; 5 – пароконтактний спосіб 125 ± 1 °C; 6 – пароконтактний спосіб 135 ± 1 °C

За підвищення температури оброблення пароконтактним способом від 125 ± 1 °C до 135 ± 1 °C зміни температури замерзання та електропровідності були меншими, ніж у разі оброблення молока шляхом нагрівання через стінку. Безумовною перевагою застосування підвищених температур оброблення молока-сировини є покращення мікробіологічних показників та зниження ризиків біологічного походження під час подальших технологічних процесів виробництва та зберігання одержуваних продуктів.

Для обґрунтування доцільності високотемпературного оброблення молока для підвищення ступеню використання сухих речовин молока, зокрема за рахунок денатурації сироваткових білків та формування комплексів денатурованих сироваткових білків з казеїном, досліджено зміну вмісту розчинного білка, кальцію та сухих речовин в кисломолочних згустках та сироватці, одержаних із молока, обробленого за різних умов.

На модельних системах було встановлено, що відносний вміст розчинного білка в сироватці, одержаній після осадження казеїнів молочною кислотою за рН 4,6...4,7, зменшується в 2,3... 2,6 рази за підвищення температури оброблення від 75 ± 1 °C до 96 ± 1 °C (рис.3). Зменшення вмісту розчинного білка в кислотній сироватці опосередковано свідчило про збільшення частки сироваткових білків у кисломолочних згустках. Для підтвердження впливу температури на коагуляцію сироваткових білків та їх сумісне осадження з казеїном під час відокремлення кислотних згустків проведено дослідження білкових фракцій сиру кисломолочного та сироватки, одержаних з молока обробленого за температури 75 ± 1 °C, 86 ± 1 °C, 96 ± 1 °C та 146 ± 1 °C. За даними електрофорезу встановлено, що у порівнянні із співвідношенням білкових фракцій у кисломолочних згустках, одержаних із необробленого сирого молока, відносний вміст сироваткових білків у всіх досліджуваних кисломолочних

згустках зростає з підвищенням температури оброблення молока та становив

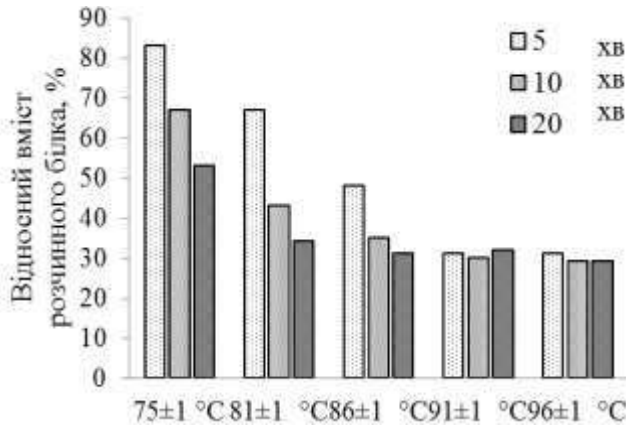


Рисунок 3 – Відносний вміст розчинного білка в модельних зразках сироватки молока, обробленого за різних температур пастеризації та тривалості (5±1 хв; 10 ±1 хв; 20 ±1 хв)

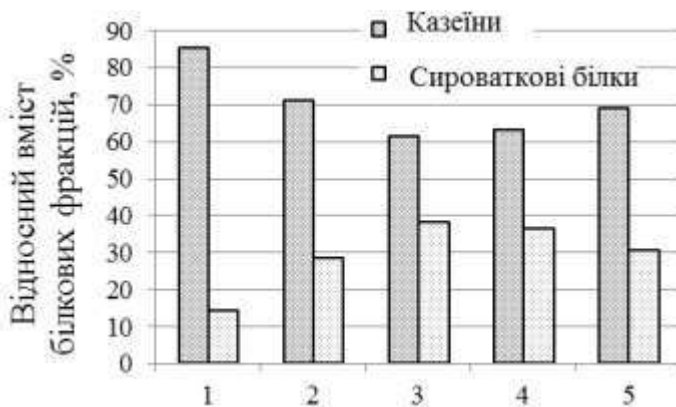


Рисунок 4 – Відносний вміст білкових фракцій в кисломолочних згустках за температур оброблення молока: 1 – сире молоко (контроль); 2 – 75±1 °C; 3 – 86±1 °C; 4 – 96±1 °C; 5 – 146±1 °C

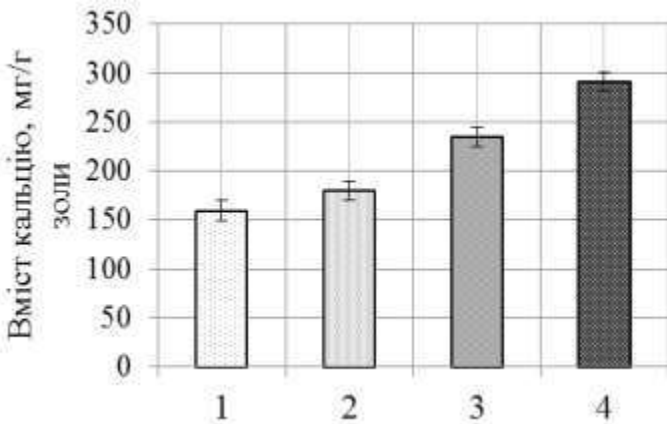


Рисунок 5 – Вміст кальцію в кисломолочних згустках за різних температур оброблення молока: 1 – 75±1 °C; 2 – 86±1 °C; 3 – 96±1 °C; 4 – 146±1 °C

28,7 %, 38,5 % та 36,5 %, за температур пастеризації 75±1°C, 86±1 °C та 96±1 °C, відповідно (рис. 4). Вміст казеїну та сироваткових білків в кисломолочних згустках, одержаних з молока, обробленого за температури 146±1 °C (3...5 с), становив відповідно 69,3 % та 30,7 %, що є найбільш наближеним до співвідношення між цими білками за традиційного режиму пастеризації молока (75±1°C, 15-30 с).

Одержані дані щодо співвідношення білків у складі сиру кисломолочного підтверджують, що за рахунок денатурації сироваткових білків та їх зв'язування з казеїном під час теплового оброблення вихідного молока, частка сироваткових білків у відокремлених білкових згустках збільшується зі збільшенням температури нагрівання.

При цьому, найбільший вміст кальцію 290±10 мг в 1 г золи відмічено для сиру кисломолочного, одержаного із молока за температури 146±1 °C, що майже удвічі перевищує вміст кальцію у сирі кисломолочному, виробленому із молока пропастеризованого за температури 75±1 °C (рис. 5). Водночас, на електрофореграмах кислої сироватки, одержаній із молока, обробленого за температур 95±1 °C і 146±1 °C, відсутні фракції, притаманні

контрольному варіанту, зокрема високомолекулярних імуноглобулінів та сироваткового альбуміну. Також у зразках сироватки зменшується вміст β -лактоглобуліну. Таким чином, встановлено, що якісний склад білків кислої сироватки суттєво залежить від режимів теплового оброблення вихідного молока на етапі пастеризації.

За рахунок коагуляції β -лактоглобуліну з казеїном його відносний вміст в кислій сироватці, одержаній із молока за температур пастеризації 96 ± 1 °C та 146 ± 1 °C менший, ніж за температури пастеризації молока 75 ± 1 °C (рис. 6).

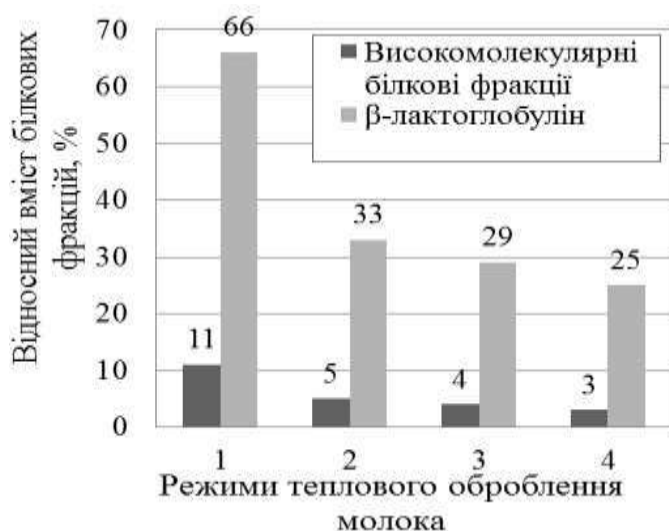


Рисунок 6 – Відносний вміст високомолекулярних білкових фракцій та β -лактоглобуліну в сироватці за режимів теплового оброблення молока: 1 – 75 ± 1 °C (15...30 с); 2 – 86 ± 1 °C (1,5 хв); 3 – 96 ± 1 °C (5 хв); 4 – 146 ± 1 °C (3...5 с)

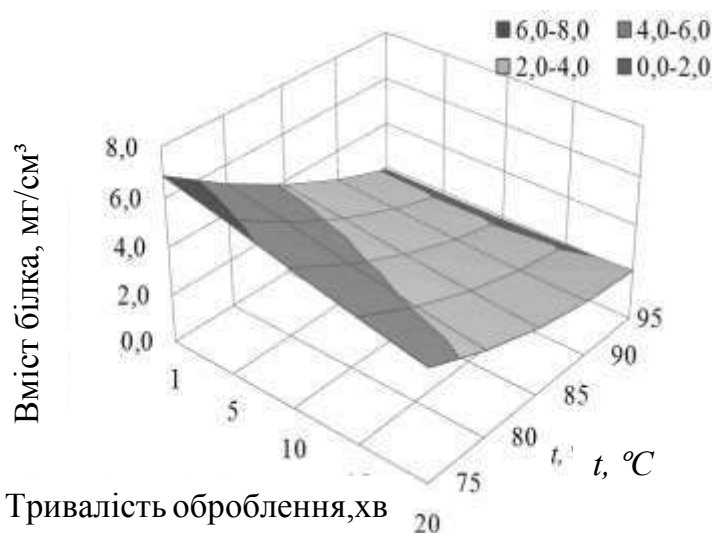


Рисунок 7 – Вміст розчинного білка в сироватці під час виробництва сиру кисломолочного за різних параметрів термооброблення молока

Цілком очевидно, що зі зменшенням вмісту розчинного білка в сироватці (рис.7) підвищується вихід сиру кисломолочного за рахунок утворення комплексів казеїнів з термолабільними фракціями сироваткових білків.

На підставі встановлених фактичних даних вмісту сухих речовин у вихідному молоці, кисломолочних білкових згустках і сироватці розраховано показник ступеню використання сухих речовин молока (СРМ), який характеризує збільшення виходу продукту із одиниці сировини за рахунок денатурації сироваткових білків в діапазоні теплового оброблення від 75 ± 1 °C до 96 ± 1 °C (рис. 8).

У разі збільшення температури від 75 ± 1 °C до 86 ± 1 °C зростання СРМ було найістотнішим (від 46 до 55 %). За подальшого підвищення температури пастеризації молока до 96 ± 1 °C величина СРМ зростала до 57,5%. Ступені використання сухих речовин молока для температур у діапазоні від 86 ± 1 °C до 91 ± 1 °C були близькими за своїми значеннями.

Одержані математичні моделі, які адекватно характеризують закономірності зміни вмісту розчинного білка (F_{60}),

сухих речовин в сироватці ($F_{мчср}$) та ступеня використання сухих речовин молока ($F_{всрм}$) від температури (t) та тривалості (τ) теплового оброблення вихідної сировини під час виробництва сиру кисломолочного:

$$F_{сб}(t, \tau) = 90,486 - 1,831 \cdot t - 0,603 \cdot \tau + 0,0061 \cdot t \cdot \tau + 0,009543 \cdot t^2 + 0,001383 \cdot \tau^2$$

$$F_{мчср}(t, \tau) = 15,196 - 0,184 \cdot t - 0,083 \cdot \tau + 0,000899 \cdot t \cdot \tau + 0,000874 \cdot t^2 + 0,000021 \cdot \tau^2$$

$$F_{всрм}(t, \tau) = -176,77 + 4,709 \cdot t + 2,312 \cdot \tau - 0,026 \cdot t \cdot \tau - 0,024 \cdot t^2 + 0,00193 \cdot \tau^2$$

Експериментальні і обчислені значення досліджуваних характеристик підтвердили достовірність апроксимації рівнянням регресії.

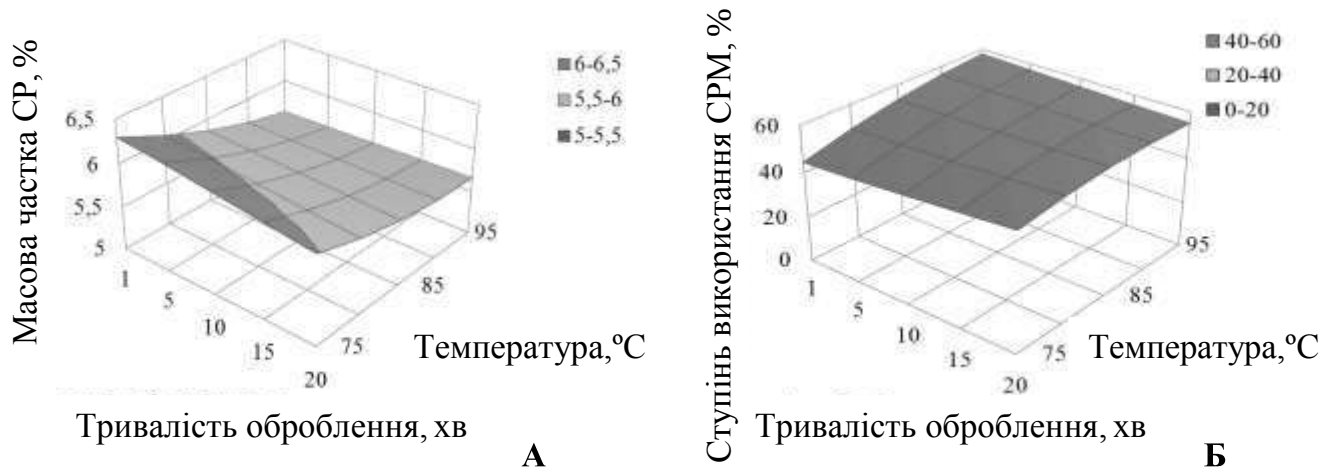


Рисунок 8 – Залежності вмісту сухих речовин в сироватці (А) та ступеню використання сухих речовин молока (Б) під час виробництва сиру кисломолочного від параметрів теплового оброблення сировини

Значення СРМ в більшій мірі залежить від температури і в меншій мірі – від тривалості пастеризації. Рациональними параметрами отримання продукту зі стандартними показниками вологи, що не перевищують 80 %, є температура оброблення молока 96 ± 1 °C і температура оброблення згустку 50 ± 1 °C. За цих умов вихід сиру кисломолочного зі знежиреного молока становить 24,4...24,7%. Застосування УВТ-оброблення за температури 146 ± 1 °C з витримкою 3...5 с не забезпечує одержання сиру кисломолочного зі стандартними показниками вологи. Проте, за рахунок збільшення частки сироваткових білків у складі сиру кисломолочного, показники (КРАС), що характеризують його біологічну цінність (БЦТ) зростають (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристики біологічної цінності сиру, виробленого із молока, обробленого за різних температур

Показник	Температура та тривалість оброблення молока			
	75±1 °C, 30"	86±1°C, 1,5'	96±1°C, 5'	146±1 °C, 3-5"
КРАС, %	38,91	40,02	31,88	36,55
БЦТ (100 – КРАС), %	61,00	60,00	68,12	63,45

Таким чином, підтверджено вплив температурних режимів на етапі теплового оброблення молока-сировини на зміну білкового складу кінцевих продуктів під час виробництва сиру кисломолочного. Недотримання

регламентованих параметрів технологічних процесів є одним із факторів, що впливають на характеристики сиру кисломолочного та одержуваних із сироватки білкових концентратів. Підвищення температури та тривалості пастеризації молока призводить до істотного зменшення чисельності бактерій у вихідному молоці, а за температури оброблення 146 ± 1 °C протягом 3...5 с – до повного знешкодження вегетативних клітин. Ймовірним є застосування різних температур для забезпечення безпечності цільового продукту в системі заходів, розроблених на виробництві. Проте зміни, які відбуваються, повинні бути прийняті до уваги на подальших етапах переробки кисломолочної сироватки.

У **четвертому розділі** «Селективні способи підвищення ефективності використання складових молочної сировини» розглянуто застосування ферментативного гідролізу лактози, знесолювання, концентрування білків з використанням мембранних методів для зміни складу та технологічних властивостей молока і сироватки. За масовим розподілом на лактозу припадає найбільша частка від вмісту загальних сухих речовин сироватки, що становить близько 57...75 %. З метою зменшення вмісту лактози до заданого рівня проведено оцінку ефективності застосування ферментних препаратів нейтральних та кислих лактаз (ФПЛ) для різних видів сировини. Гідроліз лактози у нейтральному середовищі проводили ФПЛ дріжджового походження за рН 6,0...6,5 та температур 8 ± 2 °C або 45 ± 2 °C (рис.9), у кислому середовищі - гідроліз лактози проводили ФПЛ грибного походження за рН 4,5...5,0 та температури 52 ± 2 °C (рис.10).

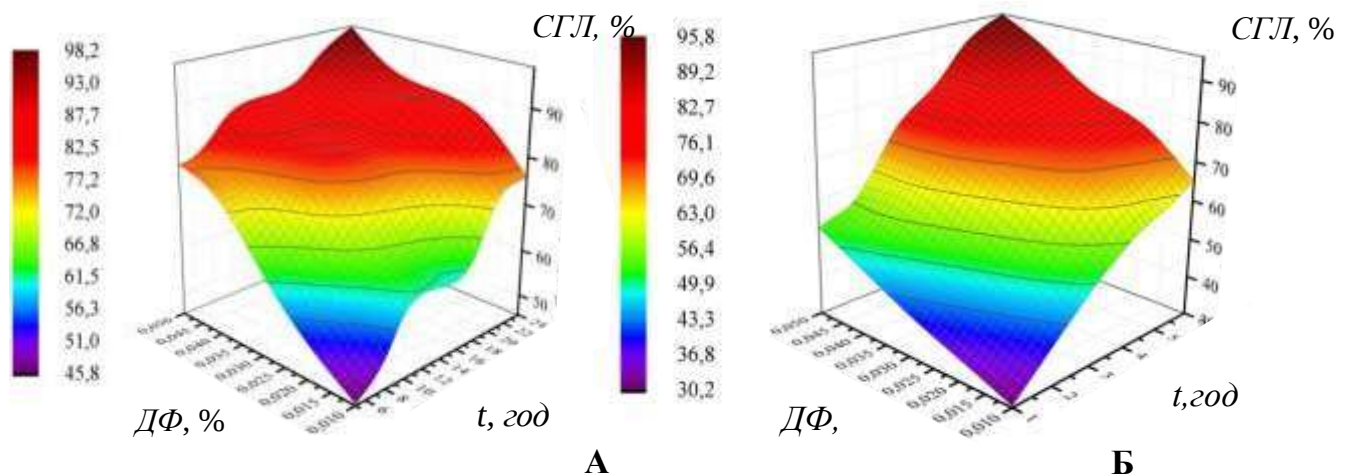


Рисунок 9 – Залежність ступеня гідролізу лактози (СГЛ, %) сироватки підсирної від вмісту ферментного препарату дріжджового походження (ДФ, %) і тривалості гідролізу (t, год): А – за температури оброблення сироватки (8 ± 2) °C; Б – за температури оброблення сироватки 45 ± 2 °C

За результатами математичної обробки експериментальних даних одержані рівняння регресії, що описують залежність тривалості оброблення (t, год) кисломолочної та підсирної сироваток від концентрації ферменту (ДФ, %), що забезпечують ступінь гідролізу понад 70 %. Для сироватки підсирної (6,0...6,5 од. рН) залежність тривалості гідролізу (t, год) від концентрації

ферментного препарату дріжджового походження у діапазоні $0,01 < ДФ < 0,05$ описується рівняннями:

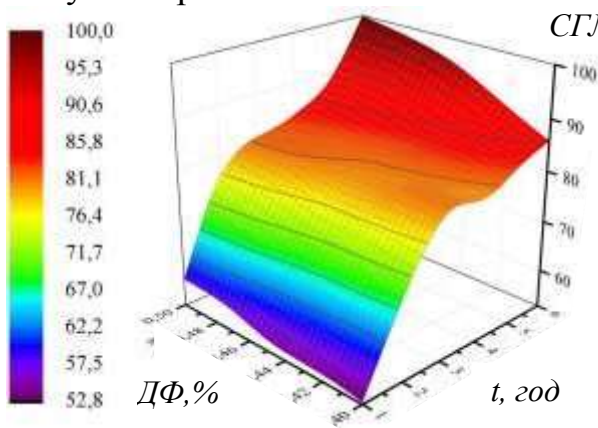


Рисунок 10 – Залежність ступеня гідролізу лактози (СГЛ, %) сироватки кисломолочної від вмісту ферментного препарату грибного походження (ДФ, %) і тривалості гідролізу (t, год)

за температури ферментолізу $8 \pm 2^\circ\text{C}$:

$$t = 0,09 \cdot ДФ^{-1,22}$$

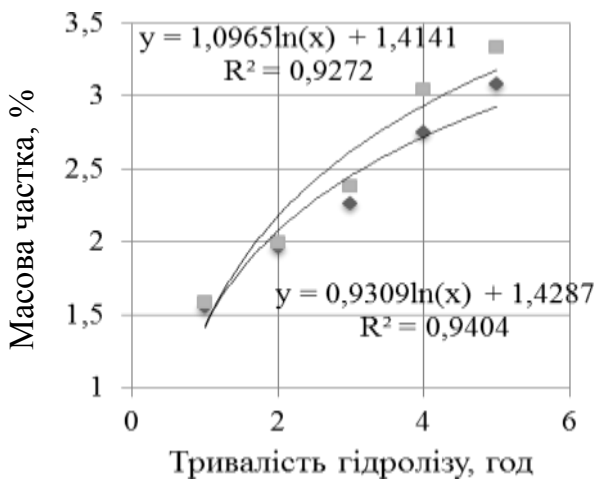
за температури $45 \pm 2^\circ\text{C}$:

$$t = 0,45 \cdot ДФ^{-0,60}$$

Для кисломолочної сироватки ($4,5 \dots 5,0$ од. рН) залежність тривалості гідролізу лактазою грибного походження за температури $52 \pm 2^\circ\text{C}$ від концентрації ферментного препарату у діапазоні $0,4 < ДФ < 0,5$, за якої ступінь гідролізу буде становити понад 70 % матиме вигляд:

$$t = 0,80 \cdot ДФ^{-1,23}$$

Методом рідинної хроматографії визначено кількісний вміст продуктів гідролізу в різних видах молочної сировини. Відмічено, що за однакового СГЛ на рівні 73..75 % під час ферментолізу кислої сироватки ФП грибного походження ($52 \pm 2^\circ\text{C}$, рН $4,5 \dots 5,0$) вміст галактози в середовищі був більшим на 0,14 % (рис.11, А), а під час гідролізу підсирної сироватки ФП дріжджового походження ($45 \pm 2^\circ\text{C}$, рН $6,0 \dots 6,5$) в середовищі переважала глюкоза на 0,2 % (рис. 11, Б).



А



Б

Рисунок 11 – Вміст продуктів гідролізу лактози в сироватці: А – під час ферментолізу препаратом грибного походження за температури $52 \pm 2^\circ\text{C}$ та рН $4,5 \dots 5,0$; Б – ферментним препаратом дріжджового походження за температури $45 \pm 2^\circ\text{C}$ та рН $6,0 \dots 6,5$

Закономірності гідролізу лактози нейтральною лактазою дріжджового походження у знежиреному молоці за температури $6 \pm 2^\circ\text{C}$ (рис.12 А) та $45 \pm 2^\circ\text{C}$ (рис.12 Б) були подібними до гідролізу лактози у підсирній сироватці. При

зниженні температури ферментолізу знежиреного молока від $45\pm 2^{\circ}\text{C}$ до $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ відмінностей у накопиченні продуктів гідролізу не відмічено.

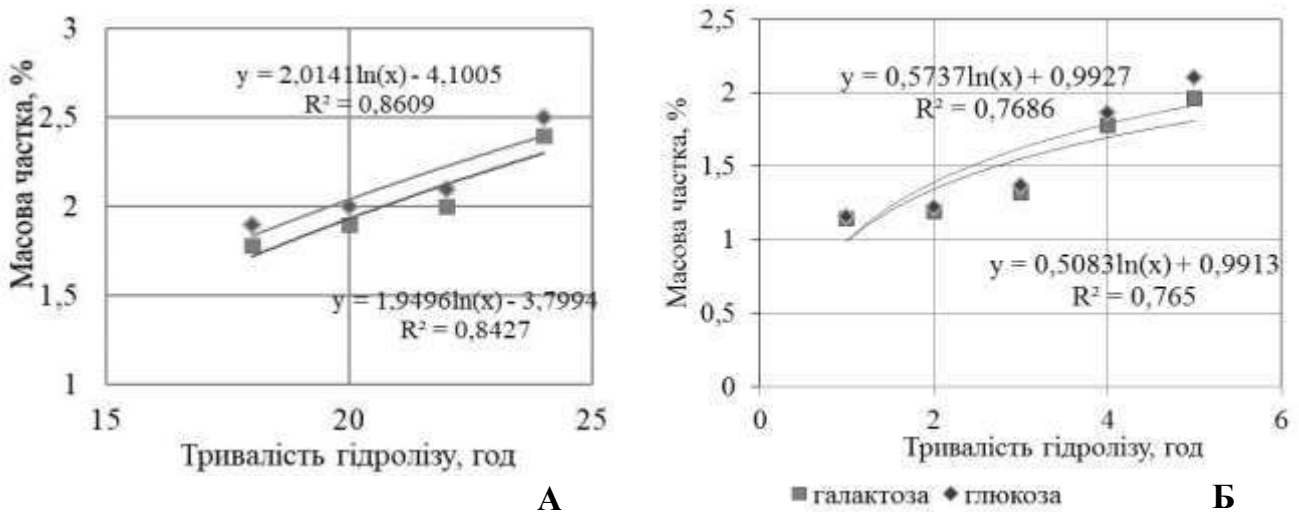


Рисунок 12 – Вміст продуктів гідролізу лактози в знежиреному молоці за ферментолізу препаратом нейтральної лактази дріжджового походження: А – за температури $6\pm 2^{\circ}\text{C}$, СГЛ 73%; Б – за температури $45\pm 2^{\circ}\text{C}$, СГЛ 76%

Очевидно, що вміст та співвідношення моноцукрів у досліджуваних середовищах залежить від специфічних властивостей ферментних препаратів. Встановлені особливості не позначились на органолептичних та фізико-хімічних властивостях гідролізованих молока та сироватки, проте виявили можливість збільшення вмісту галактози. Вплив теплового оброблення, що здійснюється на різних етапах технологічного циклу, на компоненти молочної сировини було підтверджено дослідженнями перебігу ферментативного процесу гідролізу лактози в сироватці, яка підлягала повторному нагріванню за температури $93\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 20 хв для видалення сироваткових білків (технологічний етап «освітлення» або «депротеїнізації»).

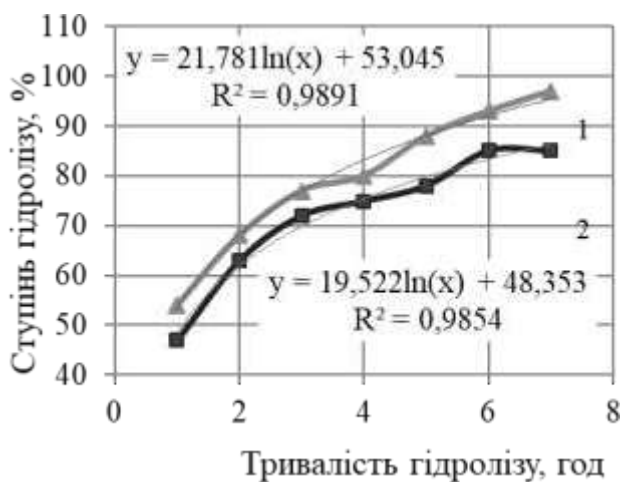


Рисунок 13 – Залежність ступеню гідролізу лактози кислої сироватки від тривалості оброблення: 1 – сироватка вихідна; 2 – сироватка депротеїнізована

Встановлено, що тривале теплове оброблення сироватки знижує ефективність гідролізу лактози у порівнянні з непастеризованою сироваткою та не дозволяє досягти заданого рівня ступеню гідролізу (рис. 13).

У порівнянні з вихідною сироваткою ступінь гідролізу після теплової коагуляції білків зменшувався на 2...5 % за однакової концентрації ферменту та умов проведення ферментолізу. Очевидно, що під час нагрівання за температури $93\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 20 хв низькомолекулярні білкові азотисті

сполуки сироватки вступають в реакцію з лактозою, що призводить до зменшення ефективності гідролізу лактози в депротейнізованій сироватці. Під час оброблення кислої сироватки ФПЛ грибного походження відмічено збільшення вмісту небілкових азотистих сполук (рис.14).

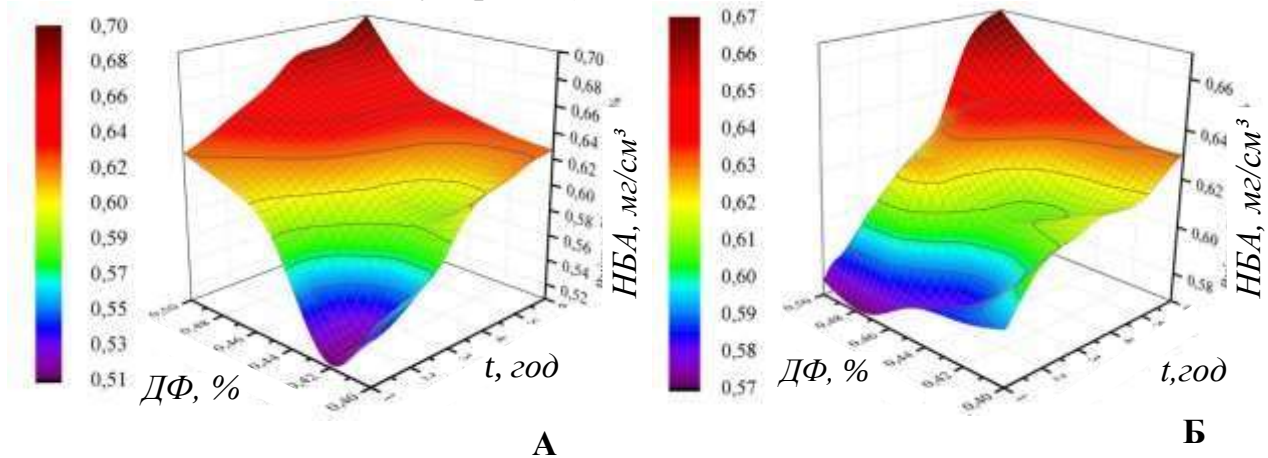


Рисунок 14 – Залежність вмісту небілкового азоту (НБА, мг/см³) від концентрації ферментного препарату грибного походження (ДФ,%) і тривалості процесу гідролізу (t, год): А – сироватка кисла; Б – сироватка кисла депротейнізована

Вміст небілкових азотистих сполук зростає до 0,67...0,70 мг/см³ у вихідній сироватці і сироватці депротейнізованій. За даними органолептичного оцінювання відмічено погіршення смакових властивостей гідролізованої сироватки зі збільшенням вмісту небілкових азотистих сполук понад $0,60 \pm 0,05$ мг/см³. Результати проведених досліджень свідчать про необхідність контролювання небілкових азотистих сполук під час застосування ФПЛ грибного походження та проведення етапу теплового оброблення для інактивації ФПЛ. На підставі проведених досліджень встановлені раціональні способи та режими застосування ферментних препаратів для організації технологічних процесів гідролізу лактозвмісної сировини в залежності від виробничих умов. Для гідролізу лактози на рівні не менше 70% в нейтральному середовищі доцільним є застосування лактаз дріжджового походження за температури 45 ± 2 °C та тривалістю 2...4 год, за температури 8 ± 2 °C тривалістю 15...20 год. У кислої сироватці гідроліз лактози лактазою грибного походження проводять за температури 52 ± 2 °C тривалістю не більше ніж 4 години. Модифікація вуглеводного складу під час виробництва концентрованих та згущених молочних консервів є раціональним технологічним рішенням для зменшення калорійності продуктів, уникнення неконтрольованої кристалізації лактози під час охолодження і зберігання згущених консервів та необхідності внесення кристалічної лактози для формування центрів кристалізації у згущеному молоці.

Досліджено залежність фізико-хімічних та реологічних показників модельних систем з гідролізованою лактозою від компонентного складу та вмісту цукру, що забезпечують належні органолептичні властивості та мікробіологічну стабільність під час зберігання, наближені до рівня традиційних молочних консервів. На підставі органолептичного оцінювання

згущених продуктів з гідролізованою лактозою обґрунтовано можливість зменшення вдвічі вмісту дисахаридів за рахунок концентрування моноцукрів під час випарювання води. З'ясовано, що ефективна в'язкість модельних систем з гідролізованою лактозою на основі молока незбираного гідролізованого згущеного (НМ) та знежиреного гідролізованого згущеного (ЗМ) змінюється в широкому діапазоні значень в залежності від загального вмісту сухих речовин (СР) (рис.15).

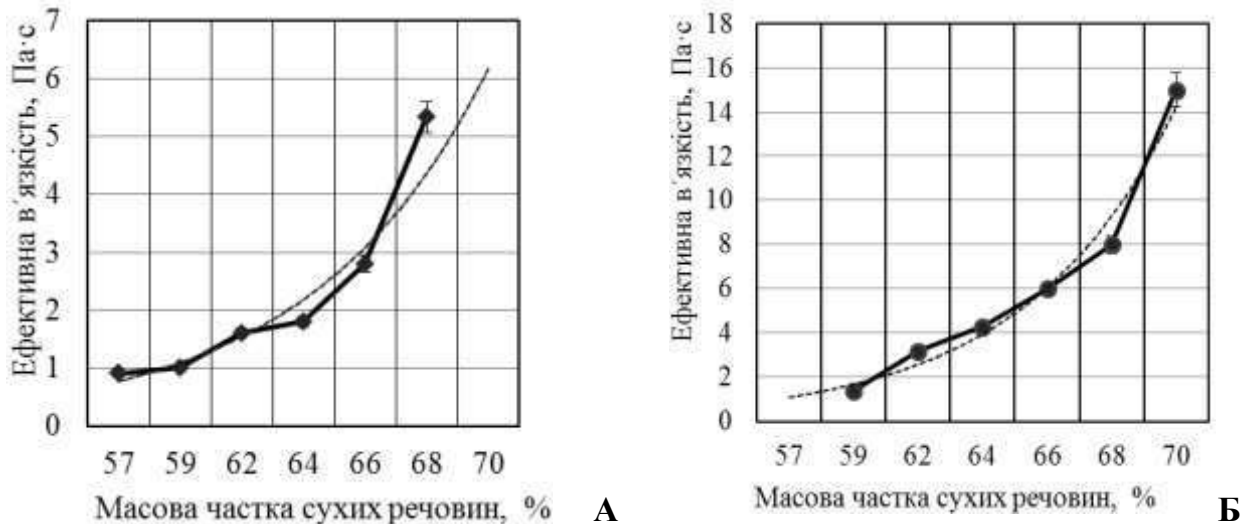


Рисунок 15 – Залежність ефективної в'язкості згущеного продукту з гідролізованою лактозою від вмісту сухих речовин: А – на основі молока знежиреного; Б – на основі молока незбираного

У результаті проведених порівняльних досліджень встановлено, що найбільш наближеними до регламентованих показників в'язкості традиційних консервів, були згущені продукти з гідролізованою лактозою на основі незбираного молока зі значеннями ефективної в'язкості 3,2...4,3 Па·с, та продукти на основі знежиреного молока з показником в'язкості 2,8 Па·с.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники згущених продуктів з гідролізованою лактозою

Назва продукту	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка сухих речовин молока, %	Масова частка сахарози, %	Ефективна в'язкість, Па·с
Молоко незбиране згущене з цукром (контроль)	72,0±0,5	28,5±0,3	43,5±0,3	3,64±0,16
Молоко нежирне згущене з цукром (контроль)	69,0±0,5	24,2±0,1	45,0±0,2	2,2±0,09
Молоко незбиране згущене з гідролізованою лактозою	64,0±0,5 62,0±0,5	33,1±0,5 31,3±0,2	31,0±0,1 31,0±0,1	3,5±0,15 3,2±0,06
Молоко знежирене згущене з гідролізованою лактозою	66,5±0,4	35,5±0,2	31,0±0,2	2,8±0,12
Сироватка згущена з гідролізованою лактозою	60,0±0,5 72,3±0,5	33,4±0,2 45,3±0,1	27,0±0,1 27,0±0,1	1,4±0,06 2,0±0,08

При цьому, у складі модельних рецептур масова частка цукру була зменшена без погіршення органолептичних властивостей до 31 %, що забезпечує економію цукру у порівнянні з традиційними рецептурами на рівні 29...32 % (табл.2).

Встановлено, що при підвищенні вмісту сухих речовин в гідролізованій сироватці від 62 % до 75 % показники ефективної в'язкості підвищувалися від 1,4 Па·с до 2,2 Па·с (рис.16).

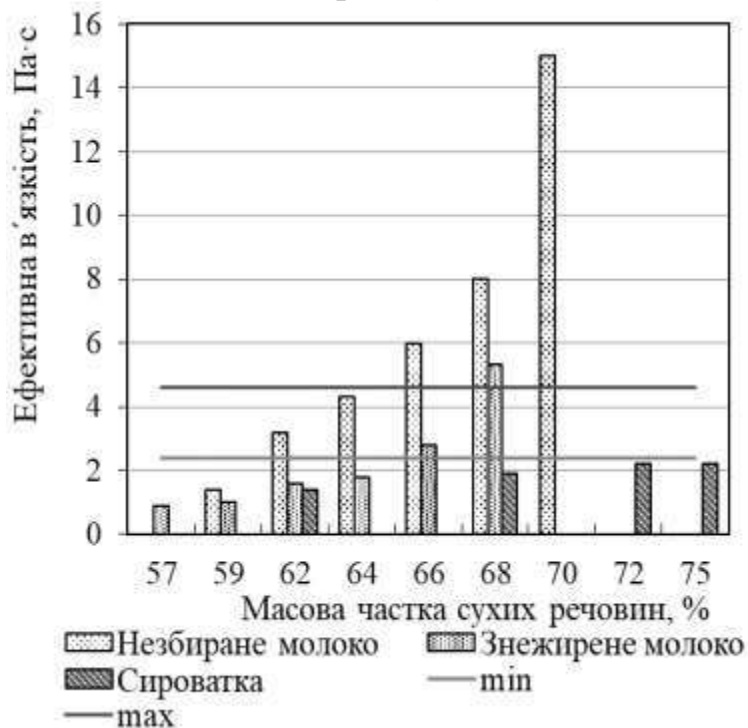


Рисунок 16 – Порівняльна характеристика ефективної в'язкості продуктів згущених з гідролізованою лактозою на основі гідролізованого знежиреного молока (ЗМ), гідролізованого незбираного молока (НМ) та гідролізованої сироватки (С) в залежності від вмісту сухих речовин

2,8 Па·с - для знежиреного молока, доцільно використовувати стабілізатори.

Зміна складу згущених продуктів з гідролізованою лактозою супроводжується зміною консервувального ефекту, який забезпечується компонентами системи. Межами, що забезпечують належний перебіг мікробіологічних процесів під час зберігання традиційних згущених молочних консервів (з вмістом цукру 43,5 %) є осмотичний тиск на рівні 16..17 МПа, показник активності води 0,84..0,85 од., чисельність МАФАНМ – не більше ніж $5 \cdot 10^2$ КУО/г.

Для модельних згущених продуктів з гідролізованою лактозою встановлені показники осмотичного тиску та активності води за змінних параметрів масової частки сухих речовин молока і цукру та досліджено їх вплив на здатність продуктів до зберігання (табл.3).

При цьому вміст білка в згущеній сироватці змінювався у межах від $4,5 \pm 0,3\%$ до $6,5 \pm 0,5\%$, у той час як у згущеному молоці вміст білка становив близько $10,2 \pm 0,5\%$. Таким чином, у зв'язку з відмінностями білкового складу сироватки, який представлений переважно альбумінами та лактоглобулінами, а згущеного молока – казеїном та сироватковими білками без зміни співвідношень між цими фракціями, підвищення вмісту сухих речовин сироватки не призводило до зростання в'язкості продукту.

Для забезпечення нормованих характеристик консистенції продуктів згущених з гідролізованою лактозою на основі незбираного молока з показниками ефективної в'язкості меншими ніж 3,2 Па·с та

Таблиця 3 – Характеристики згущених продуктів з гідролізованою лактозою за здатністю до зберігання

Продукт	Масова частка цукроза, %	Масова частка сухих речовин молока, %	Осмотичний тиск, МПа	Активність води, од.	Здатність до зберігання
Молоко згущене з цукром (контроль)	44,0	26,0	16,42±0,32	0,846±0,031	8-10 місяців
Молоко знежирене гідролізоване згущене	13	31	12,29±0,27	0,916±0,029	Не придатне без використання консервантів
	13	33	12,71±0,22	0,918±0,027	
	13	35	12,95±0,41	0,924±0,033	
	13	37	13,72±0,36	0,919±0,028	
	16	31	11,76±0,30	0,935±0,041	
	16	33	13,48±0,37	0,928±0,034	
	16	35	14,88±0,42	0,905±0,024	
	16	37	15,58±0,51	0,895±0,019	
	31	31	15,86±0,47	0,898±0,021	6 місяців
	31	33	16,45±0,36	0,884±0,018	
	31	35	17,33±0,59	0,850±0,022	
	31	37	18,03±0,62	0,838±0,012	
Сироватка гідролізована згущена	27	45	7,91±0,32	0,890±0,030	4 місяці
	16	44	7,44±0,22	0,903±0,041	4 місяці з консервантами

З'ясовано, що збільшення в модельній системі масової частки сухих речовин молока у межах від 31 % до 37 % за сталого вмісту цукрози супроводжувалось підвищенням осмотичного тиску для всіх досліджених значень масової частки цукру 13 %, 16 % та 31 %.

Підвищення показників активності води до 0,890...0,903 од. та зменшення показників осмотичного тиску до 12,29±0,27 МПа для згущеного гідролізованого молока з 13 % сахарози та 7,44±0,22 МПа згущеної гідролізованої сироватки з 16 % сахарози, супроводжувалось розвитком контамінантних мікроорганізмів, підвищенням кислотності та погіршенням органолептичних властивостей продуктів.

На підставі аналізу розвитку МАФАНМ та спороутворювальних мікроорганізмів (рис. 17) обґрунтовано тривалість зберігання згущених продуктів з гідролізованою лактозою без застосування консервантів: не більше ніж 6 місяців для згущеного гідролізованого молока з вмістом сахарози 31 %, не більше ніж 4 місяці - для згущеної гідролізованої сироватки з вмістом сахарози 27 %. Встановлені показники осмотичного тиску та активності води можуть бути використані для оперативного контролювання у виробничих умовах та прогнозування здатності до зберігання згущених продуктів з гідролізованою лактозою з іншим компонентним складом.

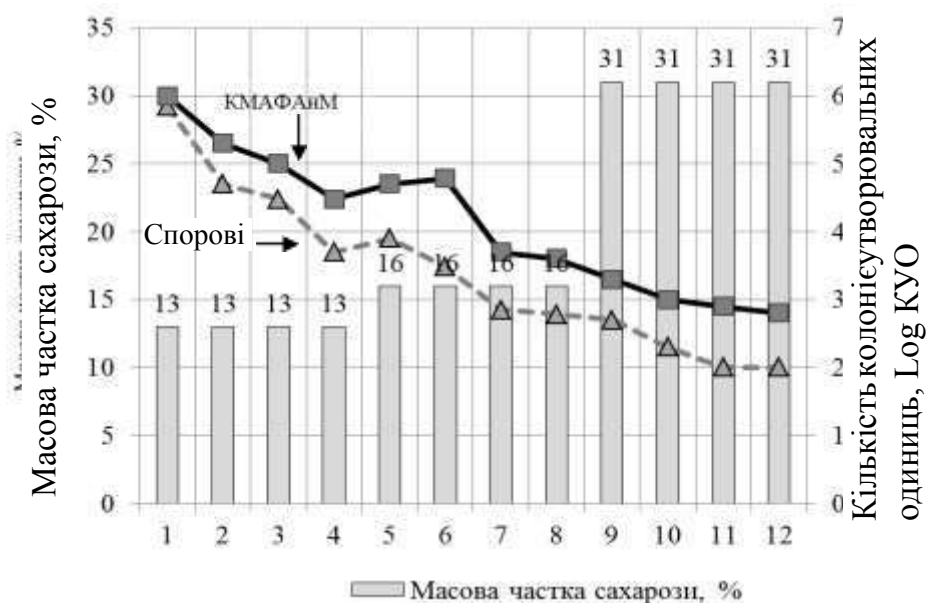


Рисунок 17 – Мікробіологічні показники згущених продуктів з гідролізованою лактозою в залежності від вмісту сахарози та сухих речовин молока: №1, №5, №9 – 31 % СР; №2, №6, №10 – 33 % СР; №3, №7, №11 – 35 % СР; №4, №8, №12 – 37% СР

У результаті проведених досліджень гідролізу лактози в різних видах вуглеводвмісної сировини обґрунтовано принципову технологічну схему переробки молока, кислої та підсирної сироватки з використанням ферментних препаратів лактази грибного та дріжджового походження (рис.18). Гідролізована сироватка може використовуватися безпосередньо як основа для низьколактозних сироваткових напоїв (частина А технологічної схеми) або для виробництва низьколактозних згущених консервів зі зменшеним вмістом цукру (частина В технологічної схеми).

У порівнянні з традиційними молочними консервами зміна компонентного складу продуктів з гідролізованою лактозою за рахунок зменшення вмісту цукру у складі цільових продуктів на 29...30 % дозволяє збільшити масову частку сухого знежиреного молочного залишку на 10...16 % - під час виробництва молока незбираного гідролізованого згущеного та на 37 % - під час виробництва молока знежиреного гідролізованого згущеного. Найбільш ефективним способом раціонального використання вторинної молочної сировини є виробництво згущеної сироватки з гідролізованою лактозою з масовою часткою сухих речовин 60...75 %, у яких 33...45 % припадає на молочні складові. Для покращення технологічних властивостей та підвищення якості згущеної сироватки з цукром доцільним є зменшення вмісту мінеральних компонентів у вихідній сироватці, що дозволить розширити сферу її використання.

З метою оцінки ефективності різних способів модифікації білково-мінеральних складових молочної сировини було проведено порівняльні дослідження складу та властивостей продуктів переробки сироватки, одержаних із застосуванням мембранних методів.

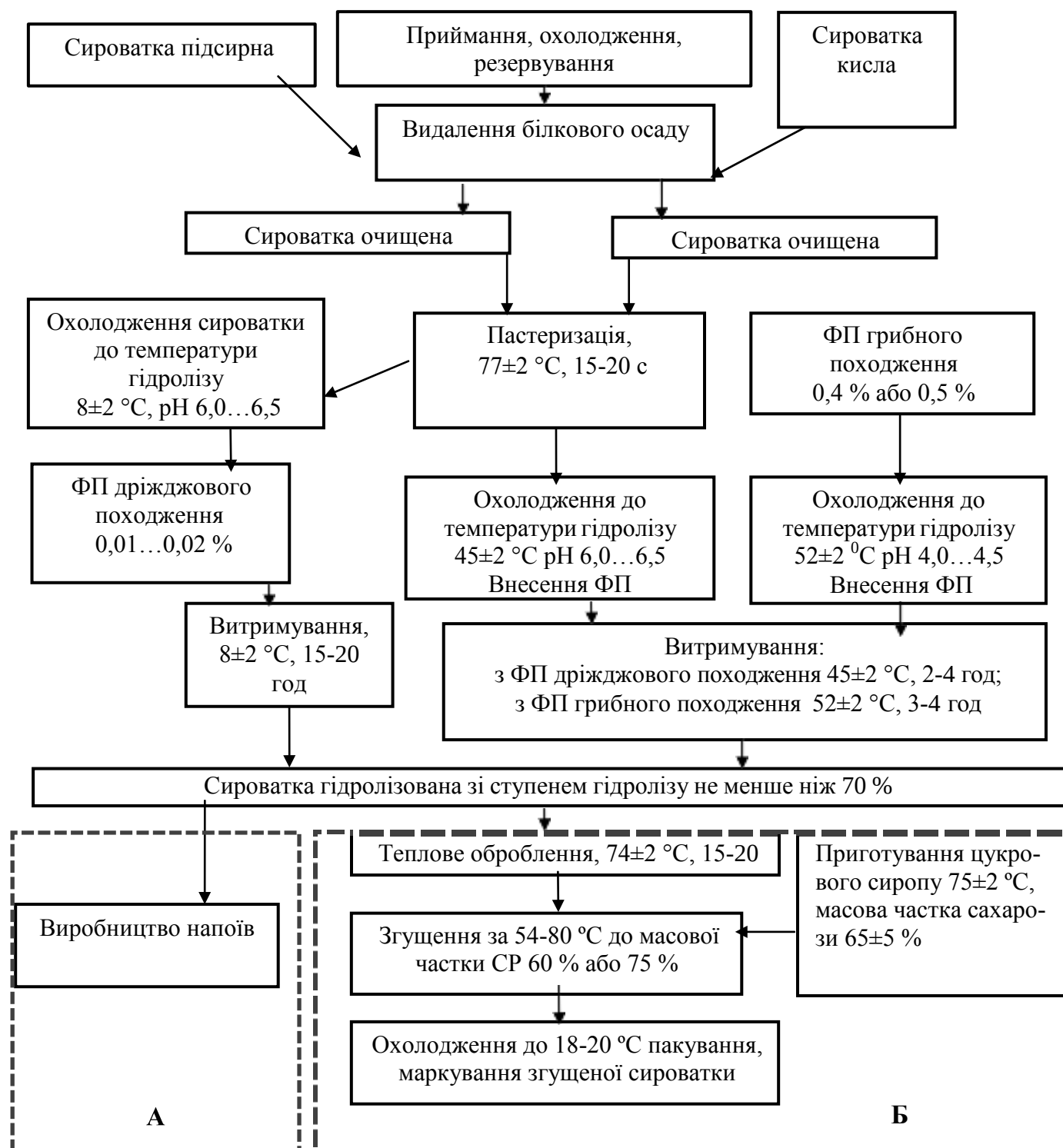


Рисунок 18 – Технологічна схема перероблення сироватки із застосуванням ферментних препаратів: А – для виробництва напоїв; Б – для виробництва згущеної сироватки

Під час електродіалізу (ЕД) за рахунок видалення іонів мінеральних солей та органічних кислот під дією електричного струму відбувається зниження кислотності та вмісту золи, що супроводжується зменшенням осмоляльності відповідних ділуатів сироваток. За досягнення 90 % рівня демінералізації масова частка золи для підсирної, кислої та казеїнової сироватки зменшується у

порівнянні з початковим вмістом до 0,02..0,08 %, для солоної сироватки — зменшується від 2,3 % до 0,7 %. Найбільш ефективним є розкислення кислих видів сироваток: для кисломолочної до 15 ± 1 °Т ; для казеїнової до 30 ± 1 °Т. Втрати лактози під час ЕД становлять - 4...5 %, білка - 1..2 %. Після 50% знесолювання наступні енерговитрати для досягнення 90% рівня демінералізації значно зростають: для підсирної сироватки у п'ять разів, казеїнової – утричі, солоної і кислої - приблизно удвічі. За результатами аналізу фізико-хімічних показників вихідної сировини та кінцевих продуктів демінералізації визначені показники демінералізованої підсирної, кислої та казеїнової сироваток.

За рахунок розділення полідисперсних систем під дією тиску - нанофільтрація (НФ) є менш енергозатратною у порівнянні з ЕД та ефективною за рівнем демінералізації. Крім часткової демінералізації молочної сироватки під час нанофільтрації відбувається концентрування сухих речовин до 16...20 %, максимальний ступінь демінералізації становить 40 %.

З метою оцінки технологічних властивостей кислої та підсирної сироватки, проведені порівняльні дослідження рідких і сухих продуктів переробки сироватки, одержаних із застосуванням ЕД, НФ та поєднанням методів оброблення ЕД/НФ (табл.4)

Таблиця 4 – Фізико-хімічні показники рідких продуктів переробки підсирної та кислої сироваток за різних способів оброблення

Показник	Сироватка		Рідкий концентрат		Ділуат		Рідкий концентрат	
	вихідна		після нанофільтрації (НФ)		після електродіалізу (ЕД)		комбінований метод обробки (НФ/ЕД)	
	підсирна	кисла	підсирна	кисла	підсирна	кисла	підсирна	кисла
Масова частка СР, %	6,67 $\pm$ 0,21	5,77 $\pm$ 0,12	19,43 $\pm$ 0,42	15,56 $\pm$ 0,31	6,04 $\pm$ 0,12	5,48 $\pm$ 0,11	20,03 $\pm$ 0,34	17,5 $\pm$ 0,30
Масова частка золи, %	0,52 $\pm$ 0,01	0,75 $\pm$ 0,02	1,0 $\pm$ 0,02	1,1 $\pm$ 0,01	0,41 $\pm$ 0,01	0,28 $\pm$ 0,02	0,47 $\pm$ 0,01	0,64 $\pm$ 0,01
Масова частка лактози, %	4,50 $\pm$ 0,07	4,02 $\pm$ 0,08	15,20 $\pm$ 0,46	10,43 $\pm$ 0,32	4,90 $\pm$ 0,14	5,0 $\pm$ 0,2	12,51 $\pm$ 0,11	8,52 $\pm$ 0,12
Кислотність, °Т	15,0 $\pm$ 0,5	75 $\pm$ 3	18,0 $\pm$ 0,5	120 $\pm$ 3	8,0 $\pm$ 0,5	18 $\pm$ 2	12,0 $\pm$ 0,5	28,0 $\pm$ 1,2

Відмічено, що поєднання НФ та ЕД дозволяє отримувати рідку демінералізовану сироватку з масовою часткою сухих речовин 17...20 %, золи 0,47...0,64 %, лактози 8,5...12,5 %. Зменшення вмісту мінеральних речовин супроводжується покращанням технологічних властивостей усіх видів сироватки, і що особливо важливо - кислої сироватки. При цьому, завдяки концентруванню та демінералізації розширюються можливості щодо

подальшого використання усіх видів сироватки як у сухому так і рідкому стані.

Методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою досліджено мінеральний склад сухої демінералізованої молочної сироватки (СДМС) з рівнем демінералізації 34 % отриманої НФ та СДМС з рівнем демінералізації 80 % отриманої ЕД для оцінки можливості застосування СДМС час виробництва дієтичних продуктів та відповідності встановленим вимогам (табл.5).

Таблиця 5 – Мінеральний склад сухої молочної сироватки, одержаної із застосуванням методів нанофільтрації та електродіалізу

Показники, одиниці вимірювання	Сироватка підсирна (контроль)	Сироватка підсирна демінералізована СДМС - НФ (34%)	Сироватка підсирна демінералізована СДМС - ЕД (80%)
Кальцій, г/кг	$4,45 \pm 0,08$	$6,12 \pm 0,12$	$1,51 \pm 0,04$
Кадмій, мг/кг	$< 0,003$	$< 0,003$	$0,020 \pm 0,001$
Залізо, мг/кг	$2,81 \pm 0,14$	$8,27 \pm 1,58$	$29,69 \pm 2,14$
Калій, г/кг	$26,69 \pm 1,30$	$16,33 \pm 0,27$	$2,77 \pm 0,11$
Магній, г/кг	$0,93 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,01$	$1,5 \pm 0,01$
Марганець, мг/кг	$0,14 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,01$	$0,66 \pm 0,04$
Мідь, мг/кг	$0,48 \pm 0,08$	$0,54 \pm 0,05$	$1,05 \pm 0,09$
Натрій, г/кг	$8,26 \pm 0,12$	$3,64 \pm 0,02$	$0,98 \pm 0,02$
Нікель, мг/кг	$0,19 \pm 0,07$	$0,10 \pm 0,02$	$2,14 \pm 0,04$
Свинець, мг/кг	$< 0,04$	$0,05 \pm 0,002$	$0,058 \pm 0,001$
Фосфор, г/кг	$5,50 \pm 0,11$	$5,38 \pm 0,04$	$2,44 \pm 0,08$
Цинк, мг/кг	$1,52 \pm 0,05$	$1,62 \pm 0,03$	$5,84 \pm 0,06$

З'ясовано, що в СДМС (НФ) за 34 % рівня демінералізації вміст натрію зменшується на 60%. Після ЕД за 80 % рівня демінералізації вміст натрію в СДМС (ЕД) зменшується на 90 %. За відповідних умов вміст калію зменшується на 39 % після оброблення сироватки НФ, та на 90 % після ЕД. Зменшення вмісту калію та натрію в сироватці вже за 34 % рівня демінералізації супроводжувалося покращенням органолептичних властивостей сухої сироватки.

В більшій мірі відмінності мінерального складу СДМС, одержаної із застосуванням методів НФ та ЕД, стосувалися деяких мікроелементів та кальцію. Вміст кальцію після НФ збільшувався у порівнянні з контролем до $6,12 \pm 0,12$ г/кг, а в сироватці, одержаній після ЕД - зменшувався до $1,51 \pm 0,04$ г/кг.

Незалежно від способу оброблення, в сироватці демінералізованій НФ та ЕД збільшувався вміст заліза, а вміст міді, цинку, марганцю, магнію та нікелю – лише під час ЕД при рівні знесолювання 80%. Встановлено, що СДМС-НФ та СДМС-ЕД за вмістом кадмію, міді, свинцю не перевищували чинні допустимі рівні.

Проведені дослідження підтверджують, що застосування методів ЕД та НФ в одному технологічному циклі поєднує ефективність обох методів, зменшує енерговитрати та надає можливість отримувати сироватку рідку з

рівнем знесолювання понад 50 % (рис. 19). В сухій ДМС (НФ/ЕД) розпилювального сушіння вміст білка становить понад $26,5 \pm 0,5$ %, лактози $64,5 \pm 0,5$ %.

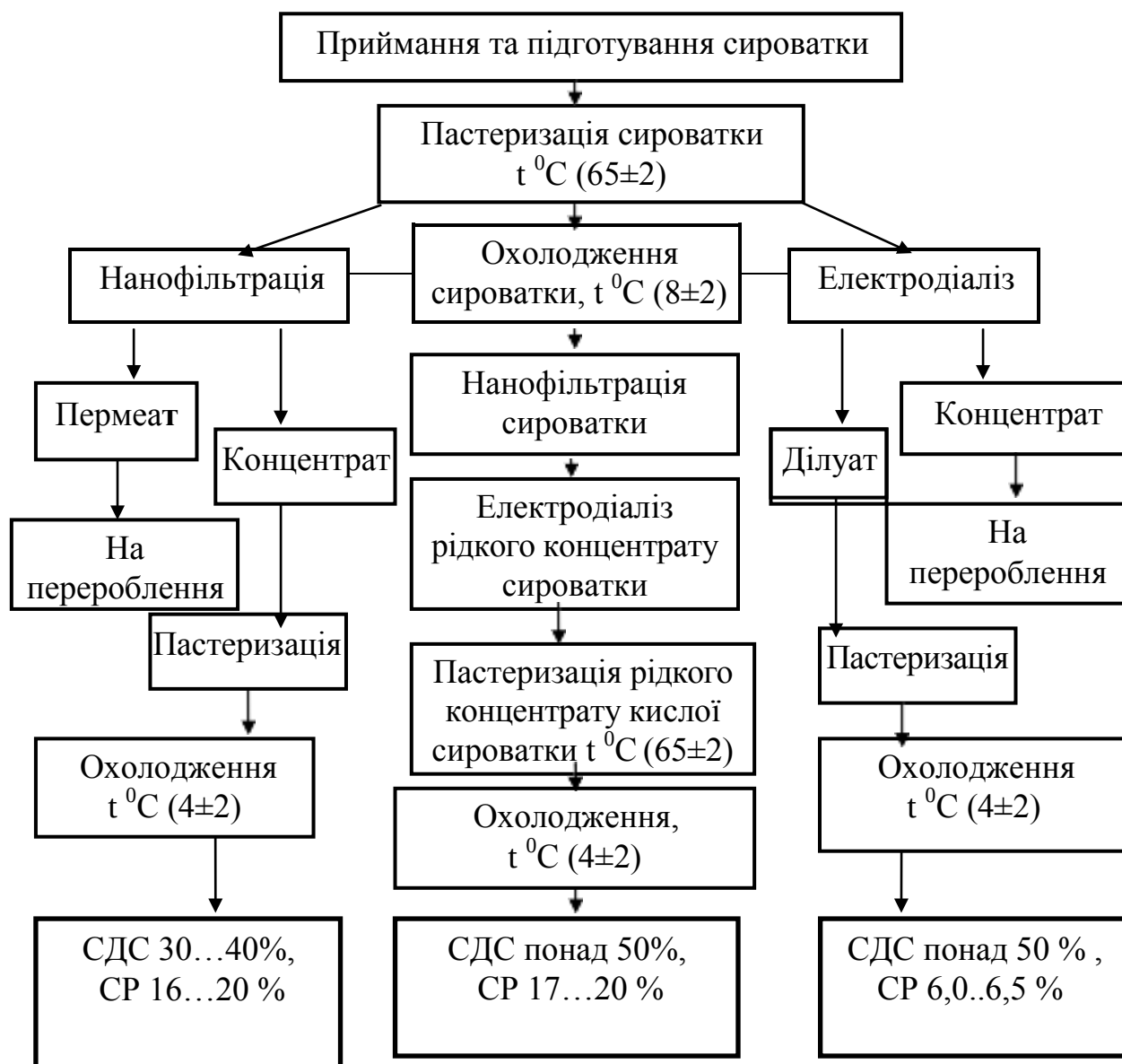


Рисунок 19 – Технологічна схема перероблення сироватки із застосуванням НФ та ЕД

Результати дослідження хімічного складу УФ-концентратів підсирної та кислої казеїнової сироватки доводять, що в залежності від фактору концентрації вміст білка в КСБ збільшується від 30 % до 80 %, вміст золи у порівнянні з сухою сироваткою зменшується у 1,2...4,2 рази. Під час УФ збільшення сухих речовин у ретентанті відбувається за рахунок концентрування білка та жиру, лактоза та мінеральні речовини майже повністю проходять у пермеат. Відмічено, що не залежно від фактору концентрування кислотність усіх КСБ, одержаних з казеїнової сироватки, вища ніж кислотність аналогічних КСБ з

підсирної сироватки.

За вмістом умовно небезпечних елементів (кадмій, мідь, свинець) сухі КСБ не перевищують допустимих рівнів; за вмістом фосфору, кальцію, заліза, марганцю мають вищі показники у порівнянні з вихідною сироваткою, а за вмістом магнію та натрію – менші (табл.6).

Таблиця 6 – Мінеральний склад сухої молочної сироватки після ультрафільтрації

Показники, одиниці вимірювання	Сироватка молочна підсирна (контроль)	КСБ -70 з підсирної сироватки	КСБ -70 з казеїнової сироватки
Алюміній, мг/кг	< 0,1	14,07±0,87	9,23±0,50
Кальцій, г/кг	4,45 ± 0,08	13,98±0,21	6,63 ± 0,07
Кадмій, мг/кг	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Залізо, мг/кг	2,81 ± 0,25	41,79±3,60	28,16 ± 0,32
Калій, г/кг	26,69 ± 0,33	9,88±0,09	43,76 ± 0,16
Магній, г/кг	0,93 ± 0,01	0,61± 0,01	0,63 ± 0,01
Марганець,мг/кг	0,14 ± 0,02	3,89± 0,07	0,92 ± 0,04
Мідь, мг/кг	0,48±0,08	0,73±0,07	1,14 ± 1,13
Натрій, г/кг	8,26 ± 0,12	2,02± 0,02	2,92 ± 0,02
Нікель, мг/кг	0,19 ± 0,07	0,47± 0,10	0,25 ± 0,05
Свинець, мг/кг	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Стронцій, мг/кг	4,05 ± 0,05	29,17± 0,31	7,334 ± 0,004
Хром, мг/кг	0,76 ± 0,16	1,43±0,47	1,16± 0,14
Фосфор, г/кг	5,50 ± 0,11	10,66 ± 0,16	8,16 ± 0,12
Цинк, мг/кг	1,52 ± 0,05	4,46± 0,04	3,86 ± 0,16

Встановлено відмінності між КСБ щодо вмісту кальцію, фосфору та марганцю. Завдяки здатності кальцію зв'язуватися з казеїном його вміст у концентраті з казеїнової сироватки менший, ніж у КСБ з підсирної сироватки. Очевидно, що під час УФ сироватки відбувається абсолютне збільшення масової частки тих елементів, що зв'язані з молекулами сироваткових білків. Найбільший ступінь концентрування відмічено для заліза.

За вмістом ⁹⁰ Sr і ¹³⁷ Cs та умовно небезпечних елементів (кадмій, мідь, свинець) КСБ-70 з казеїнової та підсирної сироваток не перевищують чинні норми.

Таким чином, застосування мембранних методів знесолювання та концентрування білка дозволяє ефективно переробляти усі види сироватки. Встановлені діапазони цільових показників одержаних продуктів підтверджують їх безпечність та свідчать про можливість їх подальшого використання.

У п'ятому розділі «Дослідження функціонально-технологічних властивостей продуктів переробки сироватки» наведені результати досліджень функціональних властивостей демінералізованої сироватки (НФ/ЕД) і концентратів сироваткових білків (КСБ) з різним вмістом білка, за якими проводиться оцінювання можливості їх використання в інших харчових системах, зокрема у структурованих продуктах.

Зменшення вмісту лактози та мінеральних речовин підвищує дисперсність сухих продуктів, одержаних із застосуванням мембранних методів. Суха підсирна сироватка характеризується найбільшими розмірами часточок 78 ± 2 мкм та насипною щільністю, яка становить $0,548 \pm 0,023$ г/см³. Мікроструктура КСБ з різним вмістом білка представлена частками менших розмірів: КСБ 30 % - 22 мкм; КСБ 60 % 18 мкм; КСБ 70 % 15 мкм. КСБ з масовою часткою білка 80 % характеризується найменшим діаметром часточок (14 ± 1 мкм) та найнижчим показником насипної щільності ($0,249 \pm 0,014$ г/см³).

На рис. 20 представлені функціонально-технологічні характеристики різних продуктів переробки сироватки.

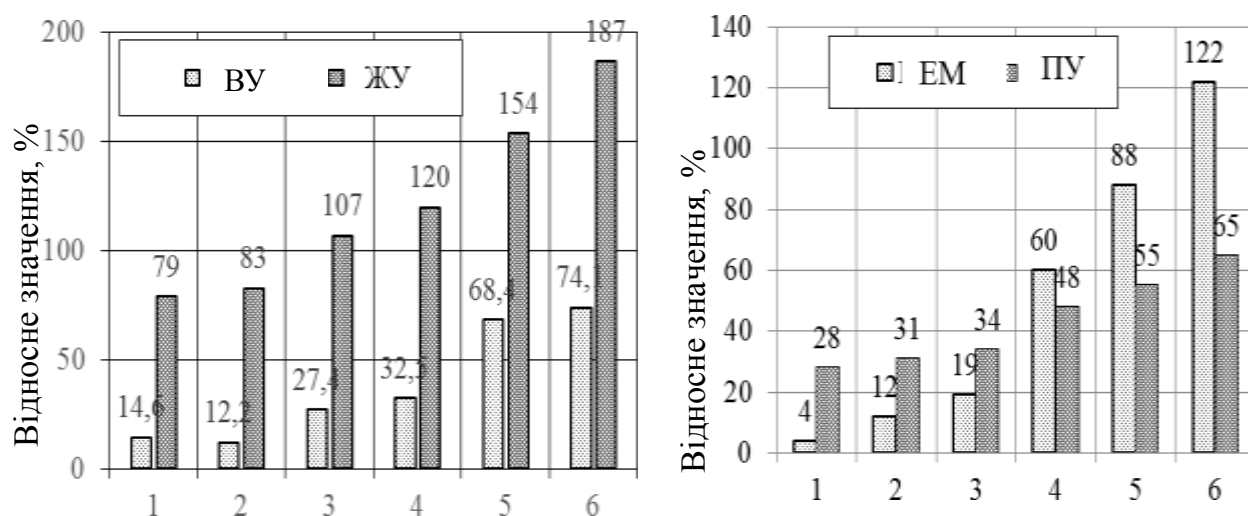


Рисунок 20 – Порівняльна характеристика функціонально-технологічних властивостей (ВУ– вологоутримувальної, ЖУ– жирутримувальної, ЕМ–емульгувальної, ПУ–піноутворювальної здатності) продуктів переробки сироватки з вмістом білка (%): 1 – сироватка кисла суха $11,10 \pm 0,06$ %; 2 – сироватка підсирна суха $12,57 \pm 0,04$ %; 3 – сироватка кисла суха (НФ/ЕД) рівень демінералізації 75 % $26,10 \pm 0,02$ % ; 4 – сироватка підсирна суха (НФ/ЕД) рівень демінералізації 90 % $27,02 \pm 0,03$ %; 5 – КСБ $72,30 \pm 0,01$ %; 6 – КСБ $81,06 \pm 0,02$ %

Зі збільшенням вмісту білка та здатності сироваткових білків зв'язувати воду, емульгувати та утримувати жири, покращуються технологічні властивості сироватки та продуктів її переробки у такому порядку: КСБ > сироватка демінералізована > сироватка суха.

За даними досліджень балансу загального азоту ($N_{\text{зар}}$), казеїнового азоту ($N_{\text{каз}}$) та азотовмісних небілкових сполук ($N_{\text{неб}}$) в сухій сироватці та КСБ було відмічено, що частка сироваткових білків та небілкового азоту збільшується зі збільшенням ступеню концентрування та підвищенням вмісту загального білка (табл.7).

Білкові фракції сироватки та КСБ представлені β -лактоглобуліном (β -Lg) та α -лактоальбуміном (α -La). Сумарний вміст β -Lg та α -La становить понад 90 % відносно загального вмісту білкових фракцій (табл.8).

Таблиця 7 – Характеристика азотовмісних фракцій в концентратах сироваткових білків (КСБ)

Показники	Сироватка суха (контроль)	КСБ-70	КСБ-80
Масова частка загального білка, г/100г	14,150±0,002	72,300±0,008	81,060±0,006
Масова частка загального азоту ($N_{\text{заг}}$), г/100г	2,218±0,005	11,332±0,007	12,705±0,004
Масова частка казеїнового азоту ($N_{\text{каз}}$), г/100г	0,062±0,003	0,283±0,002	0,267±0,004
Масова частка небілкового азоту ($N_{\text{неб}}$), г/100г	0,037 ±0,004	0,169±0,005	0,165±0,001
$N_{\text{каз}}/N_{\text{заг}} \cdot 100, \%$	2,8	2,5	2,1
$N_{\text{неб}}/N_{\text{заг}} \cdot 100, \%$	1,7	1,5	1,3

Таблиця 8 – Відносний вміст основних білкових фракцій в концентратах сироваткових білків (КСБ), г/100 г білка

Зразок	α -казеїн	β -казеїн	β -Lg	α -La	BCA	(Ig)	$\sum \beta$ -Lg та α -La	Співвідношення β -Lg/ α -La
Контроль	сліди	сліди	74,44	19,28	0,74	5,54	93,72	3,86
КСБ-70	сліди	сліди	78,89	11,29	1,85	7,97	90,18	6,99
КСБ-80	сліди	сліди	80,58	10,84	1,50	7,08	91,42	7,44

Інші білкові фракції представлені імуноглобулінами (Ig) та альбуміном сироватки крові (BCA), вміст яких в КСБ дещо більший, ніж в сироватці: 8,58...9,82% проти 6,28 %, відповідно. Кількісний аналіз співвідношень між β -Lg та α -La свідчить про зменшення вмісту α -La, що очевидно обумовлено більшою термолабільністю цієї фракції сироваткових білків на етапі одержання сироватки. Амінокислотний скор незамінних амінокислот вищий у концентратах, ніж у сироватці (табл. 9).

Таблиця 9 – Амінокислотний скор КСБ та сироватки

Незамінні аміно-кислоти	Шкала ФАО/ВООЗ	Сироватка суха (контроль)		КСБ-70		КСБ-80	
		г/100 г білка	скор., %	г/100 г білка	скор., %	г/100 г білка	скор., %
Треонін	4,0	4,98±0,03	124,50	5,03±0,01	125,75	5,54±0,06	138,50
Валін	5,0	5,11±0,06	102,20	5,17±0,04	103,40	5,89±0,03	117,80
Метіонін	2,2	0,33±0,03	15,0	0,29±0,07	13,18	0,30±0,08	13,64
Ізолейцин	4,0	3,77±0,01	94,25	5,83±0,05	145,75	5,46±0,05	136,50
Лейцин	7,0	5,80±0,02	82,86	7,56±0,03	108,00	7,24±0,04	103,43
Фенілаланін	2,8	2,15±0,05	76,79	2,81±0,02	100,36	2,80±0,06	100,00
Лізин	5,5	4,28±0,05	77,82	7,39±0,04	134,36	7,64±0,02	138,91
Триптофан	1,0	0,87±0,08	87,00	1,12±0,09	112,00	1,35±0,02	135,00

Тільки за вмістом треоніну та валіну сироватка відповідає еталону ФАО/ВООЗ. Лімітуючою кислотою як для сироватки, так і КСБ є метіонін. Вміст амінокислот з розгалуженим ланцюгом (BCAA) збільшувався зі збільшенням суми фракцій β -Lg та α -La.

Таким чином, модифікація білково-мінерального складу сироватки із застосуванням мембранних методів оброблення дозволяє розширити діапазон функціонально-технологічних властивостей одержаних продуктів переробки та використовувати їх у складі структурованих харчових продуктів.

У **шостому розділі** «Застосування продуктів переробки сироватки як компонентів біотехнологічної системи збагачених молочних продуктів» розглянуто застосування одержаних продуктів переробки сироватки у виробництві продуктів спеціального та дієтичного призначення. Принципова схема перероблення вторинної молочної сировини та використання одержаних продуктів наведена на рис. 21.

Підвищення температури теплового оброблення молока призводить до підвищення ступеню використання сухих речовин молока в технології сиру кисломолочного (рис. 21, А). За рахунок збільшення частки сироваткових білків під час сумісної коагуляції з казеїном на етапі відокремлення кисломолочних згустків зростають показники біологічної цінності продукту. Коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору з еталоном ФАО/ВООЗ (КРАС) у порівнянні з сиром кисломолочним одержаним за традиційною технологією зменшується на 32...37 %. На підставі цих рішень розроблено спосіб виробництва сиру дієтичного підвищеної біологічної цінності, що базується на використанні молока ультрависокотемпературної пастеризації (Патент на корисну модель №36905 U, 2009, U 2008 07280).

З метою цілеспрямованого коригування білкового складу продуктів призначених для спеціального дієтичного харчування опрацьовано способи підвищення біологічної цінності продуктів дитячого харчування за рахунок використання ДМС та КСБ (рис. 21, Б та В). Збагачення молочної основи біологічно-цінними функціональними інгредієнтами КСБ 80 % дозволяє підвищити вміст незамінних амінокислот, покращити органолептичні та фізико-хімічні показники («Паста сиркова для дитячого харчування» №105581 С2, «Кисломолочний продукт «Віталакт» для дітей» №104976 С2, «Спосіб виробництва пасти сиркової для дитячого харчування» №105591 С2).

За рахунок збільшення вмісту сироваткових білків та їх співвідношення з казеїном підвищується волого-зв'язувальна здатність кисломолочної основи, що використовується для виробництва сиркових виробів. Встановлено, що збільшення частки сироваткових білків призводить до зростання вмісту зв'язаної води на 0,36...0,43 г у перерахунку на 1 г сухої речовини (рис.22).

Раціональним способом підвищення вмісту сироваткових білків в кисломолочних продуктах є використання згущеної демінералізованої сироватки (НФ/ЕД) з масовою часткою сухих речовин 18...20 %, у якій вміст лактози зменшено шляхом ферментації ФП дріжджового походження до нормованого рівня - менше ніж 0,1 г/ 100 г готового продукту, що є прийнятним для людей інтолерантних до лактози.

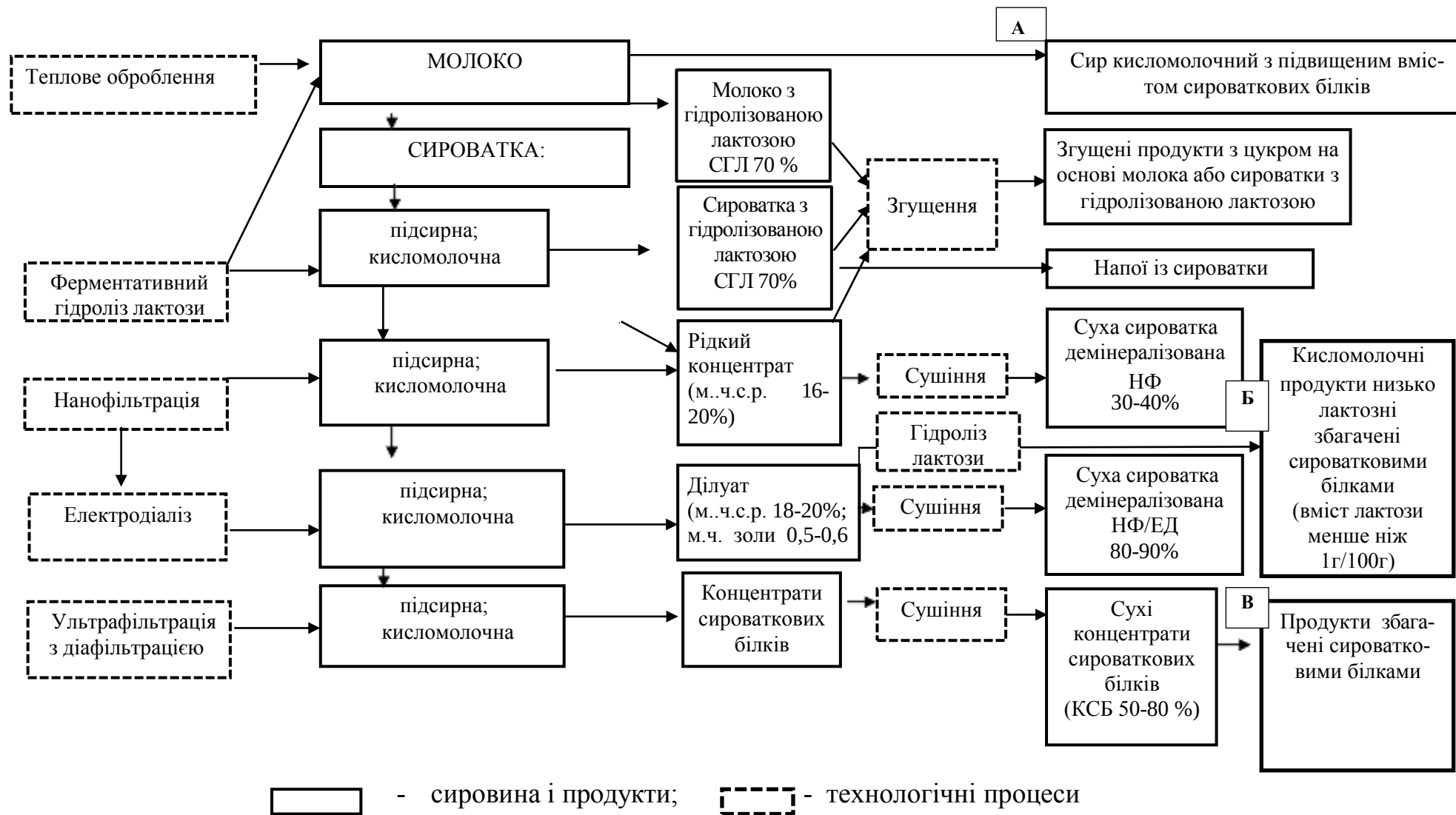


Рисунок 21— Принципова схема застосування технологічних способів перероблення молочної сировини та напрямів їх використання одержаних продуктів

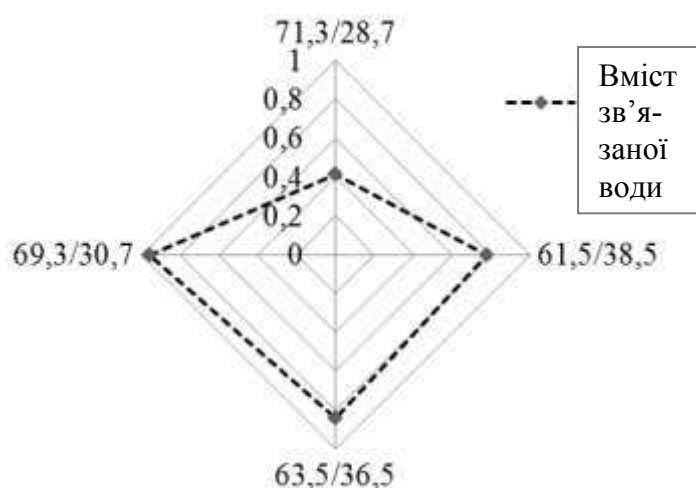


Рисунок 22 – Зміна вмісту зв'язаної води (г/г сухої речовини) в кисломолочних згустках за різного співвідношення казеїнів і сироваткових білків: 1) 61,5/38,5; 2) 63,5/36,5; 3) 69,3/30,7; 4) 71,3/28,7;

галактози 3..5 %.

Для підтвердження адекватності продуктів з додаванням ДМС та КСБ до протеолізу було проведено порівняльні дослідження ступеню перетравлювання білків в системі протеїназ пепсин-хімотрипсин (*in vitro*) (табл. 10). Одержані дані засвідчили, що збільшення вмісту тирозину під час ферментативного гідролізу білків молока, сиру кисломолочного, пасти кисломолочної та виробів сиркових має однаковий характер.

Таблиця 10 – Вміст доступного лізину та перетравлюваність білків збагачених молочних продуктів в умовах *in vitro*

Найменування продукту	Доступний лізин, мг/г білка	Перетравлюваність			
		мг тирозину / г білка			%
		пепсином	трипсином	сумарна	
Сир кисломолочний (контроль)	48,15±1,12	8,0±0,15	26,22±0,30	34,22±0,20	66,2
Молоко незбиране	43,9±1,01	6,61±0,14	26,71±0,14	33,32±0,19	61,7
Концентрат сироваткових білків	87,7±1,32	14,0±0,25	29,70±0,29	43,70±0,31	88,9
Стабілізатор рисове борошно	12,56±0,18	3,92±0,07	6,78±0,12	10,7±0,10	41,8
Кисломолочний продукт з КСБ	50,3±1,25	5,95±0,15	26,15±0,30	32,1±0,20	69,6
Паста сиркова для дитячого харчування з КСБ	54,09±1,27	7,32±0,18	29,57±0,24	36,89±0,27	76,7

Для підвищення в'язкості сумішей нормалізованих ДМС, що супроводжується зміною структурно-механічних властивостей згустків у порівнянні з кисломолочними напоями виробленими з молока, обґрунтовано використання продуктів переробки зернових як стабілізаторів для забезпечення належної консистенції продукту. Поєднання ферментативного гідролізу лактози та підвищення вмісту СЗМЗ за рахунок сироваткових білків дозволяє одержувати кінцевий продукт з масовою часткою лактози менше ніж 1 % та вмістом

Найвищим ступенем перетравлюваності характеризувалися КСБ та пасти сиркові, що обумовлено більшою доступністю білків. Найменша кількість тирозину утворювалась під час протеолізу білків термізованих кисломолочних продуктів зі стабілізатором (рисовим борошном).

Таким чином, підвищення харчової цінності молочних продуктів може здійснюватися як шляхом збереження корисних нутрієнтів вихідної сировини, так і за рахунок збагачення компонентами, одержаними із вторинної молочної сировини.

У **сьомому розділі** «Практична реалізація результатів досліджень та їх економічна ефективність» проведено оцінювання науково-прикладних результатів, що відображать науково-технічний, соціально-економічний та екологічний аспект розробок. Споживчі властивості молочних продуктів, у тому числі одержуваних за розробленими технологіями, розглянуто з позицій необхідності дотримання загальних правил щодо інформування споживачів про характеристики і властивості продукції, необхідності формування понятійного апарату, стандартизації і ідентифікації продукції.

Наведено результати апробації одержаних результатів в промислових умовах та обґрунтовано економічну доцільність впровадження розроблених технологій. За рахунок ферментативного гідролізу лактози, демінералізації сироватки, концентрування та виділення молочних білків із застосуванням мембранних методів підвищується ефективність перероблення вторинної молочної сировини та рівень рентабельності виробництва за рахунок виготовлення продукції з більшою ринковою ціною. Технології молочних продуктів спеціального призначення мають соціальну значимість для забезпечення населення якісною і безпечною продукцією, для профілактики захворювань населення, пов'язаних з порушенням харчування.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота спрямована на вирішення важливої науково-практичної проблеми підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини із використанням фізико-хімічних і біотехнологічних методів модифікації білкових, вуглеводних і мінеральних компонентів.

1. Обґрунтовано вплив високотемпературного оброблення молока-сировини в технології сиру кисломолочного на зміну білкового складу кисломолочних згустків та сироватки. Встановлено залежності ступеня використання сухих речовин молока від температури і тривалості оброблення молока та кисломолочного згустку. За рахунок сумісної коагуляції сироваткових білків та казеїну під час пастеризації вихід сиру кисломолочного збільшується на 2...4 %, підвищується його біологічна цінність.

2. Обґрунтовано раціональні технологічні параметри ферментативного гідролізу лактози в знежиреному молоці, кислій та підсирній молочній сироватці ферментними препаратами лактази грибного та дріжджового походження, що

забезпечують розщеплення лактози на рівні не менше ніж 70 % від початкового вмісту. Встановлена залежність фізико-хімічних та реологічних показників згущених продуктів від компонентного складу гідролізованих молока та сироватки. Експериментально підтверджено взаємозв'язок між показниками осмотичного тиску, активності води та мікробіологічними критеріями безпечності згущених продуктів з гідролізованою лактозою.

3. Встановлено закономірності зміни складу та цільові показники сироватки за використання різних мембранних методів оброблення, що дозволяє коригувати вміст сухих речовин та рівень знесолювання для цілеспрямованого формування показників якості демінералізованої сироватки. Встановлена відповідність одержаних продуктів переробки сироватки регламентованим значенням безпечності. Підтверджена технологічна доцільність поєднання нанофільтрації та електродіалізу для одержання демінералізованої кислої сироватки зі ступенем демінералізації не менше ніж 50 %.

4. Обґрунтовано залежність функціонально-технологічних властивостей продуктів переробки сироватки, які характеризують їх здатність до утворення стійких дисперсних систем, від вмісту сироваткових білків. За збільшення вмісту β -глобуліну і α -лактоальбуміну та зменшення частки небілкового азоту і казеїнів, підвищується біологічна цінність продуктів переробки сироватки, збільшується вміст амінокислот з розгалуженим ланцюгом. Підтверджено, що протеоліз білків одержаних продуктів мембранної фільтрації адекватний закономірностям перебігу ферментативного гідролізу білків молока.

5. Розроблена принципова схема застосування запропонованих способів модифікації білкових, вуглеводних та мінеральних компонентів молочної сировини в технологіях переробки знежиреного молока і сироватки. Визначені контрольовані технологічні параметри та характеристики основних і побічних продуктів для можливості управління технологічними процесами і якістю продукції на стадії виробництва, що дозволяють одержувати кисломолочні продукти дитячого та дієтичного харчування, низьколактозні кисломолочні продукти та згущені консерви, демінералізовану сироватку, концентрати сироваткових білків гарантованої якості і безпечності. Новизну технологічних рішень захищено шістьма патентами на винаходи.

6. Розроблено технологічні схеми та нормативні документи на виробництво молочних продуктів ТУ У 15.5 - 00419880 – 078:2006 «Напої із сироватки», ТУ У 15.5 - 00419880 – 080:2006 «Сироватка молочна гідролізована згущена», ТУ У 15.5 - 00419880 – 096:2008 «Молоко гідролізоване згущене», ТУ У 15.5 - 00419880 - 089:2009 «Сироватка молочна демінералізована суха (СД-НФ); ТУ У 10.8-00419880-116:2012 «Продукт кисломолочний “Віталакт”»; ТУ У 10.8-00419880-112:2012 «Вироби сиркові для спеціального дієтичного споживання».

7. Одержані науково-прикладні результати становлять доказову базу даних для ідентифікації продуктів переробки сироватки, збагачених молочних продуктів, забезпечення дотримання нормативних вимог до процесів їх виробництва та обігу, формування понятійного апарату для інформуванням

споживачів про властивості продуктів. Встановлені класифікаційні ознаки молочної продукції використано в термінологічних стандартах ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови», ДСТУ 2212:2003 «Молочна промисловість. Виробництво молока та кисломолочних продуктів. Терміни та визначення понять», ДСТУ 4324:2004 «Виробництво молочних консервів. Терміни та визначення понять», ДСТУ 7170:2010 «Продукти молочні та молоковмісні. Номенклатура та вимоги до назв».

8. Економічна ефективність застосування високотемпературного оброблення молока в технології сиру кисломолочного досягається за рахунок збільшення виходу цільового продукту на 3,8%. Підвищується ефективність використання молочної сировини в технологіях згущених продуктів за рахунок зменшення цукру на 29...30 % та збільшення масової частки сухого знежиреного молочного залишку на 10...16 % - під час виробництва молока незбираного гідролізованого згущеного та на 37 % - під час виробництва молока знежиреного гідролізованого згущеного. Зменшується собівартість сироватки згущеної з гідролізованою лактозою на 8...16 % у порівнянні з сироваткою згущеною з цукром. Ефективність впровадження мембранних технологій полягає у підвищенні рівня рентабельності за рахунок виробництва продукції з більшою доданою вартістю. Соціальна ефективність розробок полягає у розширенні асортименту та забезпеченні споживачів продукцією оздоровчого спрямування, підвищеної харчової цінності з поліпшеними споживними властивостями.

Список робіт, опублікованих за темою дисертації:

Статті у фахових виданнях України:

1. Гуляев-Зайцев, С.С.; Романчук, И.О.; Рудакова, Т.В.; Атаманенко, И.Д. Исследование состояния воды в сырье и комбинированных творожных продуктах. *Молочна промисловість* **2005**, 10(25), с 32-34. (*Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук*).

Особистий внесок: узагальнення літературних даних, організація експериментальних досліджень.

2. Калинина, Е. Д.; Романчук, И. О. Применение фермента лактазы для гидролиза молочного сахара при производстве сгущенного обезжиренного молока. *Збірник наук. праць ЛНАУ* **2005**, 49/72, с 224-228. (*Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук*).

Особистий внесок: організація експериментальних досліджень, узагальнення, підготовка висновків

3. Калініна, О.Д.; Романчук, І.О. Вплив ферментативної обробки β-галактозидазою на зміну органолептичних і фізико-хімічних показників знежиреного молока. *Обладнання та технології харчових виробництв: темат.зб.наук.пр.Дон. дер. ун-т економіки і торгівлі ім. М.Туган-Барановського* **2005**, 1(13), с 77-82. (*Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук*).

Особистий внесок: обґрунтування методології проведення дослідження, формулювання висновків.

4. Романчук, І.О.; Рудакова, Т.В. Технологія комбінованого молочного продукту тривалого строку зберігання. *Молочна промисловість* **2006**, 2(27), с 34-35. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: узагальнення результатів, підготовка висновків.

5. Калініна, О.Д.; Романчук, І.О.; Афанасенко, С.Ю. Виробництво згущених молочних консервів із гідролізованою лактозою. *Наукові праці ОНАХТ* **2006**, 2(28), с 321-323. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: узагальнення нормативних вимог до продукції і результатів досліджень характеристик продуктів.

6. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О. Дослідження процесу ферментативного гідролізу лактози під час виробництва сироватки молочної гідролізованої згущеної. *Молочна промисловість* **2007**, 3(38), с 39-41. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук)

Особистий внесок: керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення результатів і формулювання висновків.

7. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О. Розроблення технології напоїв на основі молочної гідролізованої сироватки. *Молочна промисловість* **2007**, 2(37), с 34-36. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: обґрунтування методології проведення дослідження, узагальнення експериментальних досліджень.

8. Калинина, Е.Д.; Ересько Г.А.; Романчук, І.О.; Мінорова, А.В. Исследование показателей активности воды и осмотического давления в сгущенном гидролизованном молоке. *Молочна промисловість* **2007**, 6(41), с 41-42. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: проведення аналізу літературних даних, узагальнення результатів, формулювання висновків.

9. Кострицька, О.О.; Романчук, І.О.; Атаманенко, І.Д. Дослідження стану води в сирі кисломолочному. *Молочна промисловість* **2008**, 1(44), с 54-56. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: аналіз експериментальних даних, формулювання висновків.

10. Романчук, І.О.; Кострицька, О.О. УВТ-обробка у технології кисломолочного сиру. *Продовольча індустрія АПК* **2011**, 3, с 28-29. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: аналіз літератури та експериментальних даних, висновки.

11. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О.; Крушельницька, Н.Л.; Недорізанюк, О.П.; Бадаєв, О. Переробка молочної казеїнової сироватки із застосуванням ультрафільтрації. *Продовольча індустрія АПК* **2012**, 5, с 21-23. (Журнал входить

до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: обґрунтування методології проведення дослідження, аналіз результатів, підготовка висновків.

12. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О.; Крушельницька, Н.Л. Білковий концентрат із казеїнової сироватки. *Продовольча індустрія АПК* **2013**, 1, с 14-17. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: аналіз результатів, підготовка висновків, керівництво експериментальними дослідженнями.

13. Романчук, І.О. Наукові та прикладні аспекти стандартизації термінологічної бази в молочній галузі. *Стандартизація, сертифікація, якість* **2014**, 2 (87), с 3-7. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук)

14. Романчук, І.О.; Рудакова, Т.В.; Андреус, С.М.; Моїсєєва, Л.О. Харчова цінність функціонального кисломолочного продукту геродієтичного призначення. *Продовольчі ресурси* **2015**, 4, с 23-25. (Збірник входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: обґрунтування актуальності, аналіз результатів оцінки харчової цінності, висновки.

15. Романчук, І.О.; Моїсєєва, Л.О.; Гондар, О.П.; Рудакова, Т.В. Закономірності формування кисломолочних згустків в молочних сумішах з гідролізованою лактозою та підвищеним вмістом сухих речовин. *Продовольчі ресурси* **2016**, 6, с 107-112. (Збірник входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: розроблення методології проведення дослідження, аналіз і узагальнення результатів.

16. Сичевський, М.П.; Романчук, І.О. Кисломолочний продукт геродієтичного призначення. *Продовольча індустрія АПК* **2016**, 4, с 18-21. (Журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук, міжнародна індексація: Ulrich's Periodical Directory, AGRIS (FAO)).

Особистий внесок: систематизація вихідних даних, результатів впровадження технології у промислових умовах, підготовка матеріалів до друку.

17. Романчук, І.О.; Мінорова, А.В.; Крушельницька, Н.Л. Метрологічні характеристики методик контролювання показників якості сухих та згущених продуктів переробки молока. *Продовольчі ресурси* **2017**, 8, с 17-22. (Збірник входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук).

Особистий внесок: обґрунтування методології дослідження, аналіз показників метрологічної оцінки.

18. Романчук, І.О.; Рудакова, Т.В.; Моїсєєва, Л.О. Використання зернових добавок у виробництві молочних продуктів з комбінованим складом сировини. *Зернові продукти і комбікорми* **2017**, 17(3 (67)), с 27-32 (Науковий журнал входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук, міжнародна індексація: Index Copernicus International).

Особистий внесок: розроблення технологічних схем виробництва продуктів з комбінованим складом сировини, підготовка матеріалів та узагальнення.

19. Романчук, І.О.; Рудакова, Т.В.; Моїсєєва, Л.О. Вплив високотемпературного оброблення на показники молока. *Наук. вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького* **2017**, 19(80), с 169-173. (Збірник входить до затвердженого МОН Переліку фахових видань України з технічних наук, міжнародна індексація: РИНЦ, Google Scholar).

Особистий внесок: досліджено вплив температурних факторів, підготовлено пропозиції щодо подальшого використання.

Статті у виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз:

20. Romanchuk, I.O.; Minorova, A.V.; Krushelnytska, N.L. Physical-chemical composition and technological properties of demineralized milk whey received by membrane methods. *Agric. Sci. Pract.* **2018**, 5(3), pp 33-39. (Міжнародна індексація: Web of Science Emerging Sources Citation Index).

Особистий внесок: схема експериментальних досліджень, опрацювання даних та їх узагальнення.

21. Minorova, A.V.; Romanchuk, I.O.; Zhukova, Ya.F.; Krushelnytska, N.L.; Vezhlytseva, S.P. Protein composition and technological properties of milk whey concentrates. *Agric. Sci. Pract.* **2017**, 4 (2), pp. 52-58. (Міжнародна індексація: Web of Science Emerging Sources Citation Index).

Особистий внесок: аналізування результатів експериментальних досліджень білкового складу, підготовка висновків.

Статті у виданнях інших держав:

22. Недоризанюк, О.П.; Романчук, І.О. Применение ферментативного гидролиза лактозы в производстве напитков из сыворотки. *Сб. науч. тр. «Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья»* **2014**, 8, С.110 – 116. (Республіка Білорусь). *Особистий внесок: обґрунтування застосування гідролізованої сироватки під час виробництва напоїв, узагальнення результатів досліджень.*

23. Гондарь, О.П.; Романчук, І.О.; Минорова, А.В. Переработка кислой сыворотки с применением комплекса мембранных методов. *Пищевая промышленность: наука и технологии* **2015**, 4(30), с 85-88 (Фахове видання Республіки Білорусь).

Особистий внесок: керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення результатів, підготовка висновків.

24. Моїсєєва, Л.А.; Романчук, І.О.; Рудакова, Т.В. Биотехнология низколактозного продукта на молочной основе. *Пищевая промышленность: наука и технологии* **2017**, 4(38), с 42-46. (Фахове видання Республіки Білорусь).

Особистий внесок: розроблення технологічної схеми низьколактозних продуктів, аналіз літературних даних.

Патенти на винаходи:

25. Єресько, Г. О.; Романчук, І. О.; Калініна, О. Д.; Мінорова, А. В.; Козуб, Ю. Г. (Технологічний інститут молока та м'яса УААН). Спосіб виробництва

молока знежиреного згущеного гідролізованого з цукром. Патент України 83886, Серп 26, 2008.

Особистий внесок: здійснено аналіз результатів, підготовлено формулу винаходу.

26. Єресько, Г. О.; Романчук, І. О.; Мінорова, А. В.; Калініна, О. Д. (Технологічний інститут молока та м'яса УААН). Спосіб виробництва молока незбираного гідролізованого згущеного. Патент України 94151, Квіт 11, 2011.

Особистий внесок: здійснено аналіз результатів, підготовлено формулу винаходу.

27. Романчук, І. О.; Кігель, Н. Ф.; Рудакова, Т. В.; Даниленко, С. Г.; Андреус, С. М.; Моїсєєва, Л. О. (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Кисломолочний продукт «Віталакт». Патент України 104976, Бер 25, 2014.

Особистий внесок: аналіз результатів експериментальних досліджень, їх узагальнення, формула винаходу.

28. Романчук, І. О.; Рудакова, Т. В.; Андреус, С. М.; Моїсєєва, Л. О. (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Паста сиркова для дитячого харчування. Патент України 105581, Трав 26, 2014.

Особистий внесок: організація досліджень, аналіз результатів та підготовка основного змісту.

29. Романчук, І. О.; Рудакова, Т. В.; Андреус, С. М.; Моїсєєва, Л. О. (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Спосіб виробництва пасти сирової для дитячого харчування. Патент України 105591, Трав 26, 2014.

Особистий внесок: здійснено аналіз результатів та підготовлено основний зміст патенту.

Патенти на корисні моделі:

30. Романчук, І. О.; Кострицька, О. О. (Технологічний інститут молока та м'яса УААН). Спосіб виробництва м'якого дієтичного кисломолочного сиру та сирових виробів. Патент України 36905, Лис 10, 2008.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено зміст корисної моделі.

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

Особистий внесок: здійснено аналіз результатів та підготовлено основний зміст корисної моделі.

Статті у інших наукових виданнях:

32. Романчук, І. О.; Рудакова, Т. В. Біологічна цінність комбінованих продуктів на основі сиру кисломолочного. *Вісник аграрної науки* **2006**, 2, с 62-64.

Особистий внесок: аналіз літературних даних, узагальнення результатів, підготовка висновків.

33. Романчук, І. О.; Кострицька, О. О. Дослідження ефективності пастеризації та коагуляції білків молока під час виробництва сиру кисломолочного. *Вісник аграрної науки* **2006**, 5, с 59-62.

Особистий внесок: розроблення схеми досліджень, узагальнення та

підготовка висновків.

34. Романчук, І.О.; Кострицька, О.О. Вплив режимів пастеризації молока на структурно-механічні властивості сиру кисломолочного. *Вісник аграрної науки* **2006**, 6, с 64-65.

Особистий внесок: узагальнення даних, підготовка висновків.

35. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О. Вплив кислотності середовища на ферментативний гідроліз лактози у молочній сироватці. *Вісник аграрної науки* **2007**, 3, с 59-60.

Особистий внесок: узагальнення результатів, підготовка висновків.

36. Кострицька, О.О.; Кістень, О. Г.; Романчук, І.О. Дослідження мікроструктури та властивостей сиру кисломолочного. *Вісник аграрної науки* **2007**, 9, с 55-58.

Особистий внесок: узагальнення даних, підготовка висновків.

37. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О.; Недорізанюк, О.П.; Кучерук, Д.Д. Фракціонування молочної сироватки нанофільтрацією. *Вісник аграрної науки* **2007**, 11, с 56-58.

Особистий внесок: керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення, підготовка висновків.

38. Мінорова, А.В., Романчук, І.О., Недорізанюк, О.П., Кучерук, Д.Д. Демінералізація підсирної солоної та казеїнової молочних сироваток електродіалізом. *Вісник аграрної науки* **2008**, 2, с 72-74.

Особистий внесок: організація і керівництво експериментальними дослідженнями, аналіз результатів

39. Романчук, І.О.; Жукова, Я.Ф.; Кострицька, О.О. Білковий склад кисло-сичужних згустків та сироватки при виробництві сиру. *Вісник аграрної науки* **2008**, 4, с 70-72. *Особистий внесок: аналіз літературних даних та експериментальних результатів*

40. Кострицька, О.О.; Романчук, І.О. Дослідження біологічної цінності сиру кисломолочного. *Вісник аграрної науки* **2008**, 7, с 51-54.

Особистий внесок: аналіз результатів, підготовка висновків.

41. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О.; Недорізанюк, О.П.; Крушельницька, Н.Л. Переробка молочної сироватки із застосуванням електродіалізної обробки. *Вісник аграрної науки* **2010**, 3, с 58-60.

Особистий внесок: обґрунтування актуальності, керівництво експериментальними дослідженнями, аналіз результатів, формулювання висновків.

42. Романчук І.О. Специфікації якості традиційних молочних продуктів. *Продовольчі ресурси* **2013**, с 22- 31.

43. Романчук І.О. Порівняльний аналіз правового регулювання обов'язкових вимог до харчових продуктів в Україні, Митному та Європейському союзах. *Продовольчі ресурси* **2014**, с 44 - 46.

44. Мінорова, А.В.; Романчук, І.О.; Крушельницька, Н.Л.; Мацько, Л.М. Дослідження мікроструктури та поверхнево-активних властивостей сухих концентратів сироваткових білків, отриманих методом ультрафільтрації. *Зб.наук.пр. Вінницького нац. аграр. Університету* **2015**, 2(1(89)), с 89-93.

Особистий внесок: обґрунтування методології проведення експериментальних досліджень, узагальнення, формулювання висновків.

45. Романчук, І.О.; Гондар, О.П.; Моїсеєва Л.О. Оцінка якості кисломолочного продукту геродієтичного призначення. *Проблемы старения и долголетия* **2016**, 25(2), с 269-272.

Особистий внесок: обґрунтування напряму досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями, аналіз результатів.

Публікації у матеріалах наукових конференцій

46. Романчук, І.О. Перспективи переробки сироватки в Україні. В *Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій*, Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 50-річчю з дня заснування ТНТУ та 165-річчю з дня народження Івана Пулюя, Тернопіль, Трав 19-21, 2010; Ясній П. П., Відп. ред.; ТНТУ, 2010; с 408.

47. Романчук, І.О. Научные разработки технологий кисломолочных продуктов для детского питания. В *Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания*, Материалы 3-й международной научно-практической конференции; Истра, Россия, Апрель 24, 2012, Кузнецов В. В., Антипова Т. А., Фелик С. В., Отв. за выпуск; ГНУ ВНИИПП, 2012; с 108-110.

48. Романчук, І.О. Актуальні аспекти та проблеми виробництва молокозмісних продуктів. В *Проблеми ринку продовольчих ресурсів України*, Збірник наукових праць за матеріалами Першої науково-практичної конференції, Квіт 10, 2013; Коваленко О. В., Полещук О. Б., Шмаглій О. Б., Ред.; К.: ННЦ ІАЕ, 2013; с 119-121.

49. Моїсеєва, Л.О.; Рудакова, Т.В.; Романчук, І.О. Комплексна оцінка якості кисломолочного продукту для харчування дітей. В *Збірник праць за підсумками першої міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції в рамках XVII Міжнародного форуму товарів та послуг для дітей «Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології»*, Київ, Україна, Бер 19, 2013; Сень О. В., Куць О. І. та ін., Ред. кол.; К.: 2013; с 147-149.

Особистий внесок: визначення схеми проведення досліджень, висновки.

50. Моїсеєва, Л.О.; Рудакова, Т.В.; Романчук, І.О. Кисломолочний продукт «Віталакт» для харчування дітей. В *Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології*, Збірник праць за підсумками Другої спеціалізованої науково-практичної конференції в рамках XVII Міжнародного Форуму товарів і послуг для дітей «BABY EXPO», Київ, Україна, Вер 9, 2014; Куць О. І., Іванов С. В. та ін., Ред. кол.; К.: 2014; с 61-65.

Особистий внесок: розроблення технології, підготовка матеріалів.

51. Романчук, І.О. Щодо регламентації показників якості молочних продуктів. В *Стан і перспективи харчової науки та промисловості*, Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, Тернопіль, Жовт 8-9, 2015; Ясній П., Гол. прогр. ком.; ТНТУ імені Івана Пулюя: 2015; с 181-182.

52. Моїсеєва, Л.О., Романчук, І.О. Утилізація вуглеводів заквашувальними культурами в молоці з гідролізованою лактозою. В *Перспективи розвитку м'ясної, молочної та оліє жиркової галузей у контексті євроінтеграції*,

Програма та матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції, Київ, Лист 7-8, 2016; Українець А. І., Шевченко О. Ю. та ін., Ред.; НУХТ: 2016; с 151-152.

Особистий внесок: визначення основних підходів до виконання експериментів, висновки, підготовка доповіді.

53. Романчук, І.О. Номенклатура та стандартизація молочноконсервної продукції. В *Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи*, Збірник наукових праць за матеріалами IV Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, Україна, Лист 30, 2016; Сичевський М. П., Заг. ред.; ІПР, 2016; с 27-30.

54. Романчук, І.О., Моїсєєва, Л.О. Безлактозний кисломолочний продукт як компонент дієтичного харчування. *Стан і перспективи харчової науки та промисловості*, Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції, Тернопіль, Україна, Жовт 11-12, 2017; ТНТУ імені Івана Пулюя : Тернопіль, 2017; с 134-135.

Особистий внесок: визначення основних підходів до виконання експериментів, висновки, доповідь.

АНОТАЦІЯ

Романчук І.О. Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів». – Інститут продовольчих ресурсів НААН України, Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2020.

В дисертації окреслено основні напрями підвищення ресурсоефективності перероблення молочної сировини та розширення можливостей використання її харчового потенціалу шляхом застосування фізико-хімічних і біотехнологічних способів цілеспрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей побічних продуктів переробки молока, одержання нових видів та похідних високої біологічної цінності з метою використання в технологіях інших харчових продуктів. Раціональним напрямом ефективного використання ресурсів молочної сировини визначено застосування способів, що базуються на модифікації білково-вуглеводних та мінеральних складових для отримання продуктів із заданими складом і властивостями. Застосування теплової коагуляції білків молока, ферментативний гідроліз лактози, демінералізація сироватки, концентрування та виділення молочних білків із застосуванням мембранних методів дозволяють цілеспрямовано впливати на компоненти молочної сировини та одержувати їх у певному співвідношенні.

Теоретично та експериментально обґрунтовано систему вимог до технологічних процесів переробки молочної сировини, які в залежності від застосованих способів і режимів оброблення дозволяють на стадії технологічного циклу формувати нові споживні властивості та підвищувати харчову цінність одержуваної продукції, комплексно перероблювати молочну

сировину.

Систематизовано підходи щодо способів модифікації білково-вуглеводних складових молочної сировини, визначено параметри технологічних операцій та чинники, що впливають на характеристик якості і безпечності основних і побічних продуктів. Споживчі властивостей молочних продуктів, збагачених корисними нутрієнтами, розглянуто з позицій необхідності дотримання нормативних вимог до процесів їх виробництва та обігу, формування понятійного апарату для інформуванням споживачів про властивості продуктів.

Одержані результати використано для удосконалення технологій переробки знежиреного молока і сироватки, розроблення базових елементів системи управління безпечністю та якістю під час виробництва сиру кисломолочного, згущених консервів з гідролізованою лактозою, сироватки демінералізованої, концентратів сироваткових білків.

Ключові слова: молоко, сироватка, лактоза, сироваткові білки, зола, електродіаліз. нанофільтрація, біологічна цінність, якість.

SUMMARY

Romanchuk I. Scientific substantiation and development of ways to increase the resource efficiency of industrial processing of dairy raw materials. – Qualifying scientific work, manuscript copyright.

A Doctor's of Engineering Science Thesis for receiving a degree Doctor of Engineering Science in the specialty 05.18.04 "Technology of meat, dairy products and aquatic products". – Institute of Food Resources, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2020.

On the basis of the analysis of current regulatory documents and scientific and technical information, the main directions of increasing the resource efficiency of processing of dairy raw materials and expanding the possibilities of using their food potential by applying physical, chemical and biotechnological methods of purposeful regulation of the functional and technological properties of milk processing by-products, obtaining new types and derivatives of high biological value for use in food technology. The use of methods based on the modification of protein-carbohydrate and mineral components to obtain products with the specified composition and properties is determined as the rational direction of efficient use of dairy resources. The use of thermal coagulation of milk proteins, enzymatic lactose hydrolysis, whey demineralization, concentration and excretion of milk proteins using membrane methods allow to fractionate individual components and obtain them in a certain ratio.

The system of requirements for technological processes of dairy raw materials processing is theoretically and experimentally substantiated, which, depending on the applied methods and modes of processing, allows at the stage of the technological cycle to form new consumer properties and to increase the nutritional value of the products obtained, to complexly process dairy raw materials.

The regularities of the influence of temperature and duration of heat treatment

of milk on the coagulation of proteins and the properties of protein clots and whey through chemical and structural modifications of the protein-mineral complex of source milk have been established. The influence of the pasteurization temperature of the original milk on the formation of physical and chemical parameters of fermented milk protein clots and whey by the acid-rennet method of obtaining sour milk cheese was investigated. The assumption of the efficiency of using high-temperature heat treatment of milk to increase the degree of use of milk proteins substantiates the use of ultra-high-temperature processing for purposeful modification of the protein composition of sour milk cheese and whey due to the combined coagulation of whey proteins and casein. At higher temperatures of milk processing during the production of sour milk cheese, an increase in the degree of use of milk solids was observed.

Approaches to methods of modification of protein-carbohydrate components of dairy raw materials are systematized, parameters of technological operations and factors influencing the characteristics of quality and safety of basic and by-products are determined. Consumer properties of dairy products enriched with useful nutrients are considered from the standpoint of the need to comply with regulatory requirements for their production and circulation, the formation of a conceptual definitions for informing consumers about the properties of products.

The application of nanofiltration, electrodialysis and ultrafiltration to obtain whey fermentation products has been worked out and ranges of targets and normalized safety indicators have been established, which allows to involve them for further use, to comprehensively solve the problem of whey processing.

The results of research within the developed conceptual provisions of the dissertation prove that the increase of nutritional value of dairy products can be carried out both by preserving the useful nutrients of the raw material at the stage of its processing, and by fortifying the ingredients obtained with the use of selective methods.

Methods of modification of protein-carbohydrate and mineral components of dairy raw materials have been implemented in the technologies of skimmed milk and whey processing through the use of high-temperature heat treatment of milk in technologies of soft dietary sour milk cheese and cheese products based on it; whey protein concentrates in products for pediatric and herodietetic use; whey demineralized with hydrolyzed lactose in the composition of low-lactose fermented milk products.

Key words: milk, whey, lactose, whey protein, ash, electrodialysis, nanofiltration, biological value, quality.

АННОТАЦИЯ

Романчук И.О. Научное обоснование и разработка способов повышения ресурсоэффективности промышленной переработки молочного сырья. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.04 «Технология мясных, молочных продуктов и продуктов из гидробионтов». – Институт продовольственных ресурсов НААН Украины,

Национальный университет пищевых технологий МОН Украины, Киев, 2020.

В диссертационной работе обоснованы основные направления повышения ресурсоэффективности переработки молочного сырья и расширения возможностей использования ее пищевого потенциала путем применения физико-химических и биотехнологических способов целенаправленного регулирования функционально-технологических свойств побочных продуктов переработки молока. Применение тепловой коагуляции белков молока, ферментативный гидролиз лактозы, деминерализация сыворотки, концентрирования и выделения молочных белков с применением мембранных методов позволяют фракционировать отдельные компоненты и получать их в определенном соотношении.

Теоретически и экспериментально обоснована система требований к технологическим процессам переработки молочного сырья, которые в зависимости от применяемых способов и режимов обработки, позволяют на стадии технологического цикла формировать новые потребительские свойства и повышать пищевую ценность получаемой продукции, комплексно перерабатывать молочное сырье. Определены параметры технологических операций и факторы, влияющие на характеристики качества и безопасности основных и побочных продуктов переработки. Потребительские свойства молочных продуктов, обогащенных полезными нутриентами, рассмотрены с позиций необходимости соблюдения нормативных требований к процессам их производства и обращения, формирование понятийного аппарата для информирования потребителей о свойствах продуктов. Полученные результаты использованы для совершенствования технологий переработки обезжиренного молока и сыворотки, разработки базовых элементов системы управления безопасностью и качеством при производстве творога, сгущенных консервов с гидролизованной лактозой, сыворотки деминерализованной, концентратов сывороточных белков.

Ключевые слова: молоко, сыворотка, лактоза, сывороточные белки, зола, электродиализ, нанофильтрация, биологическая ценность, качество.