

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Харчової біотехнології і хімії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження впливу високої температури на білки сироватки молока
з проектуванням цеху з виробництва незбираномолочних продуктів

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МЛмд-61
спеціальності 181 «Харчові технології»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Береговий Р.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Юкало В.Г. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Покотило О.С. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Кухтин М.Д. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Ткачук Р.А. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Харчової біотехнології і хімії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Кухтин М.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 181 «Харчові технології»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Береговому Роману Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу високої температури на білки сироватки молока з проектуванням цеху з виробництва незбираномолочних продуктів

Керівник роботи Юкало Володимир Глібович, д.б.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 13 » жовтня 2023 року № 4/7-975

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15.12.23р

3. Вихідні дані до роботи 1) Молоко пастеризоване м.ч.ж 2,5%, 2) Напій вершковий з кавою солодкий м.ч.ж 10%, 3) Молоко ацидофільно-дріжджове м.ч.ж 1,6%, 4) Біокефір нежирний, 5) Напій кисломолочний «Геролакт» м.ч.ж 2,5%.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. Техніко-економічне обґрунтування. Технологічна частина. Науково-дослідна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайній ситуації. Висновки. Список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Апаратурно-технічна схема

План виробничого цеху

Графік організації виробничих процесів

Розріз виробничого цеху

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Окіпний Ігор Богданович		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок Володимир Сергійович		
Проектно - технологічний та науково-дослідний	Юкало В.Г.		

7. Дата видачі завдання 13.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	13.10.23 р. – 18.10.23 р	виконано
2	Підбір та розрахунок технологічного обладнання	18.10.23 р. – 22.10.23 р	виконано
3	Розрахунок площ виробничих та допоміжних приміщень	23.10.23	виконано
4	Виконання аркуша I	23.10.23 р. – 25.10.23 р	виконано
5	Виконання аркуша II і III	25.10.23 р. – 30.10.23 р	виконано
6	Виконання аркуша IV	30.10.23 р. – 04.11.23 р	виконано
7	Аналітичний огляд літературних джерел відповідно до теми кваліфікаційної роботи	04.11.23 р. – 08.11.23 р	виконано
8	Опрацювання методів досліджень	08.11.23 р. – 14.11.23 р	виконано
9	Виконання експериментальних досліджень і опрацювання результатів	14.11.23 р. – 22.11.23 р	виконано
10	Оформлення науково-дослідної частини	22.11.23 р. – 02.12.23 р	виконано
11	Виконання розділу «Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях»	02.12.23 р. – 08.12.23 р	виконано
12	Подача диплому до захисту	15.12.2023р	

Студент

_____ (підпис)

Береговий Р.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Юкало В.Г.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній кваліфікаційній роботі увагу приділено розробці цеху незбираномолочної продукції та вивченню впливу температури на денатурацію білків сироватки молока.

Робота складається із чотирьох основних частин: техніко – економічної, проектно – технологічної, науково – дослідної і охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У першій частині проведено аналіз розташування нашого молокопереробного підприємства у певному регіоні, з як найменшими логістичними і сировинними витратами. З-за допомогою цього аналізу вибрано Черкаську область.

У другій частині проведено всі сировинні розрахунки, а також розрахунки готових продуктів. Крім цього підібране сучасне технологічне обладнання та розраховані площі запроектованого цеху.

Третя частина роботи є науково-дослідною. Присвячена вона дослідженню денатурації білків сироватки молока під дією різних температур та електрофоретичним дослідженням фракційного складу цих білків. Для цього зроблено огляд літератури, і вибрано найбільш перспективний метод для фракціонування і визначення гомогенності білків сироватки – диск-електрофорез.

У четвертій частині описано такі питання: соціальний захист найманих працівників, безпека роботи промислових підприємств під час воєнного, утилізація та вплив сироватки на навколишнє середовище.

До кваліфікаційної роботи додається чотири креслення, які винесені у додатках.

Ключові слова: кисломолочні продукти, білки сироватки молока, β -лактоглобулін, денатурація.

ANNOTATION

In this qualification work, attention is paid to the development of a workshop for whole milk products and to the study of the effect of temperature on the denaturation of milk whey proteins.

The work consists of four main parts: technical-economic, design-technological, scientific-research and labor protection and safety in emergency situations.

In the first part, an analysis of the location of our milk processing enterprise in a certain region, with the lowest possible logistics and raw material costs, was carried out. With the help of this analysis, the Cherkasy region was selected.

In the second part, all raw material calculations, as well as calculations of finished products, are carried out. In addition, modern technological equipment was selected and the areas of the designed workshop were calculated.

The third part of the work is research. It is devoted to the study of the denaturation of milk serum proteins under the influence of different temperatures and the electrophoretic study of the fractional composition of these proteins. For this, a review of the literature was made, and the most promising method for fractionation and determining the homogeneity of serum proteins was selected - disk electrophoresis.

The fourth part describes the following issues: social protection of employees, safety of industrial enterprises during wartime, disposal and impact of serum on the environment.

The qualification work is accompanied by four drawings, which are presented in the appendices.

Key words: fermented milk products, whey proteins, β -lactoglobulin, denaturation.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	9
1.1. Характеристика місця розташування підприємства.....	9
1.2. Характеристика сировинної зони.....	10
1.3. Обґрунтування асортименту молочної продукції	11
1.4. Характеристика каналів реалізації продукції	12
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
2.1. Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	13
2.1.1. Таблиця вихідних даних для розрахунку продуктів.....	13
2.1.2. Схема напрямків технологічної переробки сировини.....	14
2.1.3. Сировино-продуктовий розрахунок.....	15
2.1.4. Зведена таблиця розрахунку продуктів.....	22
2.2. Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва молочних продуктів.....	23
2.2.1. Вимоги до сировини, використовуваної для виробництва молочних продуктів.....	23
2.2.2. Опис загальних операцій виробництва молочних продуктів.....	24
2.2.3. Опис технології виробництва молочних продуктів запроєктованого асортименту.....	26
2.2.4. Організація технологічного і мікробіологічного контролю виробництва запроєктованого асортименту.....	31
2.3. Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту.....	38
2.3.1. Підбір технологічного обладнання	38
2.3.2. Розрахунок площ виробничих і допоміжних приміщень.....	46

РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ	50
3.1. Аналітичний огляд літературних джерел	50
3.1.1. Загальна характеристика будови і властивостей білків сироватки молока.....	50
3.1.2. Вплив нагрівання на протеїни сироватки молока.....	54
3.2. Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	57
3.3. Результати дослідження.....	62
3.3.1. Отримання гомогенного білка сироватки молока - β -лактоглобуліну....	62
3.3.2. Дослідження ступеня денатурації β -лактоглобуліну в розчині за дії різних температур.....	67
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	71
4.1. Охорона праці та соціальний захист працівників.....	71
4.2. Безпека роботи промислових підприємств під час воєнного стану та в надзвичайних ситуаціях.....	73
4.2.1. Утилізація та вплив сироватки на навколишнє середовище.....	75
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	87

ВСТУП

Сьогодні диктує такі умови, що попит людей на натуральні продукти харчування збільшується із кожним роком. Пов'язано це з тим, що ціна і затрати на виготовлення таких продуктів дуже високі, і багато підприємств випускають більш здешевлену продукцію відповідно меншої якості і меншої корисної дії для організму людини. Тому сьогодні у молочній галузі важливу роль відіграє розробка і впровадження нових підходів для виготовлення не тільки натуральної молочної продукції, без штучних домішок і ароматизаторів а і безпечних молочних і молочнокислих продуктів, тобто без попадання у них антибіотиків чи будь-яких шкідливих мікроелементів безпосередньо через сировину.

Уданій кваліфікаційній роботі запроєктовано асортимент молочної продукції, який є корисним для будь яких груп населення, а також має високий попит споживання у всіх регіонах України. До нього входять: молоко пастеризоване, напій вершковий з кавою солодкий, молоко ацидофільно-дріжджове, біокефір нежирний, напій кисломолочний «Геролакт».

У проектній частині проведено вибір технологічних операцій і опис технологій, виконано розрахунки сировини, готової продукції, розраховано та підібрано технологічне обладнання, розраховано площі по виробництву потрібного асортименту. Також розроблено апаратурно-технологічну схему, графік організації процесів виробництва та план цеху.

Сьогодні чималу увагу приділяють не тільки загальному білку молока, який складає 3,4 %, а й групі білків сироватки, які складають 20% від загального білка молока. Дослідження в більшій мірі спрямовані на денатурацію білків сироватки під дією температури, а також розділення білків сироватки на фракції. Тому метою науково-дослідної частини є встановлення особливості теплової денатурації основного протеїну сироватки молока β -лактоглобуліну. Для цього поставлені наступні завдання: отримання гомогенного препарату β -лактоглобуліну і дослідження ступеня денатурації β -лактоглобуліну у розчині за дією різних температур.

РОЗДІЛ 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

1.1. Характеристика місця розташування підприємства

Розташування молокопереробного підприємства визначається для того, щоб зекономити природні ресурси і мати можливість виробляти у цій локації деякий продукт із меншими затратами, ніж це було б у іншому місці [44]. Разом із цим визначається характер логістичних витрат щодо ухвалення рішення розташування виробничої зони [1]. Загалом враховуються наступні витрати: на транспортування, на робочу силу, на сировину та пальне, на зберігання продукції.

Для вибору місця розташування нашого молокозаводу, необхідно чисельність населення області чи міста поділити на річну норму споживання молокопродуктів на одну людину. Цей розрахунок проводимо за формулою:

$$Ч = \frac{П}{Н}$$

де Ч – чисельність населення, де буду розташований цех, тис. чол.;

Н – норма споживання молочної продукції однією особою на рік, кг (Н=60кг/особу);

П – річна потреба в молочній продукції, кг.

Значення П обчислюємо за формулою:

$$П = П_{з\text{м}} * К_{з\text{м}}$$

де $П_{з\text{м}}$ – потужність цеху, т;

$К_{з\text{м}}$ – кількість змін на рік.

$$П = 27000 * 730 = 19710000 \text{ кг}$$

$$Ч = \frac{19710000}{60} = 328500 \text{ чол}$$

Тепер, знаючи чисельності населення, ми орієнтуємось на будівництво цеху по виробництву незбираномолочної продукції у м. Черкаси.

Черкаси – це місто обласного значення, його область налічує декілька галузей промисловості: хімічна, харчова і легка промисловість, машинобудування [47].

Проводячи соціально-економічний аналіз, ми зможемо визначити плюси і мінуси даного підприємства (табл. 1) [39,45,55].

Таблиця 1 – Використання SWOT-аналізу для молокопереробного підприємства по виробництву незбираномолочної продукції у м. Черкаси.

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Якісна та безпечна продукція відповідно до ДСТУ 4662-2003; 2. Підприємство укомплектоване абсолютно новим, сучасним технологічним обладнанням; 3. Наявність і зручне транспортування сировинної бази у сусідніх областях; 4. Більше 30-ти вищих навчальних закладів, як база для підготовки кадрів; 5. Черкаська область має добре розташування до столиці України – м. Києва, населення якого складає більше 2,5 мільйона чол. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Застарілі інженерні мережі, такі як вода, тепло постачання та каналізація; 2. Дороговартісне обладнання; 3. Наявність великого конкуруючого підприємства ТМ "Волошкове поле" ПрАТ "ЮРИЯ"; 4. Не стабільна соціально – економічна ситуація в Україні.
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Впровадження інноваційного обладнання для вищої продуктивності підприємства; 2. Діяльність маркетингового відділу на високому рівні; 3. Отримання допуску на продаж продукції в ЄС; 4. Розвиток туризму, так як щорічно в Умань приїжджають хасиди. 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Новий виробник викликає недовіру у споживача; 2. Постійна конкуренція з великими компаніями, наприклад із ПрАТ "ЮРИЯ" з досвідом на цьому ринку від 1995 року ; 3. Критична ситуація в економічному секторі у зв'язку із впровадженням воєнного стану. 4. Значне подорожання добрив для вирощування кормів у сільськогосподарському секторі, що відображається на подорожчанням молочної продукції загалом.

1.2. Характеристика сировинної зони

У Черкаській області найбільше вирощують пшеницю та сою, також деякі технічні культури та соняшник. Регіон відрізняється решти областей більшими обсягами збору картоплі, капусти, та багатьох інших овочів. У Черкаській області

родючі ґрунти і переважно м'який, сприятливий для такого виду діяльності клімат. Гарні кліматичні умови дають змогу забезпечувати тваринництво кормами високої якості в достатній кількості, що відповідно дозволяє отримувати високої якості продукти тваринництва, в тому числі молоко [17,46]. Провідною галуззю господарського комплексу в області, серед інших, є сільське господарство. Всього налічується більше 570-ти діючих сільськогосподарських підприємств за всіма організаційними і правовими формами господарювання, з них 1416 – це фермерські господарства. Наприклад взірцем є ТОВ “Дензелівське”, це господарство, яке знаходиться у с. Іваньки та с. Добра Черкаська області Уманського району. Воно вклало у свій розвиток чималі кошти, і на даний час задовільняє всі потреби замовника, а саме - виготовляє для нього молоко екстра гатунку, яке своїми же новими і комфортними автомолоцистернами доставляє у деякі підприємства західної України.

Більшість фермерських господарств Черкащини орієнтуються й адаптуються до потреб споживачів, впроваджують нові види діяльності, будують принципи ощадливості у витрачанні ресурсів, згуртованості, старанності, якісне і вчасне виконання робіт, а також є добре пристосовані до конкретних умов ринкового середовища. Із об'єктивної точки зору – майбутній розвиток сільськогосподарських та фермерських господарств Черкаської області забезпечить: збільшення обсягу й асортименту сільськогосподарської продукції, забезпечення населення міста якісними продовольчими товарами молокопереробної галузі, збільшення грошового забезпечення сільського населення, надходження коштів до місцевих бюджетів, активізація зайнятості у селах, зацікавленість молоді у працевлаштуванні і з стабільним доходом як сезонним, так і цілий рік.

Фермерські господарства Черкащини мають значний вплив на формування продовольчого ринку області в умовах господарювання, які диктує сьогодення.

1.3. Обґрунтування асортименту молочної продукції

Молочні продукти необхідні для харчування людини в усі періоди її життя, особливо для харчування дітей, літніх людей і хворих. З молока роблять дуже багато смачних і корисних продуктів, без яких складно обійтися в повсякденному житті. У молоці багато корисних вітамінів і насамперед речовин.

Бізнес-платформа “Statista”, яка займається порівнянням ринкових і споживчих даних, у 2020 році провела цікавий аналіз: вони розподілили продукти харчування за ступенем їх споживання у кожній з країн. Як виявилось, молоко та молочна продукція займають п'яте місце у США, четверту позицію у Китаї, і є головними продуктами харчування в Україні. У свою чергу, вчені розробили теорію так званого збалансованого харчування, відповідно до якої у раціоні кожної людини мають міститися не тільки необхідна їй кількість білків, вуглеводів чи жирів, а ще й крім цього незамінні амінокислоти, мінеральні солі, вітаміни, у певних потрібних людині пропорціях. За поживними властивостями молоко являє собою найбільш досконалий вид продовольства - склад поживних речовин у ньому майже ідеально збалансований, що відповідає вище зазначеним критеріям.

Передбачено виготовлення запроєктованого асортименту такої продукції: молока пастеризованого м.ч.ж 2,5%, молока ацидофільно-дріжджового м.ч.ж 1,6%, біокефіру нежирного, напою кисломолочного «Геролакт» м.ч.ж 2,5%, вершкового солодкого напою з кавою м.ч.ж 10%.

1.4. Характеристика каналів реалізації продукції

Продукцію нашого підприємства можна реалізовувати як по великих торговельних мережах усієї України так і по точкових магазинах міст і по власних кіосках. При чому у першому випадку доцільним буде відпуск асортименту по оптових цінах і великими партіями, що значно підвищить дохід і дасть змогу зарекомендувати себе як торгову марку [48,49]. Також можливий збут молока пастеризованого і напою вершкового з кавою солодкого у дитячі садочки і школи. У

свою чергу всіма іншими кисломолочними напоями і молоком ацидофільно-дріжджовим можна забезпечувати лікарні і пансіонати на території області. Реалізацію продуктів обов'язково потрібно спрямувати на інші обласні центри і в першу чергу у Київську область, яка межує із Черкаською.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

2.1. Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту

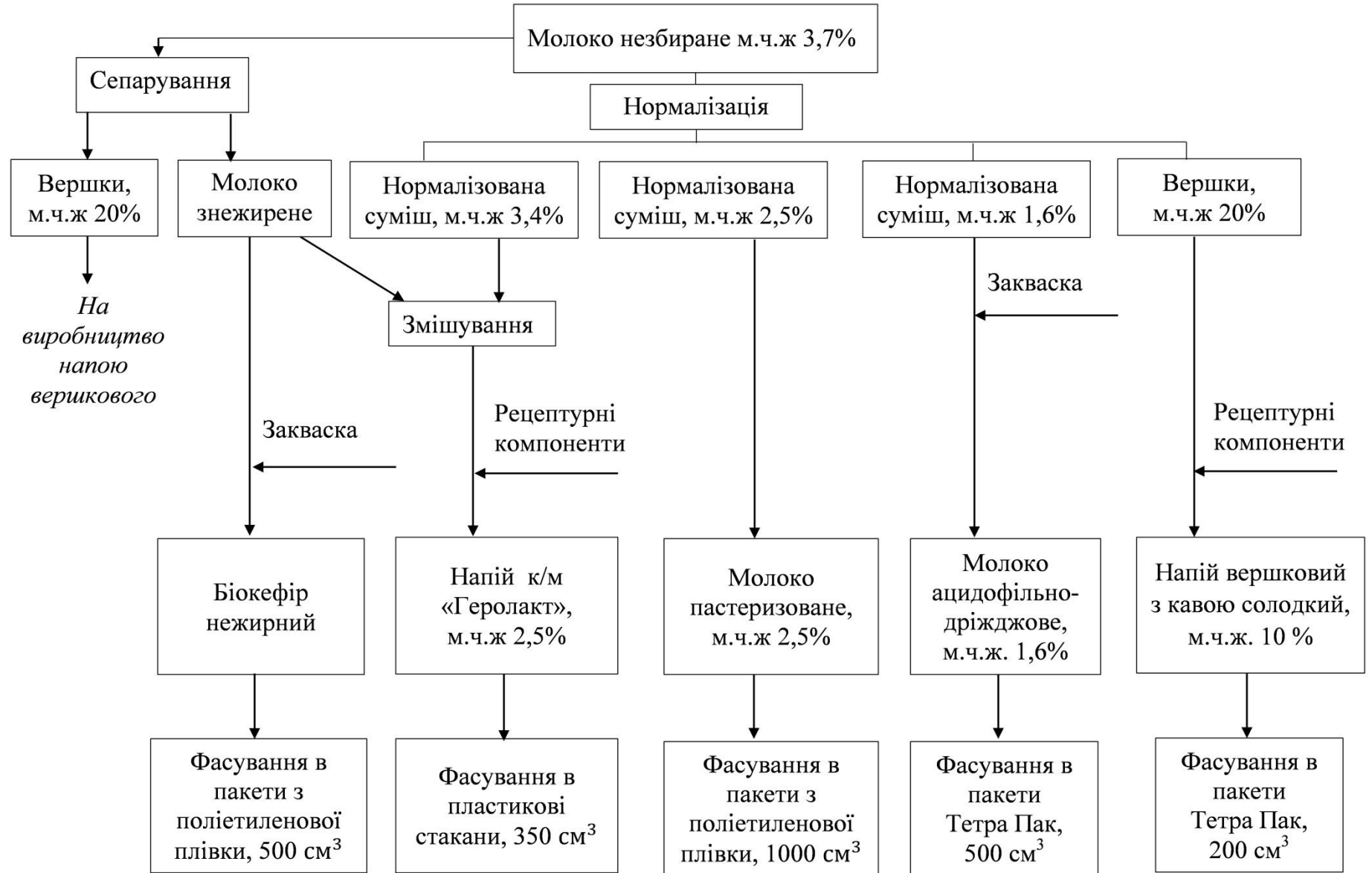
2.1.1. Таблиця вихідних даних для розрахунку продуктів

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку продуктів

Продукт, м.ч.ж	Маса молока- сиро- вини, кг	Спосіб вироб- ництва	Тара для розливу, місткість	Норма- тивні витрат	НД на готовий продукт
Молоко пастеризоване, 2,5 %	27000	Норма- лізація у потоці	пакети з поліетиленової плівки, 1000 см ³	1011,1	ДСТУ 2661:2010
Напій вершковий з кавою солодкий, 10 %		Періодич не змішу- вання	пакети Тетра Пак, 200 см ³	1009,4	
Молоко ацидофільно- дріжджове, 1,6 %		Резер- вуарний	пакети Тетра Пак, 500 см ³	1012,3	ДСТУ 4540:2006
Біокефір нежирний			пакети з поліетиленової плівки, 500 см ³	1012,3	ТУ У 25027034- 007-98
Напій кисломолочний «Геролакт», 2,5 %			пластиковий стакан, 350 см ³	1011,8	ТУ У 10.8- 00419880- 119:2013

М.ч.ж. незбираного молока – 3,7 %; спосіб виробництва кисломолочних напоїв резервуарний; цех працює у дві зміни.

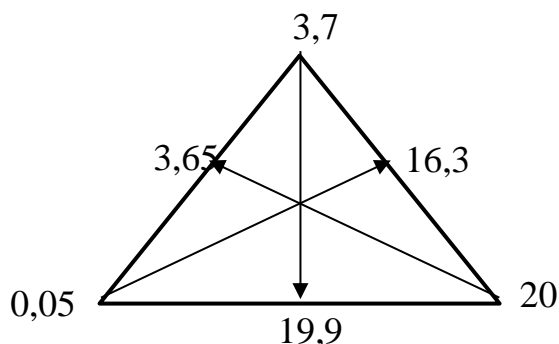
2.1.2. Схема напрямків технологічної переробки сировини



2.1.3. Сировинно-продуктовий розрахунок

Біокефір нежирний

На виробництво даного продукту спрямуємо 8000 кг молока. Оскільки біокефір нежирний, то для цього продукту потрібно знежирене молоко, яке отримаємо сепаруванням вихідної сировини, а сам розрахунок проведемо, скориставшись методом трикутника:



$$\frac{m_{\text{незб.м}}}{34,95} = \frac{m_{\text{зн.м}}}{31,3} = \frac{m_{\text{в}}}{3,65}$$

Нам з даної пропорції потрібно визначити масу молока знеж. та вершків.

$$m_{\text{зн.м}} = \frac{m_{\text{незб.м}} \cdot 16,3}{19,95}$$

$$m_{\text{зн.м}} = \frac{8000 \cdot 16,3}{19,95} = 6536,34 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{m_{\text{незб.м}} \cdot 3,65}{19,95}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{8000 \cdot 3,65}{19,95} = 1463,66 \text{ кг}$$

Оскільки при сепаруванні мають місце втрати молока ($B_{\text{м}}=0,4\%$) та вершків ($B_{\text{в}}=0,07\%$), врахуємо це:

$$m'_{\text{зн.м}} = \frac{m_{\text{зн.м}} \cdot (100 - B_{\text{м}})}{100}$$

$$m'_{\text{зн.м}} = \frac{6536,34 \cdot (100 - 0,4)}{100} = 6510,19 \text{ кг}$$

$$m'_e = \frac{m_e \cdot (100 - B_e)}{100}$$

$$m'_e = \frac{1463,66 \cdot (100 - 0,07)}{100} = 1462,64 \text{ кг}$$

Для заквашування використаємо закваску, яка вноситься прямо у ванну. Знайдемо тепер масу готового біокефіру, зважаючи на ті втрати ($H_{втр.}$), які є при розливі:

$$m_{гот.прод} = \frac{m_{зн.мол} \cdot 1000}{H_{втр.}}$$

$$m_{гот.прод} = \frac{6510,19 \cdot 1000}{1012,3} = 6431,09 \text{ кг}$$

Напій кисломолочний «Геролакт» (м.ч.ж. 2,5 %)

Для приготування суміші, яка буде нормалізованою, потрібні наступні компоненти, зазначені у рецептурі (табл. 3).

Таблиця 3 – Рецептура заданого нам напою «Геролакт»

Сировина	Маса компонентів, кг/т
Молоко коров'яче (м.ч.ж. 3,4 %)	598,00
Знежирене молоко (м.ч.ж. 0,05 %)	84,00
Сухе незжирене молоко	72,90
Сироватковий розчинний білок	6,90
Солодовий екстракт	17,60
Олія соняшникова дезодорована	4,52
Аскорбінова кислота	0,069
α-токоферол	0,0111
Вода	216,00
Усього	1000

Цього продукту виготовимо 6500 т. Спочатку треба визначити кількість суміші до фасування:

$$M_{сум} = M_{гот.прод} \cdot H_{втр.} / 1000$$

$$M_{сум} = 6500 \cdot 1011,8 / 1000 = 6576,7 \text{ кг}$$

Для складання суміші потрібно підготувати наступні компоненти у такій кількості:

- Молоко (м.ч.ж. 3,4 %)

$$m_{3,4} = \frac{6567,7 \cdot 598,00}{1000} = 3932,87 \text{ кг}$$

- Сухе знежирене молоко

$$m_{\text{сух.м}} = \frac{6567,7 \cdot 72,90}{1000} = 479,44 \text{ кг}$$

- Знежирене молоко

$$m_{\text{зн.м}} = \frac{6567,7 \cdot 84,00}{1000} = 552,44 \text{ кг}$$

- Білок сироватки (розчинний)

$$m_{\text{сиров.б}} = \frac{6567,7 \cdot 6,90}{1000} = 45,38 \text{ кг}$$

- Солодовий екстракт

$$m_{\text{сол.екстр}} = \frac{6567,7 \cdot 84,00}{1000} = 115,75 \text{ кг}$$

- Олія соняшникова

$$m_{\text{олія}} = \frac{6567,7 \cdot 4,52}{1000} = 29,73 \text{ кг}$$

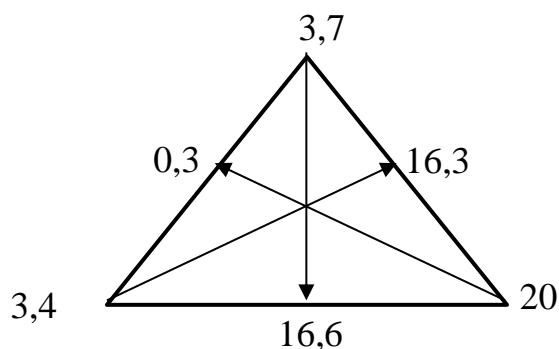
- Аскорбінова к-та

$$m_{\text{аск.}} = \frac{6567,7 \cdot 0,069}{1000} = 0,45 \text{ кг}$$

- α -токоферол

$$m_{\text{токоф.}} = \frac{6567,7 \cdot 0,0111}{1000} = 0,073 \text{ кг}$$

Тепер визначаємо масу незбираного молока, що потрібно для напою «Геролакт».



$$\frac{m_{\text{незб.м}}}{16,6} = \frac{m_{3,4}}{16,3} = \frac{m_{\text{в}}}{0,3}$$

$$m_{\text{незб.м}} = \frac{3932,87 \cdot 16,6}{16,3} = 4005,25 \text{ кг}$$

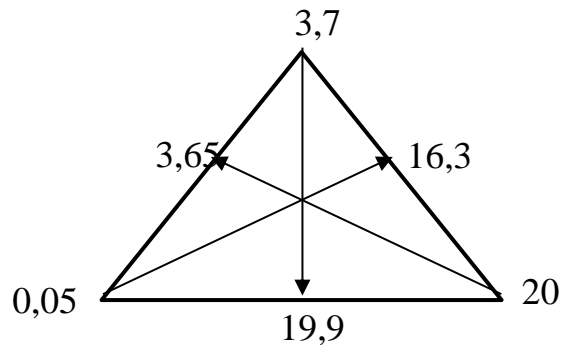
$$m'_{\text{незб.м}} = \frac{m_{\text{незб.м}} \cdot 100}{100 - B_{\text{м}}}$$

$$m'_{\text{незб.м}} = \frac{4005,25 \cdot 100}{100 - 0,4} = 4021,34 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{3932,87 \cdot 0,3}{16,3} = 72,38 \text{ кг}$$

$$m'_{\text{в}} = \frac{72,38 \cdot (100 - 0,07)}{100} = 72,33 \text{ кг}$$

А тепер ще визначимо масу тієї частини незбираного молока, яке піде на отримання знежиреного.



$$\frac{m_{\text{незб.м}}}{19,95} = \frac{m_{\text{зн.м}}}{16,3} = \frac{m_{\text{в}}}{3,65}$$

$$m_{\text{незб.м}} = \frac{552,44 \cdot 19,95}{16,3} = 676,15 \text{ кг}$$

$$m'_{\text{незб.м}} = \frac{676,15 \cdot 100}{100 - 0,4} = 678,87 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{552,44 \cdot 3,65}{16,3} = 123,71 \text{ кг}$$

$$m'_{\text{в}} = \frac{123,71 \cdot (100 - 0,07)}{100} = 123,62 \text{ кг}$$

На цей продукт буде витрачено молока у сумарній кількості:

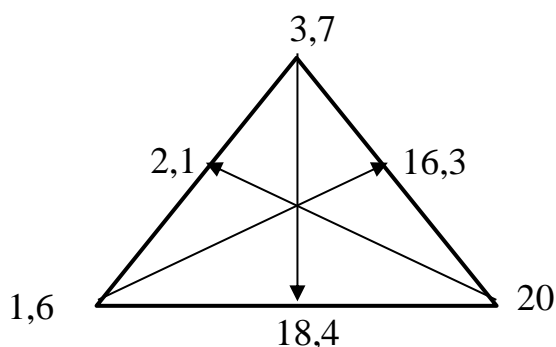
$$4021,34 + 678,87 = 4700,21 \text{ кг}$$

Молоко ацидофільно-дріжджове (м.ч.ж 1,6 %)

Продукт у кількості 5000 т виготовляється внесенням закваски прямого внесення. Визначимо, яку кількість молока нормалізованого треба підготувати, зважаючи на виробничі втрати:

$$M_{\text{сум}} = 5000 \cdot 1012,3 / 1000 = 5061,5 \text{ кг}$$

Масу молока незбираного знаходимо графічним методом. Також з нього отримаємо потрібну кількість нормалізованого молока (м.ч.ж. 1,6%).



$$\frac{m_{\text{незб.м}}}{18,4} = \frac{m_{1,6}}{16,3} = \frac{m_{\text{в}}}{2,1}$$

$$m_{\text{незб.м}} = \frac{5061,5 \cdot 18,4}{16,3} = 5713,60 \text{ кг}$$

$$m'_{\text{незб.м}} = \frac{5713,60 \cdot 100}{100 - 0,4} = 5736,54 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{5061,5 \cdot 2,1}{16,3} = 652,10 \text{ кг}$$

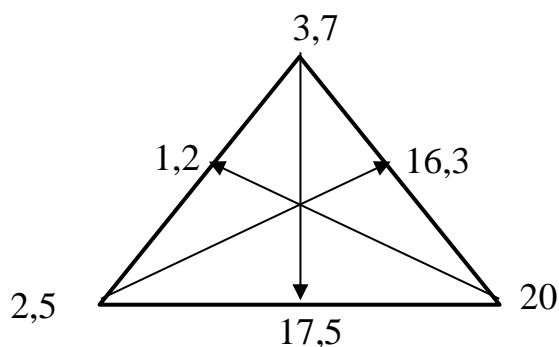
$$m'_{\text{в}} = \frac{652,10 \cdot (100 - 0,07)}{100} = 651,64 \text{ кг}$$

Молоко пастеризоване (м.ч.ж 2,5 %)

Молоко незбиране, яке залишилося:

$$27000 - 8000 - 4700,21 - 5736,54 = 8563,25 \text{ кг}$$

Щоб отримати молоко із вмістом жиру 2,5 %, подаємо його на нормалізацію.



$$\frac{m_{\text{незб.м}}}{17,5} = \frac{m_{2,5}}{16,3} = \frac{m_{\text{в}}}{2,1}$$

$$m_{2,5} = \frac{8563,25 \cdot 16,3}{17,5} = 7976,06 \text{ кг}$$

$$m'_{2,5} = \frac{7976,06 \cdot (100 - 0,4)}{100} = 7944,15 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{8563,25 \cdot 1,2}{17,5} = 587,19 \text{ кг}$$

$$m'_{\text{в}} = \frac{587,19 \cdot (100 - 0,07)}{100} = 586,78 \text{ кг}$$

Рахуємо масу готового (пастеризованого) молока:

$$m_{\text{гот.прод}} = \frac{7944,15 \cdot 1000}{1011,1} = 7856,94 \text{ кг}$$

Напій вершковий з кавою солодкий, 10 %

Таблиця 4 – Рецептатура напою вершкового

Рецептурні складові	Маса, кг	
	без втрат	з втратами
Вершки з м.ч.ж. 20 %	502,0	506,72
Молоко сухе знежирене	35,6	35,93
Цукор білий	70,4	71,06
Вода питна	367,0	370,45
Витяжка із кави з цикорієм	25	25,24

Разом	1000	1009,4
-------	------	--------

Під час сепарування та нормалізації було отримано вершків жирністю 20%:

$$1462,64+72,33+123,62+651,64+586,78=2897,01 \text{ кг}$$

Визначимо, скільки можна виготовити нормалізованої суміші, використавши 2898,59 кг вершків:

506,72 кг – 1009,4 кг

2898,59 кг - x

$$x = \frac{2897,01 \cdot 1009,4}{506,72} = 5770,92 \text{ кг}$$

А також для цього потрібно підготувати інші компоненти у кількості:

- Молоко сухе знежирене

$$m_{\text{сух.м}} = \frac{5770,92 \cdot 35,93}{1009,4} = 205,42 \text{ кг}$$

- Цукор білий

$$m_{\text{цукор}} = \frac{5770,92 \cdot 71,06}{1009,4} = 406,26 \text{ кг}$$

- Вода

$$m_{\text{вода}} = \frac{5770,92 \cdot 370,45}{1009,4} = 2117,93 \text{ кг}$$

- Витяжка із кави

$$m_{\text{вит.кав}} = \frac{5774,07 \cdot 25,24}{1009,4} = 144,30 \text{ кг}$$

$$m_{\text{гот.прод}} = \frac{5770,92 \cdot 1000}{1009,4} = 5717,18 \text{ кг}$$

2.1.4. Зведена таблиця розрахунку продуктів

Таблиця 5 – Розрахункова зведена таблиця для запроєктованих продуктів

Назва продукту	Маса продукту	Маса незбир . молока	Витрачено на виробництво												Отрим. Вершки 20 %	
			Молоко нормалізоване			Молоко знежир 0,05 %	Сухе знеж . молоко	Цукор	Витяжка з кави	СР Б	Солод . екстракт	Олія	Аск . к . та	α-токо - ферол		Вершки 20 %
			1,6 %	2,5 %	3,4%											
Молоко пастеризоване, 2,5 %	7856,94	8563,25	–	7944,15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	586,78
Напій вершковий з кавою солодкий, 3,2 %	5717,18	–	–	–	–	–	205,42	406,26	144,30	–	–	–	–	–	2897,01	–
Молоко ацидофільно-дріжджове, 1,6 %	5000	5736,54	5061,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	651,64
Біокефір нежирний	6431,09	8000	–	–	–	6510,19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1462,64
Напій кисломолочний «Геролакт», 2,5 %	6500	4700,21	–	–	3932,87	552,44	479,44	–	–	45,38	115,75	29,73	0,45	0,073	–	195,95
<i>Разом</i>	31508,33	27000	5061,5	7944,15	3932,87	7062,63	684,86	406,26	144,30	45,38	115,75	29,73	0,45	0,073	2897,01	2897,01

2.2. Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва молочних продуктів

2.2.1. Вимоги до сировини, використовуваної для виробництва молочних продуктів

На підприємство прибуває молоко, яке обов'язково є натуральним, має білий або слабо-кремовий колір, без пластівців білка і осаду, консистенція молока не є тягуча, без слизу і однорідна. Заморожування молока не допускається. Інгібуючі і нейтралізуючі речовини у ньому повністю виключаються [42]. Це такі як антибіотики, аміак, сода, перекис водню та ін. Регулюючим стандартом для цього є ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови» [2].

Графік, по якому приймається молоко на підприємство, погоджений обома сторонами: молокопереробним підприємством і фермерським господарством. Якщо молоко не має довідок про ветеринарний і санітарний стан молочних ферм від спеціальних органів ветнагляду – його заборонено приймати від постачальників сировини. Перед визначенням кількості та якості молока, перевіряється всі наявні супровідні документи і контролюється, щоб у них були заповнені усі графи. Якщо молоко пройшло пастеризацію на фермі, то це має бути зазначено у супровідній накладній про ефективність термічного оброблення.

Молоко слід приймати партіями. Кожна партія – це молоко від кожного господарства, певного ґатунку, в різних тарах, а також оформлене різними супровідними документами[3]. Органолептичні показники, а саме – температура сировини, її густина, кислотність отриманого молока, масова частка вмісту жиру, а також ефективність термообробки визначається у кожен раз при отриманні нової партії молока, а вміст білка, бактеріальне забруднення, наявність інгібуючих речовин – визначають одноразово на десять днів.

Пробою називають кількість відібраного молока для аналізу. Проби молока беруться на визначення вмісту кислотності, жиру, групи чистоти, густини,

температури молока, то що. Результати що отримали – лаборант записує у супровідну накладну від постачальника та журнал приймання молока. Якщо якість привезеного молока низька, тоді перевіряють якість із молока контрольного доїння. Для цього на протязі 48-ми годин на молочну ферму виїздить прибуває спеціальна особа від заводу. Якщо молоко з ферми прибуло з кислотністю 20°T або вище і густиною, що відповідає нормі, тобто 1027 кг/м^3 або менше – його приймають на підприємство, тому що підтверджується його незбираність[4,8,12]. А якщо кислотність молока приблизно 16°T , тоді обов'язково спецпробами перевіряють надоєне молоко окремо від кожної з фермерських корів на пробу маститу. Якщо такі корови виявлені – молоко від них категорично заборонено приймати. Воно має надмірну кількість лейкоцитів і не згортається сичужним ферментом.

2.2.2. Опис загальних операцій виробництва молочних продуктів

На переробне підприємство приймається сировина, яка зазнає ряду технологічних операцій на шляху до перетворення у готовий продукт. Найбільш поширеними є такі етапи, як фільтрування, нормалізація, гомогенізація, пастеризація та заквашування.

Фільтрування не є запорукою чистого еталонного молока, бо частина твердих домішок все одно розчиняється і попадає в сировину разом із мікроелементами, але фільтрування все одно є обов'язковим етапом в процесі приймання сировини, так як завдяки йому відбувається очищення молока від великих механічних домішок. Здебільшого на сучасних лініях фільтрування молока відбувається в потоці. Як аналог цьому процесу у сьогоденні широко використовують процес, за допомогою якого молоко ділиться на тверду, тобто механічні домішки і рідку, тобто очищене молоко, фракції, що відбувається в барабані молокоочисника-сепаратора. Цей процес називається відцентровим очищенням і проводиться він при температурі $30\text{-}35^{\circ}\text{C}$. На молокопереробному підприємстві якість такого очищення визначають пропускаючи його через спеціальний фільтр.

Нормалізація може відбуватися як шляхом змішування, так і з використанням нормалізатора- сепаратора (нормалізація в потоці). Її можна проводити за двома критеріями. Перший з них – це досягнення потрібної жирності, другий – досягнення потрібної частки сухих речовин у ньому. У першому випадку процес нормалізації включений при виробництві повністю всіх продуктів з вмістом жиру (крім тих, які не містять жиру). Щоб отримати розраховану кількість знежиреного молока чи вершків, які необхідні для нормалізації, частину молока сепарують на сепараторі-вершковіддільнику. Процес сепарування дозволяє поділити молоко на дві фракції. Перша – це вершки, а друга – знежирене молоко [5,14]. Молоко, розподіляється у барабані завдяки дії відцентрованої сили. Потім тонкими шарами млоко переміщується із певною швидкістю, завдяки чому відділяється високожирова фракція за короткий проміжок часу. Допускається для нормалізації використовувати маслянку, якою можна замінити до 70% кількості знежиреного молока, розрахованої для нормалізації.

Вершки, що відокремилися після нормалізації, збирають окремо, а нормалізоване молоко піддається гомогенізації, після чого повертається в секцію пастеризації.

Гомогенізація – це процес впливу на молоко певних зовнішніх зусиль для дроблення жирових кульок у ньому. Це робиться для того, щоб під час зберігання молочних продуктів не відбувалось мимовільного відстоювання жиру, і також для збереження доброї однорідної консистенції молочного продукту при зберіганні.

Гомогенізацію проводять обов'язково, коли жирність молока 3,2 % і вище. Під час гомогенізації підвищується в'язкість молока, тому і покращуються відчуття смаку. Молоко направляють на гомогенізацію при тиску $(12 \pm 2,5)$ МПа і температурі 60-75°C. Допускається проводити гомогенізацію за температури пастеризації молока.

Після гомогенізації молоко пастеризують за певних умов. Наприклад, короткочасна пастеризація відбувається при (76 ± 2) °C / 15-20 с, як правило, на

пластинчастих пастеризаційних охолоджувальних установках. Також тривала пастеризація відбувається при 63-65 °С / 20-30 хв, а миттєва – 85-87 °С, без витримки. Вибрана температура залежить від механічної і бактеріальної забрудненості молока та виду продукту. Контроль ефективності пастеризації під час технологічного виробничого процесу та після його закінчення здійснюється за допомогою самописної термограми, яка є на пластинчастих пастеризаційних охолоджувальних установках. Термограми зберігають протягом року, що дає змогу контролювати процес у будь-який час.

Температура пастеризації молока регулюється автоматично. Система блокування пастеризаційної установки та зворотний клапан унеможливають вихід з апарата недопастеризованого молока. Пастеризація забезпечує хороші органолептичні показники (смак, густину, в'язкість), також гине патогенна мікрофлора[6]. Проведення пастеризації не допускається, якщо висока кислотність молока, а якщо великий вміст сухих речовин чи жиру, тоді молоко не прогрівається добре. При цьому пастеризація має входити у всі технологічні процеси виготовлення молочних і молочнокислих продуктів.

Далі йдуть операції, що відрізняються для кожного молочного продукту: дозрівання, сквашування, фасування тощо. Різниця між ними у рецептурі і кінцевому продукті. Ось наприклад, на відміну від резервуарного способу, продукт який виготовляється термостатним способом сквашується вже у тарі у термостатних камерах, і тому має ніжніший смак та вищу користь.

Нами була розглянута загальна схема технологічного виробничого процесу молочних продуктів. Далше будемо розглядати детальніше технологічний процес виготовлення кожного із видів заданої нам продукції, де опишемо свої відмінності та особливості.

2.2.3. Опис технології виробництва молочних продуктів запроєктованого асортименту

З автомолцистерни молоко, яка згідно графіка прибуває на дільницю приймання сировини, насосом установки приймання подається (п. 1-1) на повітровідділювач, де відбувається відділення повітря від молока. Потім молоко проходить через лічильний пристрій і охолоджувач, де охолоджується і за допомогою молокопроводів направляється на проміжне зберігання в резервуари (п. 1-2 та 1-4), які розміщені на площадці зберігання молока (великі резервуари розміщені поза цехом). Резервування молока полягає в його зберіганні при температурі $\pm 4^{\circ}\text{C}$ не більше 24-х годин після доїння, очищення та охолодження, що здійснюють на фермах[7]. Потім із молоком проводять всі загальні технологічні процеси, які були описані вище: з резервуарів (п. 1-2 та 1-4) молоко відцентровим насосом (п. 1-3) подається на пастеризаційну охолоджувальну установку (п. 2-3), розташовану в апаратно-виробничій дільниці. Одночасно молоко підігрівається до потрібної температури сепарування після чого надходить до сепаратора-вершковіддільника де є нормалізуючий пристрій (п. 2-5), де проходить поділ молока (вершки/знежирене молоко), або нормалізація залежно від продукту, на виробництво якого потім буде спрямовано молоко. Молоко піддається подальшій механічній і тепловій обробці відповідно до технологічної схеми певного продукту. Вершки, що отримують при сепаруванні, надходять на пластинчастий охолоджувач (п. 2-7), де охолоджуються. Після цього вони направляються в резервуар (п. 2-8), де зберігаються до використання.

Молоко пастеризоване, м.ч.ж. 2,5 %

Короткочасна пастеризація – це найпоширеніший спосіб теплової обробки при виробництві пастеризованого молока. Питне пастеризоване молоко виробляють із нормалізованого за жиром молока, воно піддане тепловій обробці за відповідних режимів. Спосіб короткочасної пастеризації дає можливість інактивувати мікроби і зберегти близькі до вихідних властивості молока.

Здійснюється пастеризація на універсальній установці (п. 2-3). Тепер здійснюється фасування пастеризованого молока із вмістом жиру 2,5 % у поліетиленові пакети з плівки по 1000 см³. Після фасування зберігання продукту відбувається не більше 36-ти годин при температурі 0-6 °С.

У готовому продукті нормуються показники, котрі повинні бути відповідні показникам, зазначеним у ДСТУ 2661. За зовнішнім виглядом даний продукт є однорідною без осаду, рідиною, у якій не допускається наявність пластівців білку, а також жиру у вигляді грудок. Чистими повинні бути смак та запах, дозволяється легкий присмак викликаний пастеризацією. Колір пастеризованого молока має бути рівномірним у всьому об'ємі, білим[8].

Серед фізико-хімічних показників контролюються наступне:

- жирність – в даному випадку не менше ніж 2,5 %;
- титрована кислотність – не вище 21 °Т;
- густина – 1027 кг/м³ або вище;
- не допускається наявність фосфатази.

Напій вершковий солодкий, м.ч.ж. 3,2 %

Основною сировиною для напою є отримані при сепаруванні молока вершки із вмістом жиру 20 %. У гарячих вершках температурою 50-60 °С розчиняють попередньо просіяний цукор і сухе молоко. Розчинення проводять у ємності для пастеризації (п. 2-10). Отриману суміш подають у резервуар (п. 2-13а). Перед ним на трубопроводі вмонтовано фільтр (п. 2-12), який забезпечує відділення можливих механічних домішок. У резервуарі до фільтрованої суміші додають витяжку з кави з цикорієм. Суміш добре перемішують і насосом (п. 2-2) перекачують в зрівнювальний бак (п. 2-15) пастеризаційної установки (п. 2-17) для нагріву до температури 85-87 °С, при якій вона гомогенізується у гомогенізаторі (п. 2-19). Дана операція відбувається при тиску 10-11 МПа. Гомогенізовану суміш охолоджують в ППОУ до 4-6 °С. Тимчасово резервують у резервуарі (п. 2-13б), а фасування здійснюють в пакети Тетра-пак по 200 см³ на автоматі (п. 3-2).

Готовий кінцевий продукт має відповідати вмісту: не менше 10 % жиру, цукру – 7-10 %. Кислотність – 20 °Т або нижче. Допускається осад, але незначний, смак чистий, з присмаком кави і цикорію, в міру солодкий; колір обумовлений витяжкою з кави; консистенція однорідна.

Молоко ацидофільно-дріжджове, м.ч.ж. 1,6 %

Молоко ацидофільно-дріжджове виготовляють на комбінованій заквасці, що складається із молочних дріжджів і ацидофільної палички. Продукт має особливі лікувально-дієтичні властивості, бактерицидну дію до туберкульозної палички, стафілококів, збудників дизентерії та тифу. Споживання продукту добре впливає на апетит і допомагає засвоєнню деяких речовин, що містяться у їжі. Перевагою даного продукту є те, що антибіотичні властивості дріжджів та ацидофільної палички посилюються при спільному культивуванні.

Пастеризоване молоко сквашують при 30-34 °С на протязі 4-6 год. Для сквашування беруть закваску на ацидофільній паличці, яка включає слизову расу і неслизову расу, у співвідношенні 1:4. Співвідношення можна змінювати залежно до потрібних консистенції чи потрібного смаку. Готовий згусток піддають охолодженню до 10-17 °С і витримують мінімум 6 год для активізації дріжджів, утворення діоксиду вуглецю і спирту. Фасування відбувається у Pure-Pak пакети по 500 см³ і завозять у холодильну камеру де температура відповідає 6-8 °С.

Готовий напій має приємний, освіжаючий, злегка гострий кисломолочний смак із характерним присмаком дріжджів. Має однорідну, щільну консестенцію невеликої в'язкості. Допускається незначне газоутворення і спінювання внаслідок розвитку дріжджів. Жирність готового продукті 1,6 %, кислотність відповідає 80-130 °Т, але золотою серединою є кислотність 110-115 °Т, тобто найприємніший смак саме при такій кислотності.

Біокефір нежирний

Виробляють кефір із знежиреного молока із-за допомогою сквашування закваскою, яка приготовлена на кефірних грибках. Власне біокефір виготовляють з використанням спеціальних сквашувальних культур, що містять у своєму

складі, термофільні, мезофільні молочнокислі лактококи, а також біфідобактерії та ацидофільну паличку. Таки чином, даний продукт є джерелом пробіокультур, які здатні зменшувати активність патогенних бактерій у кишківнику людини.

Спосіб приготування біокефіру резервуарний. Процес теплової обробки знежиреного молока відбувається за температури 85-87 °С / 10 хв, чи 90±2 °С / 8 хв. Тут доцільно використовувати високі режими впливу температури, тому що у такому випадку зневоднюються міцели казеїну, і саме тому білки дозріваючи – добре набухають, що забезпечує утворення щільного згустку.

Закваску вносять у різній кількості, це залежить від активності самої закваски. Закваску вносять у завчасно підготовлене молоко, але обов'язково під час перемішування у резервуарі (п. 2-14в). Під час сквашування зростає мікрофлора закваски, коагулює казеїн, наростає кислотність і утворюється згусток. Тривалість процесу від 8-ми до 12-ти годин. Охолодження до 14 - 16 °С. відбувається наступним чином: міжстінний простір в резервуарі заповнюють крижаною водою (на протязі 80 хв), після чого перемішують згусток. В подальшому проходить дозрівання біокефіру.

Фасування відбувається у поліетиленові плівкові пакети (по 500 см³). Цю операцію забезпечує пакувальна машина (п. 3-1).

Напій кисломолочний «Геролакт», м.ч.ж. 2,5 %

Як свідчить назва продукту – він призначений для споживачів середнього та старшого віку, оскільки у своєму складі містить сироватковий білок, аскорбінову кислоту, токоферол. Його вживання зменшує холестерин, нормалізує роботу серцевої та судинної систем та обмін речовин, забезпечує надходження вітамінів С та А та ін. Особливим є те, що закваска містить бактерії видів *Streptococcus thermophilus* і *Enterococcus faecium*.

Для приготування молочної суміші використовують молоко жирністю 3,4 % згідно рецептури, а також знежирене молоко. Окремо у ємності для довготривалої пастеризації (п. 2-10) проводять розчинення компонентів, зокрема сухого молока знежиреного. Отриману суміш із ванни спрямовують через фільтр (п. 2-12) для

очищення від нерозчинених часточок. Солодовий екстракт попередньо розводять у воді (співвідношення 1:1). Нормалізовану суміш отримують у резервуарі (п. 2-14а), з якого вона перекачується на теплову обробку у ППОУ (п. 2-17). Спочатку здійснюють нагрів до 60-65 °С. Нагріту суміш спрямовують до гомогенізатора (п. 2-19). Перед ним на трубопроводі вмонтовано інжектор (п. 2-18), призначений для внесення у суміш соняшникової олії з вітаміном Е. Гомогенізація проходить під дією тиску від 12,4 до 15 МПа. Далі суміш піддають пастеризації, котра може відбуватися за таких режимів: 84-88 °С, витримка 10 хв; 92-96 °С, витримка 5 хв. Тепер суміш у пастеризаторі (п. 2-17) охолоджують до 36-38 °С. Заквашування проходить у резервуарі з мішалкою (п. 2-14б). В цей момент також вносять розчинений у невеликій кількості кип'яченої охолодженої води вітамін С. Отриману суміш для рівномірного розподілення внесених закваски і вітаміну перемішують протягом 10-12 хв. Суміш сквашується до наростання кислотності в межах 85-95 °С. Це може тривати 8-10 год.

Напій кисломолочний «Геролакт» фасують у пластиковий стакан по 350 см³ на фасувальному автоматі (п. 3-3). Зберігають його при температурі 0-8 °С. Органолептичні показники продукту наступні: консистенція – у міру густа, однорідна, запах – кисломолочний, як і смак, із слабким присмаком використаних добавок, колір – молочно-білий.

2.2.4. Організація технологічного і мікробіологічного контролю виробництва запроєктованого асортименту

Якість молочних продуктів контролюється беручи до уваги органолептичні, бактеріологічні та фізико-хімічні показниками. Готова продукція обов'язкововідповідає вимогам ДСТУ 7357:2013[4]. Проба на пероксидазу чи фосфатазу, кислотність, температура при відвантаженні, масові частки жиру та вологи – це все є фізико-хімічними показниками, яким має відповідати продукція. Присутність паличкоподібних бактерій, присутність стафілококів в 1 г

продукту, чи наявність патогенних мікроорганізмів – це мікро-біологічні показники, яким має відповідати продукція [43].

Суть мікробіологічного контролю – перевірка якості сировини, заквасок, матеріалів, готової продукції, виконання технологічних норм і санітарно-технічних відповідностей виробництва [11,13]. По при це молочні продукти проходять перевірку на вміст токсичних включень, пестицидів і антибіотиків на допустимість.

Технохімічний контроль виконує наступні функції: контроль якості миття апаратури, контроль якості сировини, якості маркування, контроль мийних засобів і засобів дезінфекції, контроль якості пакування.

Крім перелічених, також можуть визначати і специфічні показники. Так, наприклад, у кумисі та кефірі визначають пікнометрично вміст спирту, у молочних консервах у бляшаній тарі визначають вміст свинцю, міді, олова, у сухому молоці – розчинність.

Проби направляють у лабораторію із супровідним актом, у якому зазначають місце відбору, виробника, найменування, сорт і дату вироблення, підписи осіб, що відібрали пробу, номер і об'єм партії, температуру проби, дату й години відбору, показники, що мають бути визначені в продукті, позначення державного стандарту або технічних умов на продукт.

До початку аналізу проби повинні зберігатися не більше 4 годин за температури від 2 до 8°C [15]. Перед аналізом проби ретельно перемішують, тверді розтирають у ступці і доводять до 20-22°C.

Періодично або за бажанням покупця партії молока або молочних продуктів проводиться визначення антибіотиків, залишкової кількості пестицидів, суми важких металів та інших показників.

Показники мікробіологічного та технохімічного контролю продуктів молокопереробленої галузі, які повинні відслідковуватися наведені у табл. 6.

Таблиця 6 – ТХК молока пастеризованого

Об'єкт	Контрольований показник	Періодичність	Відбір проб	Метод контролю, вимірювальні прилади
Молоко незбиране	Органолептичні показники	Щоденно з кожної партії	У кожній транспортній ємності	Органолептично
	Маса, кг Об'єм, дм ³	”	”	Ваги, лічильник ДСТУ 6066:2008
	Температура, °С	”	Те саме	Термометр, логометр ДСТУ 6066:2008
	Кислотність, °Т	”	”	Титрометричний
	Масова частка жиру, %	”	”	Кислотний метод Гербера
	Густина, кг/м ³	”	”	Ареометричний, ДСТУ 6082:2009
	Точка замерзання, °С	”	”	ДСТУ ГОСТ 30562
	Група чистоти	”	”	Фільтрування молока і порівнювання фільтру з еталоном, ДСТУ 6083:2009
Бактеріальне обсіменіння	Раз в 10 днів	В об'єднаній пробі від кожної партії	Редуктазна проба, ДСТУ 7357:2013	
Зберігання молока, що надійшло	Температура, °С	Кожні 3 години (t 4-6 °С)	З кожної місткості	Термометр, логометр, ДСТУ 6066:2008
	Кислотність, °Т рН	”	”	Титрометричний рН-метр

1	2	3	4	5
Молоко перед нормалізацією	Органолептичні показники	Щоденно	У кожній партії	Органолептично
	Кислотність, °Т	”	”	Титрометричний
	Масова частка жиру, %	”	”	Кислотний метод Гербера
	Густина, кг/м ³ ,	”	”	ДСТУ 6082:2009
	Маса, кг, об'єм, м ³	”	”	ДСТУ 6066:2008
Молоко після нормалізації	Масова частка жиру, %	”	”	Кислотний метод Гербера
	Густина, кг/м ³	”	”	ДСТУ 6082:2009
	Маса, кг, об'єм, м ³	”	”	Ваги, лічильник ДСТУ 6066:2008
Гомогенізація	Температура, °С	”	”	Автоматична система контролю
	Тиск, Мпа	”	”	Манометр
	Ефективність гомогенізації	”	”	Центрифугуванням
Теплова обробка молока	Температура, °С	”	”	Автоматична система контролю
	Тривалість витримки, с	”	”	Годинник
	Ефективність пастеризації	”	”	Проба на фосфатазу ДСТУ 7380:2013
Молоко пастеризоване	Смак, запах	”	”	Органолептичний
	Температура, °С	”	”	Термометр, логометр ДСТУ 6066:2008
	Густина, кг/м ³	”	”	ДСТУ 6082:2009
	Кислотність, °Т, рН	”	”	Титрометричний рН-метр
	Масова частка жиру, %	”	”	Кислотний метод Гербера
	Фосфатаза	”	”	ДСТУ 7380:2013
	Ефективність гомогенізації	”	”	Центрифугуванням

1	2	3	4	5
Зберігання	Температура, °С	”	”	Термометр
	Кислотність, °Т	”	”	Кислотний метод Гербера
	Додаткова проба на кип'ятіння	”	”	Згідно з ТІ
Фасування	Масова частка жиру, %	”	Із тари у цеху розливу	Кислотний метод Гербера
	Кислотність, °Т	”	”	Титрометричний
	Температура, °С	”	”	Термометр, логометр, ДСТУ 6066:2008
	Об'єм, дм ³	”	”	Лічильник ДСТУ 6066:2008
Готова продукція	Органолептичні показники	Щоденно	У кожній партії	Органолептичний
	Температура, °С	”	”	ДСТУ 6066:2008
	Кислотність, °Т	”	”	Титрометричний
	Фосфатаза	”	”	ДСТУ 7380:2013
	Об'єм, дм ³	”	”	ДСТУ 6066:2008
	Масова частка жиру, %	”	”	Кислотний метод Гербера

Таблиця 7 – Мікробіологічний контроль процесу виробництва незбираномолочних продуктів

Об'єкт, що досліджується	Контрольований показник	Місце відбору проби	Періодичність контролю	Розведення
1	2	3	4	5
Молоко незбиране	Редуктазна проба Інгібуючі речовини	Середня проба від кожного постачальника	1 раз в декаду	0; I
Молоко і вершки до пастеризації	КМАФАнМ	Із зрівнювального бачка	1 раз на місяць	IV; V; VI
	БГКП	”	”	II-V
Молоко пастеризоване				
Молоко після пастеризації	КМАФАнМ	Із резервуарів у момент розливу	1 раз на місяць	I; II; III
	БГКП	”	”	0; I; II; III
Молоко із тари	”	Із ділянки розливу	”	”
Молоко із тари (готова продукція)	КМАФАнМ	Із споживчої тари	Не рідше 1 раз в 5 днів	II; III 0; 0; 0;
	БГКП	”	”	I; I; I
Кисломолочні напої				
Молоко до пастеризації	КМАФАнМ	Із зрівнювального бачка	1 раз на місяць	IV; V; VI
	БГКП	”	”	до V
Молоко (нормалізована суміш) після пастеризації	БГКП	”	Не менше одного раз в декаду	10 см ³ молока
	Перевірка термограми	Із працюючих ПОУ	Щоденно	
Молоко (суміш) перед внесенням закваски	БГКП	Із резервуарів	1 раз на місяць	0; I

1	2	3	4	5
Молоко (нормалізована суміш) після внесення закваски	”	Із резервуарів	”	0; I
Сквашене молоко (суміші) перед розливом	”	Із резервуарів	”	0; I
Молоко (суміші) сквашені після розливу (резервуарний спосіб)	”	Із споживчої тари	”	0; I
Готова продукція	БГКП	Із споживчої тари в експедиції	Не рідше 1 раз в 5 днів	0; 0; 0
	Мікроскопічний препарат	”	”	I; I; I

2.3. Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту

2.3.1. Підбір технологічного обладнання

Приймальне відділення

На переробку щозміни поступає 27 т молока у приймальне відділення, яке за відомчими нормами проєктування молокопереробних підприємств приймають до трьох годин. Зважаючи на це, потрібно встановити потужність відповідного

обладнання, що буде забезпечувати технологічні операції у приймальному відділенні.

Знайдемо його розрахункову потужність:

$$P_p = \frac{27000}{3} = 9000 \text{ кг/год}$$

Оберемо установку УПМ-10 потужністю 10000 кг/год, яка буде забезпечувати наступні процеси: очищення молока від різних механічних забруднень, вилучення з нього повітря, подальше охолодження, а також визначення в потоці кількості молока.

При цьому фактичний час, витрачений на приймання молока буде наступним:

$$T_\phi = \frac{27000}{10000} = 2,7 \text{ год} = 2 \text{ год } 42 \text{ хв}$$

Для забезпечення можливості зберігання незбираного молока, прийнятого протягом доби, передбачаємо два резервуари-танки марки В2–ОХР-25 по 25 м³ кожен, а також ще один резервуар В2-ОМВ-10, який вміщає 10 м³.

Апаратурно-виробниче відділення

За загальноприйнятими рекомендаціями спочатку потрібно визначити продуктивність пастеризаційно-охолоджувального устаткування, часефективної, тобто корисної роботи для якого становить від 5-ти до 5,5-ти годин:

$$P_p = \frac{27000}{5,0} = 5400 \text{ кг/год.}$$

Отже для теплової обробки молока, а саме нагріву, пастеризації, а також охолодження встановимо універсальну пастеризаційно-охолоджувальну установку продуктивністю 10000 л/год [9].

Обчислимо фактичну тривалість роботи УПОУ:

$$T_{\phi} = \frac{27000}{10000} = 2,7 \text{ год} = 2 \text{ год } 42 \text{ хв}$$

Молоко нормалізоване:

- з м.ч.ж 2,5 %

$$T_{\phi 1} = \frac{8563,25}{10000} = 0,86 \text{ год} = 52 \text{ хв}$$

- з м.ч.ж 1,6%

$$T_{\phi 2} = \frac{5736,54}{10000} = 0,57 \text{ год} = 34 \text{ хв}$$

- з м.ч.ж 3,4% (для «Геролакту»)

$$T_{\phi 3} = \frac{4021,34}{10000} = 0,4 \text{ год} = 24 \text{ хв}$$

Молоко знежирене:

- для біокефіру

$$T_{\phi 4} = \frac{8000}{10000} = 0,8 \text{ год} = 48 \text{ хв}$$

- для «Геролакту»

$$T_{\phi 6} = \frac{678,87}{10000} = 0,07 = 4 \text{ хв}$$

Сепаратор-вершко-відділювач працює в потоці одночасно із ПОУ. Тому нам підійде сепаратор під назвою Ж5-ОС2Н-С, який має продуктивність 10000 л/год, який оснащений нормалізуючим пристроєм.

Для гомогенізації нормалізованого молока та сумішей, приготованих відповідно до рецептури, встановлюємо гомогенізатор аналогічної до сепаратора потужності, марка – К5-ОГА-10.

Отримані при сепаруванні вершки (м.ч.ж 20%) до подальшого використання при приготуванні із них напою зберігаємо у резервуарі марки В2-ОМВ-4 ємністю 4000 л. У цей резервуар вони повинні надходити охолодженими, тому для їх обробки буде використовуватися теплообмінна охолоджувальна установка для вершків[10]. Визначаємо її продуктивність, враховуючи, що час роботи установки і час сепарування будуть збігатися, тобто 2,7 год.

$$P_p = \frac{2879,01}{2,7} = 1066,3 \text{ кг/год.}$$

Вибираємо пластинчастий охолоджувач ОПМ-3, що має продуктивність 3000 кг/год.

Резервуар В2-ОМГ-10 об'ємом 10000 л будемо використовувати для тимчасового зберігання готового пастеризованого перед розливом м.ч.ж 2,5%).

Для змішування молока із жирністю 3,4% та м.ч.ж. 0,05% з іншими компонентами (для «Геролакту») обираємо резервуар марки «Я1-ОСВ-6», робочою місткістю 10000 л. Резервуар цієї ж марки використаємо для сквашування підготовленої суміші:

Визначаємо потрібну їх кількість:

$$N_{\text{герол.}} = \frac{6576,7}{10000 \times 0,8} = 0,82 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для заквашування і сквашування нормалізованої суміші кількістю 5061,5 кг при виробництві молока ацидофільного дріжджового використаємо резервуар РЧ-ОТН-6 місткістю 6000 л.

Визначаємо потрібну кількість резервуарів:

$$N_{\text{ацид.-дріждж}} = \frac{5061,5}{6000 \times 0,85} = 0,99 = 1 \text{ шт.}$$

На виробництво біокефіру спрямовуємо 6510,19 кг знежиреного молока. Для сквашування беремо резервуар Я1-ОСВ-6, який вміщає 10000 л.

Кількість їх буде становити:

$$N_{\text{біокеф}} = \frac{6510,19}{10000 \times 0,33} = 1,97 \approx 2 \text{ шт.}$$

Отже, потрібно буде два резервуари для забезпечення сквашування біокефіру впродовж доби, причому зважаючи на тривалість повного циклу сквашування, на кожну зміну буде використовуватися по одному резервуару.

Для змішування рецептурних компонентів для напою вершкового сумарною кількістю 5770,92 кг використаємо резервуар РЧ-ОТН-6, який має робочу місткість 6000 л. У подальшому після пастеризації і охолодження напою для його

тимчасового резервування скористаємося також таким же резервуаром. Тому для даного продукту їх потрібно буде два.

Для теплової обробки приготуваних сумішей для «Геролакту» і напою вершкового встановимо пастеризаційну установку. На ній теплової обробці буде піддаватися: $5770,92 + 6576,7 = 12347,62$ кг сумішей. Визначимо потужність теплообмінної установки:

$$P_p = \frac{12347,62}{5} = 2469,5 \text{ кг/год.}$$

Оберемо пастеризаційну установку Lacta-Therm, продуктивність якої 3000 л/год.

Виділено часу для роботи установки:

- суміш для «Геролакту»

$$T_{\text{герол}} = \frac{6576,7}{3} = 2,19 \text{ год} = 2 \text{ год } 11 \text{ хв}$$

- суміш для вершкового напою

$$T_{\text{нап.верш}} = \frac{5770,92}{3} = 1,92 \text{ год} = 1 \text{ год } 55 \text{ хв}$$

Гомогенізацію сумішей здійснимо за допомогою гомогенізатора ГМЗ,0/20Д. Який за 1 годину пропускає 3000 л.

Заквашуватися і сквашуватися «Геролакт» буде у резервуарі марки Я1-ОСВ-6:

$$N_{\text{герол}} = \frac{6576,7}{10000 \times 0,85} = 0,77 \approx 1 \text{ шт.}$$

Фасувальне відділення

Розлив пастеризованого молока м.ч.ж 2,5% у споживчу тару, а саме у плівкові пакети по 1000 см³, проводимо на пакувальній машині MILKPACK 6000 (продуктивність 4200-6000 пак./год).

Розлив молока буде тривати:

$$T_{\text{мол.паст}} = \frac{7944,15}{6000 \times 1,0} = 1,32 \text{ год} = 1 \text{ год } 19 \text{ хв.}$$

Ця пакувальна машина також буде задіяна для фасування біокефіру, якого за зміну у фасувальне відділення надходить 6510,19 кг:

$$T_{\text{біокеф}} = \frac{6510,19}{6000 \times 0,5} = 2,17 \text{ год} = 2 \text{ год } 10 \text{ хв.}$$

Для напою «Геролакт» передбачено розлив у стаканчики, який відбувається на трьохрядному фасувальному автоматі CFM-3L, продуктивністю 75-90 стаканів/хв.

$$T_{\text{герол}} = \frac{6576,7}{90 \times 60 \times 0,35} = 3,48 \text{ год} = 3 \text{ год } 29 \text{ хв.}$$

Напій вершковий і молоко ацидофільно-дріжджове у пакети Тетра Пак відповідної місткості здійснюємо на автоматі ТСВР 70, потужність 7500 пак./год.

$$T_{\text{нап.верш}} = \frac{5770,92}{7500 \times 0,2} = 3,85 \text{ год} = 3 \text{ год } 51 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{ацид.-дріждж}} = \frac{5061,5}{7500 \times 0,5} = 1,35 \text{ год} = 1 \text{ год } 21 \text{ хв.}$$

Таблиця 8 – Зведена таблиця підбору технологічного обладнання

Найменування технологічного обладнання	Тип, марка	Продуктивність, місткість	К-ть	Габаритні розміри, мм			Площа, яку займає одиниця обл. м ²	Загальна площа під обл., м ²
				довжина	ширина	висота		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приймальне відділення								
Модульна установка приймання і охолодження молока	УПМ-10	10000 л/год	2	2200	1100	1700	2,42	4,84
Вертикальний резервуар (для зберігання молока)	B2-OXP-25	25000 л	2	4610	3200	4800	14,75	29,50
Вертикальний резервуар	B2-OMB-10	10000	1	2270	2825	4300	6,41	6,41
							Разом	40,75
Апаратне відділення								
Універсальна пастеризаційно-охолоджувальна установка		10000 л/год	1	3300	1600	2600	5,28	5,28

Продовження табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сепаратор-нормалізатор	Ж5-ОС2Н-С	10000 л/год	1	1200	850	1780	1,02	1,02
Гомогенізатор	К5-ОГА-10	10000 л/год	1	1800	1500	1900	2,7	2,7
Охолоджувач пластинчастий	ОПМ-3	3000 л/год	1	700	400	1400	0,28	0,28
Резервуар (для зберігання вершків)	В2-ОМВ-4	4000 л	1	2190	2245	2200	4,92	4,92
Вертикальний резервуар (для молока пастеризованого)	В2-ОМВ-10	10000	1	2270	2825	4300	6,41	6,41
Резервуар (для біокефіру)	Я1-ОСВ-6	10000 л	2	2900	2535	4097	7,35	14,7
Резервуар (для ацидофільно-дріжджевого молока)	РЧ-ОТН-6	6000 л	2	2100	2100	2840	4,41	8,82
Ванна тривалої пастеризації		2000 л	1	1600	1500	2000	2,4	2,4
Резервуар (для напою вершкового)	РЧ-ОТН-6	6000 л	2	2100	2100	2840	4,41	8,82

Продовження табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервуар (для «Геролакту»)	Я1-ОСВ-6	10000 л	3	2900	2535	4097	7,35	22,05
Пастеризаційно-охолоджувальна установка	Lacta-Therm	3000 кг/год	1	3400	1000	2000	3,4	3,4
Гомогенізатор	ГМ3,0/20Д	3000 л/год	1	955	823	1546	0,79	0,79
							Разом	81,59
Фасувальне відділення								
Пакувальна машина	MILKPACK 6000	6000 пак./год	1	1550	1100	3000	1,71	1,71
Фасувальний автомат трьохрядний	CFM-3L	4500-5400 стак./год	1	2980	1460	2900	4,35	4,35
Автомат пакування в Тетра Пак	ТСВР 70	7500 пак./год	1	5500	3200	2425	17,25	17,60
							Разом	23,66

2.3.2. Розрахунок площ виробничих і допоміжних приміщень

Приймально-мийне відділення

Враховуючи кількість автомобілів, рахуємо площу приймального мийного відділення, ($N_{\text{автомоб}}$), котрі забезпечують постачання молока, яке використовується цехом продовж години:

$$N_{\text{автомоб}} = \frac{M_{\text{год}}}{M_{\text{ц}}}$$

де $M_{\text{год}}$ – кількість молока, що в приймальному відділенні поступає за годину;

$M_{\text{ц}}$ – місткість одного автомобіля.

$$N_{\text{автомоб}} = \frac{10000}{11500} = 0,87 = 1 \text{ шт.}$$

Час відведений на приймання молока і додатковий час відведений для миття машини визначаємо наступним чином:

$$T_{\text{заг.}} = N_{\text{автомоб}} * (T_{\text{пр.}} + T_{\text{д}} + T_{\text{м}})$$

де $T_{\text{пр.}}$ – час обслуговування одного автомобіля,

$T_{\text{д}}$ – додатковий час, що витрачається на транспортну одиницю,

$T_{\text{м}}$ – час, затрачений на промивання цистерн після викочування молока.

$$T_{\text{заг.}} = 1 \cdot (20 + 2 + 14) = 36 \text{ хв}$$

Кількість вузлів (постів) які забезпечують одногодинний прийом молока і санобробку молочних автоцистерн:

$$\Pi = \frac{T_{\text{заг.}}}{60}$$

$$\Pi = \frac{36}{60} = 0,6 = 1 \text{ пост}$$

Загальну площу приймального відділення:

$$F_{\text{пр}} = F_1 \times \Pi$$

де $F_{1\text{п}}$ – площа одного поста, ($F_1 = 72 \text{ м}^2$),

$$F_{\text{пр}} = 72 \times 1 = 72 \text{ м}^2$$

Приймальне відділення:

За наступною формулою здійснюється розрахунок площ приймального відділення:

$$F = K \times \sum F_{об},$$

де $\sum F_{обадн}$ – загальна площа під технологічним обладнанням;

K – коефіцієнт, що передбачає запас площі (для приймального відділення $K = 4$).

$$F = 4 \times (4,84 + 6,41) = 45 \text{ м}^2$$

$$N_{буд} = \frac{45}{36} = 1,25 \approx 1,5 \text{ (буд. кв)}$$

Площі апаратного-виробничого відділення:

$$F = 5 \cdot 81,59 = 407,95 \text{ м}^2$$

$$N_{буд} = \frac{407,95}{36} = 11,33 \approx 11,5 \text{ (буд. кв)}$$

Площа фасувального відділення дільниці:

$$F = 4 \times (1,71 + 4,35 + 17,60) = 94,64 \text{ м}^2$$

$$N_{буд} = \frac{94,64}{36} = 2,63 \approx 3 \text{ (буд. кв)}$$

Площі охолоджуючих камер де зберігаються продукти перед реалізацією:

$$F = \frac{m \times c}{q \times K}$$

де m – маса продукції, виробленої у цеху протягом двох змін, кг;

c – допустима тривалість зберігання охолодженої продукції, діб;

q – сила навантаження на площу в 1 м^2 .

$$F_{\text{мол.паст}} = \frac{2 \times 7856,94 \times 0,5}{700 \times 0,7} = 16,04 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нап.верш}} = \frac{2 \times 5717,18 \times 0,5}{450 \times 0,7} = 18,15 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ацид.-дріждж}} = \frac{2 \times 5000 \times 0,5}{630 \times 0,7} = 11,34 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{біокеф}} = \frac{2 \times 6431,09 \times 0,5}{450 \times 0,7} = 20,42 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{Герол}} = \frac{2 \times 6500 \times 0,5}{240 \times 0,7} = 38,69 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{хол.кам}} = 104,64 \text{ м}^2$$

$$N_{\text{буд}} = \frac{104,64}{36} = 2,91 \approx 3 \text{ буд. кв}$$

Таблиця 9 – Зведена таблиця розрахунку площ

№	Приміщення	Площа		
		Розрахована м ²	Приведена	
			буд. кв	м ²
1.	Приймально-мийне відділення	72	2	72
2.	Приймальне відділення	45	1,5	54
3.	Апаратурно-виробниче відділення	407,95	11,5	414
4.	Фасувальне відділення	94,64	3	108
5.	Холодильна камера	104,04	3	108
6.	Склад допоміжних матеріалів	-	1	36
7.	Склад тари	-	1	36
8.	Експедиція	-	1	36
9.	Приймальна лабораторія	-	0,75	27
10.	Хімічна лабораторія	-	1	36
11.	Бактеріологічна лабораторія	-	1	36

Продовження табл. 9

12.	Відділення централізованого миття	-	1,5	54
13.	Склад мийних розчинів	-	0,5	18
14.	Побутові приміщення	-	1,75	63
15.	Бойлерна	-	0,5	18
16.	Кімната майстра	-	0,5	18
17.	Вентиляційна камера	-	1	36
18.	Коридори	-	1,5	54
19.	Всього	-	34	1224

РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

3.1. Аналітичний огляд літературних джерел

3.1.1. Загальна характеристика будови і властивостей білків сироватки молока

Вміст загального білка у молоці становить 3,4 %, його лєвова частка (20%) – це група білків сироватки молока. Саме ці білки залишаються у молочній сироватці після того, як всі інші казеїни осаджуються при кислотному середовищі при рН 4,6 і температурі 20°C. Щоб виділити із сироватки молока такі низькомолекулярні сполуки, як пептиди, солі, вітаміни, лактозу – її піддають діалізу [17]. Це дає змогу отримати очищений препарат білків сироватки. Розрізняють декілька окремих очищених фракцій цих білків, головними з яких є β -лактоглобулін, α -лактальбумін, імуноглобуліни альбумін сироватки крові та ін. Найбільшими з них є β -лактоглобулін і α -лактальбумін, а найменшими – лактоферин (Lf) і секреторний компонент, вони складають менше 1%.

Всі білки та азотовмісні сполуки поділяються на три групи. Такі білки, як β -лактоглобулін, α -лактальбумін, альбумін сироватки крові, імуноглобуліни та інші відносяться до першої групи, вони є чутливими до нагрівання. Друга група – це протеозо-пептонна фракція (ППФ) і третя – непротеїнові азотовмісні сполуки (креатин, амінокислоти та інші). Для їх ідентифікації використовують такі електрофоретичні системи, як нативний диск-електрофорез, та диск-електрофорез із додецилсульфатом натрію. По результатах цих систем чітко видно всі три групи протеїнів. Між білками сироватки молока і казеїнами є суттєва відмінність: частину із них (β -Lg, α -La і Lf) утворюють клітини молочної залози, а інші потрапляють у молоко із крові.

Властивості основних білків молочної сироватки наведені у табл.10. Білки сироватки мають добру розчинність у рідині, і тому вони легко перетравлюються і засвоюються організмом, що не скажеш про казеїн.

Таблиця 10 – Властивості білків сироватки молока [18].

Назва показника	Фракції протеїнів сироватки молока				
	β-лактоглобулін (β-Lg)		α-лактальбумін (α-La)	Альбумін сироватки крові (SA або BSA)	Лактоферин (Lf)
Вміст у знежиреному молоці, г/л	2-4		0,6-1,7	0,4	0,02-0,1
Генетичний варіант	A	B	B	A	
Молекулярна маса, Да	18 363	18 277	14 178	66 399	76 110
Ізоіонна точка	5,35	5,41		5,13	8,95
Ізоелектрична точка	5,13	5,13	4,2-4,5	4,7-4,9	8,81
D_{λ}^1 $\lambda = 280$ нм $l = 1$ см	9,6	10,0 9,6	20,1-20,9	6,3-6,9	9,91
Константа седиментації, S, в одиницях Свєрдберга (10^{-13})	2,7		1,98 1,87 1,92	4,0 5,01	
Середня гідрофобність, ккал/залишок	1211	1217	1210	1120	1053

β-Лактоглобулін є найбільшою фракцією білка сироватки. Він існує більш ніж у 30-ти генетичних варіантах. У молоці різних корів найчастіше можна зустріти варіанти А і В. β-лактоглобулін є типовим глобулярним протеїном, його структура складається із ділянок β-структури і α-спіралі. Якщо кислотність розчину у межах рН від 3,5 до рН 5,5 - β-Lg існує як октамер, якщо рН від 5,5 і аж до 7,5- β-Lg існує як димер, а у середовищі рН від 3,5 до 7,5 – цей білок існує як мономер. Саме тому у сирому молоці β-лактоглобулін знаходиться у вигляді димеру. При нагріванні молока до 30°C (рН5,1) β-Lg розпадається на мономери, при ще більшому нагріванні

вони агрегують [20]. В подальшому при тепловій денатурації агрегований білок майже повністю коагулює при 80-100 °С. Хоча під час пастеризації молочної сировини денатурований β -лактоглобулін випадає в осад, але його алергічні властивості все одно зберігаються. Вони зменшуються лише у молочно-кислих продуктах у процесі ферментації (наприклад у кефірі, йогурті).

Часто β -лактоглобулін у складі молочної суміші піддають гідролізу для того, щоб зменшити його алергічну дію на організм немовлят [50]. Дещо інший підхід до виробництва дитячих сумішей подібних до жіночого грудного молока полягає у спробах повного видалення β -Lg або його похідних із коров'ячого молока. Але ускладнює цей процес те, що разом із видаленням β -Lg із молока або сироватки – значно втрачаються поживні та функціональні властивості решти білків, наприклад їх розчинність, тощо.

Враховуючи амінокислотний склад β -лактоглобуліну, його відносять до дуже цінних харчових протеїнів, тому що він виконує важливі біологічні функції [19]. Сірковмісні і незамінні амінокислоти застосовують для збагачення різного виду харчових продуктів. У біологічному співвідношенні білки сироватки мають більшу біологічну цінність ніж казеїни, це зумовлено їх містятвом всіх незамінних амінокислот включаючи дефіцитні – лізин і триптофан. Також доведено, що β -лактоглобулін здатний переносити вітамін А і зв'язувати вітамін D, та жирні кислоти. Саме завдяки цьому підвищується ліпазна активність, а у продуктах протеолізу виявлені біоактивні пептиди [21].

α -Лактальбумін за кількісним складом є другим за величиною білком сироватки молока. У молоці корови ми його найчастіше зустрічаємо у генетичному варіанті В. Частина амінокислотних залишків у α -лактальбуміні представлені у вигляді α -спіралі (26%), а інша частина (14%) – у вигляді β -структури. α -La бере участь у синтезі лактози, а також він відноситься до металопротеїнів, тобто його можуть зв'язувати такі іони, як Zn^{2+} і Ca^{2+} . Досить важливою біологічною функцією α -лактальбуміну є його здатність за певних контрольованих умов утворювати комплекси з олеїною кислотою, які здатні проникати в клітини раку і

активувати їх апоптоз. Апоптоз – це здатність клітинних процесів знищувати чужорідні клітини в організмі. Вважається, що фракція α -лактальбуміну є найкращою для виробництва заміників жіночого молока, тому що послідовність амінокислот цієї фракції аж на 72% збігається із α -лактальбуміном молока людини.

Альбумін (BSA) не утворюється у молочних залозах, а потрапляє у молоко із крові. Альбумін коров'ячого молока налічує 583 амінокислоти і є термолабільним, тобто при температурі від 40 °С до 50 °С відбувається його часткова денатурація, агрегація і осадження [26].

Основна маса імуноглобулінів сироваткових білків міститься у молозиві. Це є антитіла, їх цінність у тому, що вони здатні об'єднувати групу високомолекулярних білків, які нейтралізують шкідливу дію чужорідних білків. В одному літрі коров'ячого молока міститься до 1 грама імуноглобулінів, а молозиві – аж до 100 грам. Тому стверджується, що основною їх функцією є формування пасивного імунітету у телят у перші три дні після народження. На томість у людей пасивний імунітет формується ще до народження, але доведено, що корисна дія імуноглобуліну для людей у тому, що протидіють кишковим інфекціям. Існує також технологія імуного сухого молока, яке отримують від імунізованих корів.

Лактоферин (Lf) у кількості 0,02-0,2 г/л синтезується у молочних залозах корів і є залізов'язувальним білком. Його будова повністю вивчена і досліджена, він складається із 689 амінокислот і є одноланцюговим білком. Лактоферин відносять до дуже цінних біологічно-активних природних сполук. Він володіє такими корисними властивостями, як: антивірусна та антимікробна активність, зв'язування полісахаридів, модуляція імунної системи, має антиканцерогенну дію по відношенню до ракових клітин, що розвиваються. Лактоферин здатний денатурувати і зменшувати свої бактеріоцидні властивості під дією ультрависокої температури.

3.1.2. Вплив нагрівання на протеїни сироватки молока

Сироваткові білки являються найбільш термолабільною частиною всіх білків молока. Теплова обробка молока в інтервалі температур від 60°C до 140°C призводить до значних змін структури і розчинності білків сироватки, в тому числі і таких термостабільних білків, як α -лактальбумін і β -лактоглобулін. На даний час, при вивченні зміни структури білків на першій стадії денатурації, поряд із іншими методами широко використовується метод диференціально-скануючої калориметрії. Відомо, що розгортання глобулярних білків являється ендотермічним процесом, тобто процесом, який відбувається із поглинанням тепла, тому шляхом вимірювання теплового потоку, як функції температури або часу, можна визначити ступінь зміни структури білка. По результатах цього методу ми можемо виділити так званих два значення температури для денатурації білків сироватки і білків обезжиреного молока, які аналогічні значенням температури денатурації β -лактоглобуліну. Перше значення відповідає температурі переходу структури “глобула-клубок”, а друге значення відповідає повному руйнуванню структури білка. Отже, поведінка сироваткових білків під дією температури визначається поведінкою його головного представника - β -лактоглобуліну. Їх денатурація відбувається в інтервалі температур 62-78°C. При цьому, найбільш стійкими до впливу температури, виходячи із температури денатурації, слід рахувати β -лактоглобулін, менш стійким - α -лактальбумін, а імуноглобулін і альбумін сироватки займають проміжне положення. Однак, α -лактальбумін характеризується значною термостійкістю, що пояснюється його високою здатністю до ренатурації.

Вивчення кінетики денатурації окремих сироваткових білків в більш широкому інтервалі температур (70-150 °C) показало, що реакція денатурації β -лактоглобуліну являє собою реакцію другого порядку, а реакція денатурації α -лактальбуміну – другого порядку, а денатурація альбуміну сироватки крові йде по реакції змішаного характеру. Основні білки сироватки зазнають більш значні денатураційні зміни при температурах нижче 90-100°C, по порівнянню із змінами при температурах вище 100°C.

Денатурація сироваткових білків має певний ступінь і його розмір при різних температурних режимах можна охарактеризувати наступним чином, як ми вже говорили – денатурація білків сироватки являється двохстадійним процесом: після розгортання молекул білка настає їх агрегація. Як правило, агреговані білки супроводжуються втратою розчинності і їх випадіння у вигляді пластівців, що випадають на поверхнях нагріву. При цьому, частина агрегатів білків невеликого розміру може залишитися у розчині, а у випадку нагріву разом із казеїном деяка частина білків сироватки осідає на казеїнових міцелах [22]. Отже, про ступінь денатурації білків сироватки можна судити по зниженню розчинності, яку у свою чергу, можна контролювати прямим або непрямим методами – за втратою білків у розчині, зміною пропускання світла, помутніння сироватки або її фільтра і тому подібне.

Ці, а також деякі інші узагальнені характеристики денатурації білків сироватки молока під дією на них температур представлені у таблиці 11. Також тут підраховано ступінь їх денатурації, яка виражена кількістю білків, що залишилися у розчинному стані після їх нагрівання в процентах від їх початкового складу.

Таблиця 11 – Денатурація білків сироватки при різних режимах теплової обробки молока.

Молоко	Вміст білків у молоці після нагрівання		Світлопередача розчину при 420 Нм	Помутніння фільтрату, одиниця помутніння
	азот білків, мг/100 г	% від початкової кількості		
1	2	3	4	5
Сире (контроль)	95,5	100		
Ультра-пастеризоване	80,8	84,6	54,6	771
–прямий нагрів	38,8	40,6	71,4	181
–непрямий нагрів	27,6	28,9	85,2	14,2
Стерилізоване у пляшках	21,9	22,8	94,8	0,8

Перед аналізом даних із таблиці 11, слід відмітити, що не всі методи контролю дозволяють отримати об'єктивну картину ступеня денатурації сироваткових білків. Так, метод вимірювання залишкової кількості розчинного азоту білків сироватки після нагрівання (яка розраховується після відповідного фракціонування, як різниця між неказеїновим білковим азотом і небілковим азотом) може у д мірі характеризувати жорсткість теплової обробки, але при цьому дає великий розкид і накладання даних при контролі ультра-пастеризації і стерилізації молока. Проте кращі результати дають оптичні методи, наприклад такі, як метод нефелометричний метод Ашанфенбурга. Він полягає у тому, що одночасно осаджується сульфат амонію казеїну і денатуровані сироваткові білки і вимірюється помутніння нагрітого на киплячій водянній бані фільтрату. Цей метод рекомендовано Міжнародною молочною федерацією для оцінки якості теплової обробки молока.

Із приведених вище порівнянь, ми можемо бачити, що стійкість білків сироватки під час впливу температури визначається температурою нагрівання і тривалістю її дії. Пастеризація молока супроводжується невеликою втратою розчинності білків сироватки: денатурації піддається біля 15% всіх білків. Більш значна кількість білків (60-70%) денатурує при ультра-пастеризації, і особливо активно (77% і більше) – при стерилізації. Ступінь денатурації білків при ультра-пастеризації залежить від способу нагрівання молока: непрямий нагрів призводить до великих втрат білків порівняно із прямим нагрівом методом інжекції пари в молоко. По іншим даним, пастеризація молока при 72°C (16 секунд) викликає денатурацію приблизно 9 % білків сироватки (у тому числі менше 3 % β -лактоглобуліну), при температурі 85°C – денатурують 22-30 %, під час ультра-пастеризації денатурація білків складає 40-80 % (біля 40% β -лактоглобуліну), при пастеризації – 78-100 %.

Чутливість білків сироватки до теплової денатурації в більшій степені залежить від рН розчину. Найбільш чутливі до дії температури білки при рН 4,6, а також в інтервалі рН від 5,8 до 6,2, найменшу чутливість вони проявляють при рН 2,5-3,5 і вище 6,5. Також ми бачимо, що під впливом температури при рН 3 поведінка білків сироватки значно відрізняється: β -лактоглобулін проявляє свій

максимум стійкості, а молекули α -лактальбуміну і альбуміну сироватки крові розгортаються вже до нагрівання. При рН 6 і 7,5 закономірність зміни денатурації майже всіх білків мало відрізняється. Слід зазначити, що денатурація деяких білків і білкового концентрату залежить не тільки від швидкості нагріву, а і від способу підготовки білків: із застосуванням фосфорного буферу і без нього [23,24]. Нагріваючи сироватку до 85 °С і витримуючи 20 хвилин при рН 3, 6 і 7,5, ми бачимо, що нагрівання сироватки при рН 3 призводить лише до часткової денатурації білків сироватки, а нагрівання при рН 6 і 7,5 – до повної денатурації. Результати дослідження впливу температури на фізико-хімічні і функціональні властивості білків сироватки показали наступне: розчинність білків (при рН 6,5) після нагрівання при рН 3, 6 і 7,5 відповідно склала 95, 47 і 85 % (нативні білки мали розчинність 95 %). Таким чином, сироваткові білки зберігають високу розчинність після впливу температури при рН 3 і 7,5. Разом із цим 5 %-вий розчин білків, нагрітий при рН 7,5 проявляє (після додавання до нього глюколактона дельта) значну желейну здатність, в той час, як білки нагріті при рН 3 і 6, коагулюють. Відповідно, шляхом дії температури на розчин білків сироватки при певних значеннях рН можна модифікувати їх функціональні властивості.

3.2. Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

Мета дослідження – встановити особливості теплової денатурації основного протеїну сироватки молока β -лактоглобуліну із використанням електрофорезу.

Об'єкт дослідження – гомогенні протеїнова фракція сироватки молока - β -лактоглобулін.

Предмет дослідження – денатурація β -лактоглобуліну за дією різних температур.

Завдання:

1. Отримання гомогенного препарату β -лактоглобуліну.
2. Дослідження ступеня денатурації β -лактоглобуліну у розчині за дією різних температур.

Методи дослідження:

Визначення білків в препаратах за допомогою спектрофотометрії в ультрафіолетовій області спектру. Спектрофотометричний метод, порівняно з фото-електро-калориметричним, є більш точним і чутливим, він дозволяють проводити аналіз багатокомпонентних систем без поділу компонентів, визначати речовини, що не поглинають у видимій області спектру [32]. Тому його використовують для визначення спектра поглинання монохроматичного світла, а при визначенні білків, у деяких зонах ультрафіолетової частини спектру, оптична густина лінійно пов'язана із концентрацією спектру. На відміну від фотокалориметрії та фотоелектрокалориметрії, спектрофотометрія дозволяє не тільки проводити вимірювання оптичної густини при фіксованій довжині хвилі, але й отримувати спектри поглинання у широкому спектральному діапазоні.

Титрована кислотність, її визначення у молоці . Для того, щоб встановити сорти молока під час продажу, а також для пастеризації та переробки молока на молочні продукти – визначають його кислотність. Титрована кислотність, зумовлена кислотним характером казеїну, наявністю у ньому лимоннокислих і фосфорнокислих солей, які утворюються під час розчинення вуглекислого газу в плазмі молока. Показник титрованої кислотності показує кількість мілітрів 0,1 N розчину лугу, що була використана на нейтралізацію 100 мл молока. У свіжому молоці вона складає 16-18°Т, у не свіжому – 23°Т, і тому молоко, що надходить у продаж, не повинна перевищувати 21 ° Т. При зберіганні молока кислотність збільшується за рахунок утворення молочної кислоти з лактози.

Електрофоретичні дослідження фракційного складу білків сироватки молока.

Диск-електрофорез. Принцип методу диск-електрофорезу полягає у тому, що міграція і розділення білків відбувається у невеликих циліндричних колонах поліакриліламуду [33]. Сам термін – диск-електрофорез, походить від дископодібної

форми фрагментів колонки гелю, в якій містяться фракції, а також від англійського слова “discontinuous”, яким названа неоднорідна, буферна система, яка зазвичай використовується в цьому методі. На відміну від електрофорезу, де застосовується однорідна буферна система з постійним значенням рН, при диск-електрофорезі використовують пари буферів різного складу та різними значеннями рН, а носій складається з окремих шарів гелю, що відрізняються між собою за розмірами пор. Завдяки цьому речовини, які розділяються, концентруються спочатку в дуже вузькій стартовій зоні, що дуже важливо для чіткого розділення суміші. Область застосування диск-електрофореzu, це фракціонування і визначення гомогенності білків (білків сироватки, ферментів, білкових гормонів і т. д.), нуклеїнових кислот, пептидів та інших.

Для методу використовуються прилади декількох типів. Наприклад, для аналітичного електрофореzu в поліакриламідному гелі, виробником якого є Венгерська фірма Reanal, використовується прилад, який складається із скляних трубок для гелю і підставки для них та самого приладу для електрофореzu. Колонки гелю готують у скляних трубках, які мають довжину 100 мм і внутрішній діаметр 6 мм. На час полімеризації гелю їх вставляють у спеціальну підставку, яка представляє собою двошарову плексигласову пластинку, у верхнім шарі якої висвердлені отвори для трубок. Трубки встановлюють вертикально і закріплюють внизу фіксуючими плексигласовими кільцями і гумовими прокладками. Прилад складається із верхнього і нижнього резервуарів для буферного розчину, виготовлених із плексигласу. Верхній резервуар кріпиться на нижнім плексигласовими стійками із гвинтами. У центрі кожного резервуару в циліндричному патроні із плексигласу поміщається вугільний електрод, який разом із патроном можна вийняти із резервуару. У стінці патрону зроблені отвори для постійного контакту електродів із буферним розчином незалежно від його рівня, оскільки ці отвори утворюють лабіринтну систему. Знизу, до дна верхнього резервуару кріпиться 12 скляних трубок, заповнених гелем. Вони розміщуються на однаковій відстані від електроду по колу з діаметром 100 мм. Таким чином прилад

дозволяє досліджувати одночасно 12 взірців. Трубки кріпляться до днища буферного резервуару за допомогою загвинчуючих кілець.

Методика проведення диск-електрофорезу складається з кількох послідовних операцій.

1. Приготування трьох основних розчинів, розчину мономерів, буферний електродний розчин і розчин амідового чорного [29,31]. Розчин А: 36,6 г гідроксиметилу (чистого) розводимо у дистильованій воді, додаємо 48 мл 1 н. НСІ, 0,23 мл N, N, N', N'- тетраметилетилендіаміну і дистильованою водою доводимо об'єм до 100 мл. Розчин Б: 0,735 г N, N'- метиленбісакриламід у розчиняємо у дистильованій воді, потім додаємо 28,0 г акриламід, доводимо об'єм з-за допомогою дистильованої води до 100 мл і піддаємо фільтруванню. Розчин В: 0,14 г персульфату амонію розчиняємо у дистильованій воді і доводимо об'єм до 100 мл. Розчини А і Б можна зберігати кілька тижнів у склянках з темного скла в холодильнику. Термін використання розчину В – не більше тижня.

Розчин мономерів для приготування дрібнопористого гелю (рН 8,9) отримують змішуючи із дистильованою водою вищезгадані розчини у співвідношенні 1:2:4:1. Якщо готуємо гель для заповнення всіх 12 трубок, кожна частина відповідає 3,5 мл.

Буферний електродний розчин (рН 8,3) отримуємо наступним чином. У дистильованій воді розчиняємо 1,2 г гідроксиметилу, 5,76 г гліцину і доводимо об'єм до 200 мл.

Розчин амідового чорного отримуємо розчиняючи 10,0 г амідового чорного 10В в 7%-вій оцтовій кислоті в кінцевому обсязі 1000 мл. Перед використанням розчин барвника фільтруємо через папір. Для відмивання та зберігання колонок поліакриламідного гелю можна використовувати 7%-вий розчин оцтової кислоти.

2. Приготування гелю. Скляні трубки закріплюємо у підставці. У вакуумній колбі на 50 мл готуємо розчин мономерів і видаляємо повітря, створюючи розрідження в колбі за допомогою вакуумного насоса. У кожену скляну трубку

піпеткою вносимо по 2 мл розчину мономерів і щоб не утворювався меніск, зверху нашаровуємо 5-8 мм розбавленого в 8 разів розчину А. Полімеризація настає приблизно через 30-35 хв. Як тільки вона станеться, між гелем та розташованою вище рідиною утворюється чітка межа. Після утворення гелю шар рідини видаляємо фільтрувальним папером.

3. Внесення досліджуваного зразка. Розчини, які досліджуються, що містять приблизно 1-2 мг білка в 1 мл, розбавляємо рівним об'ємом 40% сахарози. На кожен колонку поліакриламідного гелю наносимо 50-100 мкг гомогенного або 200-500 мкг гетерогенного білка або суміші білків. Після внесення зразка трубки обережно заповнюємо буферним електродним розчином. Заповнені трубки монтуємо на дно верхнього резервуару і кожен резервуар заливаємо по 1 л відповідного буферного розчину.

4. Електрофорез. У перші 30 хвилин електрофорезу струм у ланцюгу повинен досягти 2 мА, а пізніше не повинен перевищувати 5 мА. Рекомендується помістити працюючий прилад у холодильник. Поділ білків сироватки триває приблизно 60-90 хвилин.

5. Вилучення гелю зі скляних трубок. Після закінчення електрофорезу трубки виймаємо із приладу і занурюємо у кювету, наповнену водою. Під водою між гелем і склом спіральним рухом вводимо вузьку лопатку або пружний тонкий дріт, відшаровуючи гель від поверхні скла. Вода проникає між гелем та склом, і колонка гелю легко витягується з трубки.

6. Забарвлення. Колонки гелю на 1 годину занурюємо у розчин амідового чорного, потім обполіскуємо водопровідною водою і переносимо у розчин, що відмиває.

Гель фільтрація протеїнів сироватки. Для проведення процесу використовували колонки з матеріалу скла, хроматографічної системи, розробленої спеціально для рідинної хроматографії фірмою “Reanal”. Розділення проводили на декстранових гелях-сефадексах G-100 і G-25 фірми “Pharmacia”.

Центрафугування. Для прискорення процесів седиментації використовували лабораторну центрифугу ОПН-8, яка дозволяє створювати поле відцентрової сили з прискоренням до 8000 g.

3.3. Результати дослідження

3.3.1. Отримання гомогенного білка сироватки молока - β -лактоглобуліну.

Виділення очищеного білка сироватки молока β -лактоглобуліну включало декілька основних стадій [25]. Це насамперед отримання знежиреного молока, тобто відділення молочного жиру. Друга важлива стадія – відділення протеїнів казеїнового комплексу. Третя стадія – відділення високомолекулярних фракцій білків сироватки молока. Остання найскладніша стадія – фракціонування білків сироватки і отримання очищеного β -лактоглобуліну. Оскільки, препарат β -лактоглобулін буде використовуватися для дослідження його денатурації, то на всіх стадіях його отримання необхідно забезпечити його максимально нативний стан. Цей білок є чутливим до теплової денатурації, тому всі процедури з його виділення проводили при температурах, що не перевищували 18°C. Препарати білків сироватки на різних стадіях очищення зберігали при необхідності в холодильнику при 4°C.

На першому етапі свіже збірне не пастеризоване молоко із тернопільського молокозаводу центрифугували на центрифугі ОПН-8 протягом 20 хвилин при 5000 обертів за хвилину. Для того щоб не відбулось перегріву ротора, центрифугу попередньо охолоджували у холодильнику. Після центрифугування з допомогою піпетки Мора обережно відбирали супернатант у чисті пробірки.

На другому етапі з отриманого знежиреного молока відділяли сироватку. Цього досягали ізоелектричним осадженням білків казеїнового комплексу при значенні рН близько 4,6. Для досягнення такого рН використовували однонормальну соляну кислоту, яку обережно при перемішуванні додавали у знежирене молоко. Значення активної кислотності при цьому контролювали з допомогою рН-метра. Осад казеїну відділяли центрифугуванням на центрифугі ОПН-8 протягом 15-ти хвилин при 5000 обертів ротора за хвилину. В результаті було отримано сироватку молока.

На наступному – третьому етапі виділення β -лактоглобуліну необхідно відділити низькомолекулярні компоненти сироватки, а саме, лактозу, численні компоненти протеозо-пептонної фракції, солі, вітаміни та ін. [30]. Ці компоненти можуть впливати на процес теплової денатурації протеїнів сироватки. Для відділення високомолекулярних білків сироватки було гель-фільтрацію на декстранових гелях. Цей метод є “малотравматичним” по відношенню до протеїнів і добре забезпечує нативні умови фракціонування [27]. Водночас він є досить ефективним при розділенні молекул, які відрізняються за молекулярними масами. Відповідно до характеристик гелю – сефадексу G-25(медіум) при гель-фільтрації на ньому можна відділити лактозу, солі і більшу частину пептидів і олігопептидів і навіть поліпептидів (з $M \leq 5000$) протеозо-пептонної фракції [28]. Результати гель-фільтрації сировини молока представлені на рис.1.

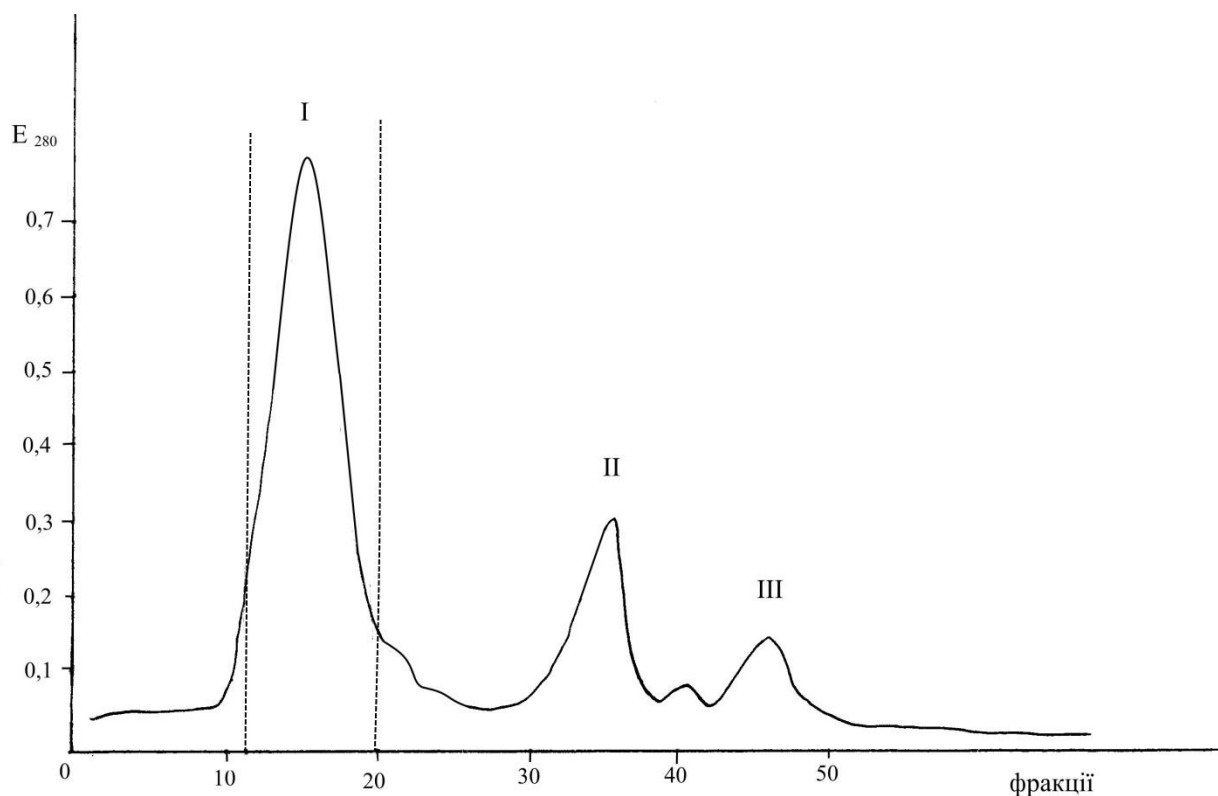


Рис.1 – Хроматограма протеїнів сироватки молока отримана на колонці з сефадексом G-25(медіум).

Гель фільтрацію проводили при швидкості елюції 30 мл за годину. Штриховими лініями на хроматограмі показано сектор піку I. Цей пік містить всі високомолекулярні білки сироватки включаючи β -лактоглобулін. Фракції цього піку ограничені пунктирними лініями об'єднували і використовували для подальшого фракціонування. В піках II і III беручи до уваги їх об'єм елювання з колонки, знаходяться низькомолекулярні поліпептиди, олігопептиди, пептиди та амінокислоти (терозин, триптофан і фенілаланін), які поглинають ультрафіолетові промені при $\lambda=280$ Нм [35].

За літературними даними така об'єднана фракція (пік I) може містити всі головні протеїни сироватки молока - β -лактоглобулін, α -лактальбумін, альбумін сироватки крові, імуноглобуліни та ін. Всі вони відрізняються своїми молекулярними масами (табл.X1). У зв'язку з цим для подальшого фракціонування в неденатуруючих умовах нами було вибрано гель фільтрацію на хроматографічній

колонці з сефадексом G-100(медіум). Межі фракціонування глобулярних білків на цьому сефадексі становлять від 4000 до 150 000 Да [36]. Колонку з сефадексом G-100 перед гелі-фільтрацією зрівноважували електродним буфером для диск-електрофорезу (рН 8,3). У таких умовах β -лактоглобулін знаходиться у вигляді мономеру і його молекулярна маса становить близько 18 000 Да. Результати гелі-фільтрації на сефадексі G-100 об'єднаного взірця після відділення низькомолекулярних компонентів показано на рисунку 2.

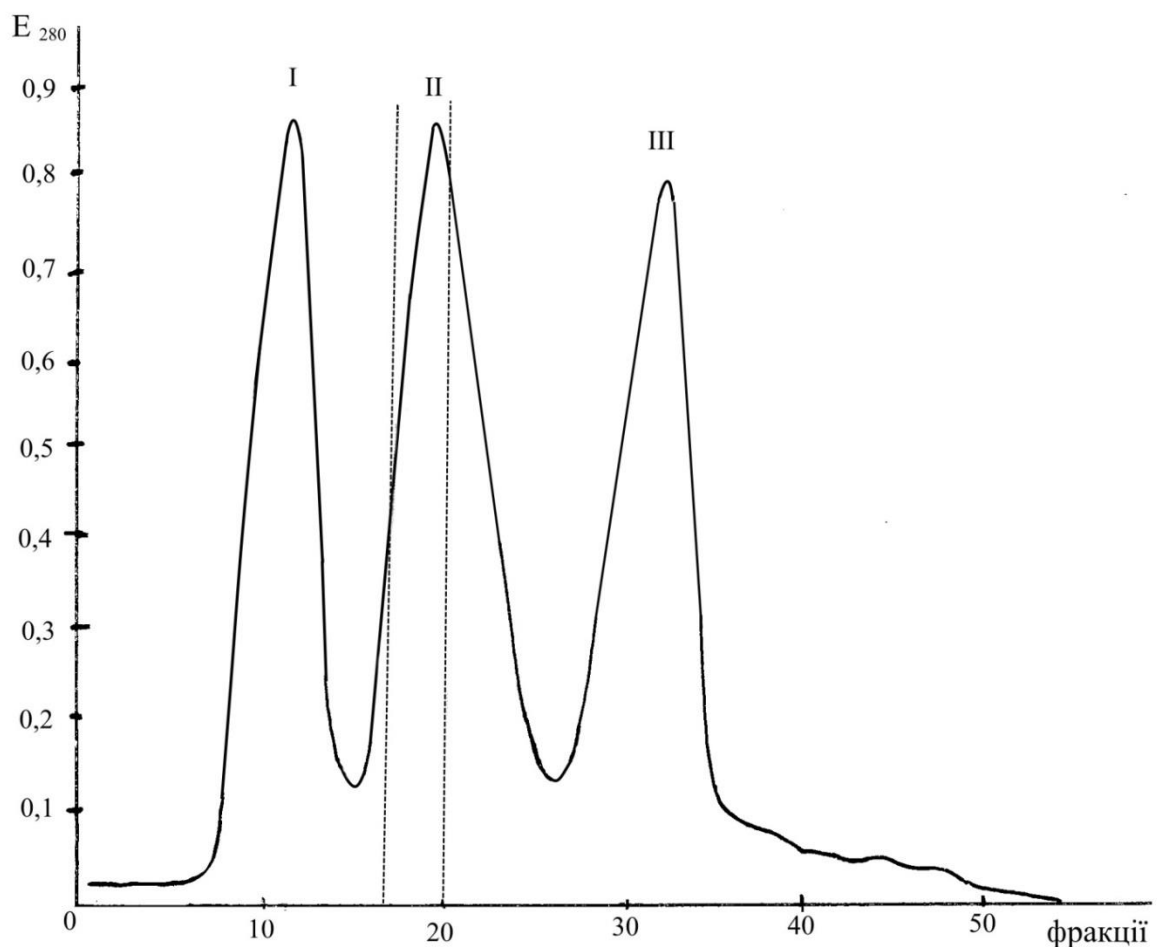


Рисунок 2 – Хроматограма об'єднаного взірця високомолекулярних білків сироватки молока отримана на колонці з G-100.

На хроматограмі видно три піки (I-III). За літературними даними пік I включає білки з найбільшими значеннями молекулярних мас – імуноглобуліни (> 200 000 Да), альбумін сироватки крові (~ 66000 Да) та деякі мінорні білки [37]. До піку III входять низькомолекулярні поліпептиди і амінокислоти з молекулярними масами < 4000 Да. Пік II складається з двох білків – β -лактоглобуліну і α -лактальбуміну. При чому перша частина піку II містять електрофоретично гомогенний β -лактоглобулін.

Нами для подальшої роботи було вибрано збірний взірець β -лактоглобуліну з фракцій обмежених штриховими лініями.

Для того щоб переконатись в тому, що нами було отримано гомогенний β -лактоглобулін – збірний взірець аналізували аналітичним диск- електрофорезом у томограмічному числі. Електрофорез проводили у трубочках апарату фірми “Reanal”. Як контроль було використано свіжу сироватку молока, до якої додавали 0,5 об’єму електродного буферу. У трубочку вносили 10 мкл взірця. Результати диск-електрофорезу показані на рис.ХЗ. На схемах використані міжнародні скорочені назви білків сироватки молока: β -Lg – β -лактоглобулін; α -La – α -лактальбумін; BSA –альбумін сироватки крові; PP3 – протеозо-пептон 3; IG – імуноглобуліни.

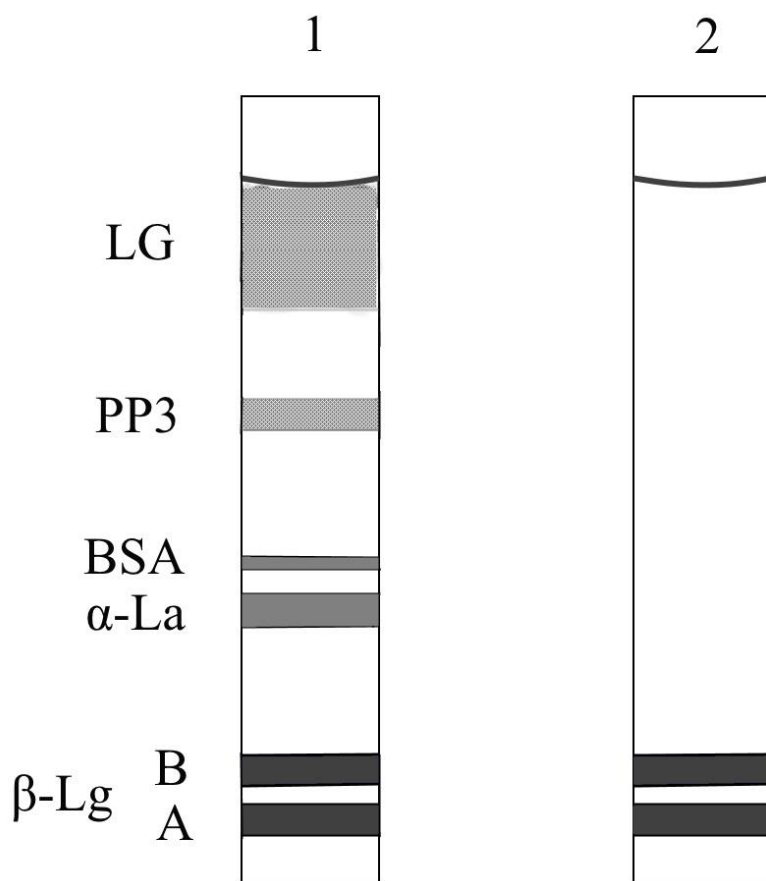


Рисунок 3 – Схеми диск - електрофореграм сироватки молока (1) і виділеного β-лактоглобуліну.

На схемі електрофореграми 1 видно характерні для даного виду електрофорезу розділення білків сироватки молока. Можна ідентифікувати два генетичні варіанти β-лактоглобуліну – А і В, α-лактальбумін, альбумін сироватки крові, основний білок протеозо-пептонної фракції – протеозо-пептон 3 і групу імуноглобулінів у вигляді широкої розмитої смуги біля стартової лінії. На схемі електрофореграми 2 видно лише одну розділену смугу, яка відповідає за електрофоретичною рухливістю фракції β-лактоглобуліну.

Беручи до уваги відсутність інших смуг на електрофореграмі, можна стверджувати, що виділений нами білок є сумою двох генетичних варіантів β-лактоглобуліну – А і В, які завжди присутні у збірному молоці. Цей електрофоретично гомогений препарат β-лактоглобуліну, був використаний нами

для проведення дослідження впливу нагрівання при різних температурах на його денатурацію.

3.3.2. Дослідження ступеня денатурації β -лактоглобуліну в розчині за дії різних температур

Існують різні способи визначення ступеня теплової денатурації протеїнів сироватки молока [33,38]. Найбільш поширеним є визначення концентрації білка в розчині після відділення денатурованих молекул. Нами в першій стадії дослідів було визначено концентрацію β -лактоглобуліну після його нагрівання і витримки при певній температурі протягом 30-ти хвилин. Діапазон температур, беручи до уваги літературні дані, було вибрано від 40 до 100 °С [18,22,25]. Саме у цьому діапазоні можуть відбуватись денатураційні зміни і утворення агрегатів β -лактоглобуліну. Початкова концентрація β -лактоглобуліну становила в одиницях оптичної густини після розведення в 5 разів дистильованою водою – 0,315. Це в перерахунку з використанням коефіцієнту поглинання β -лактоглобуліну відповідно його концентрації 0,17%, що є близьким до його реального вмісту у сироватці молока [25]. Оптичну густину визначали на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі – 280 нм. Перед нагріванням рН в розчинах β -лактоглобуліну доводили до 6,6. Денатурований β -лактоглобулін відділяли центрифугуванням на центрифугі ОПН-8 при 5000 хв протягом 15 хвилин. Далі в супернатанті визначали оптичну густину. Вимірювання проводили паралельно в трьох взірцях прогрітого при відповідній температурі β -лактоглобуліну. На основі отриманих середніх значень і стандартного відхилення було побудовано графік залежності значень концентрацій β -лактоглобуліну в супернатанті після відділення денатурованого білка від температур прогрівання (Рис.4).

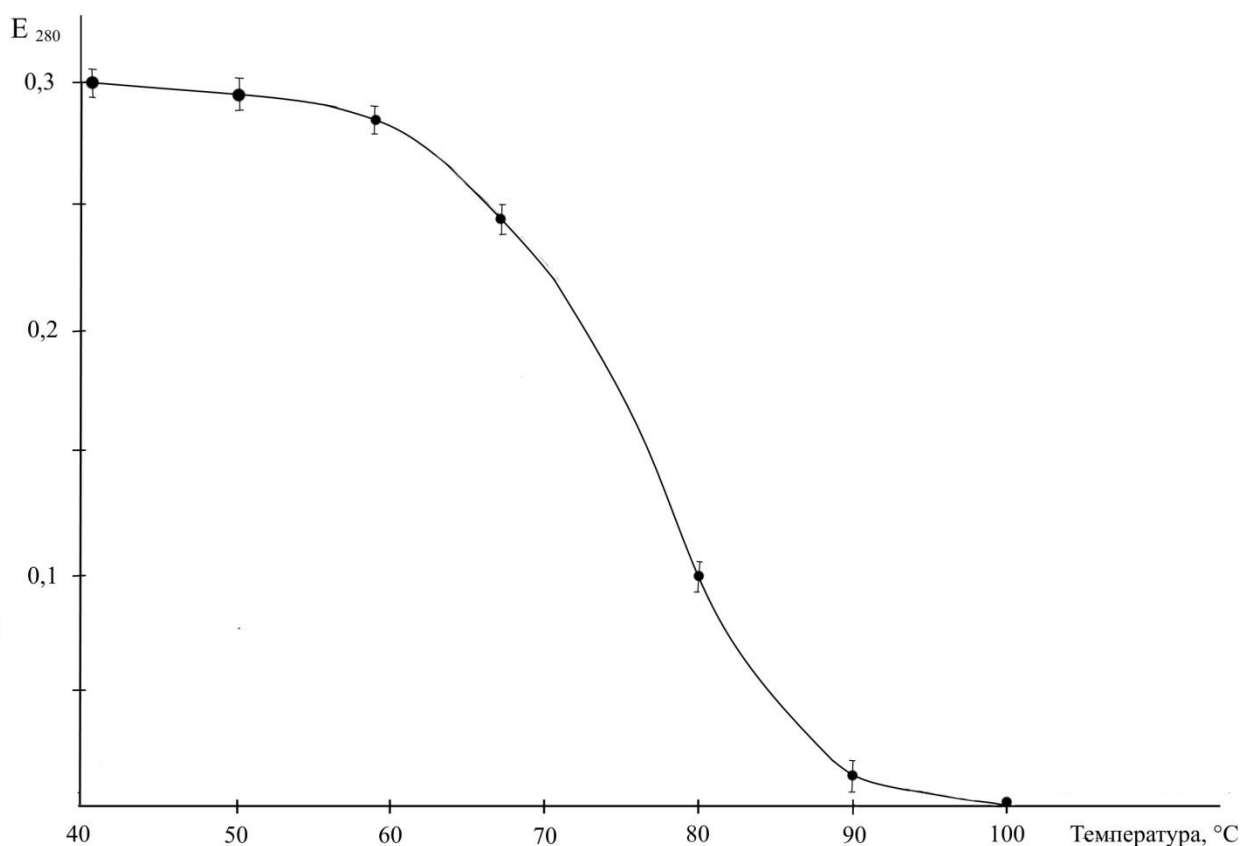


Рисунок 4. Графік залежності значень концентрацій неденатурованого β -лактоглобуліну від температур прогрівання. Тривалість нагрівання становила 30 хвилин.

Отримана залежність характерна для β -лактоглобуліну, який інтенсивно денатурує після нагрівання його до 60 °C [18,33].

Для порівняння, ці взірці були нами проаналізовані з використанням аналітичного диск-електрофорезу в нативних умовах для нейтральних і слабкокислих білків. При цьому з супернатантів взірців, які прогрівали при певних температурах, також відбирали аліквоти для електрофоретичного аналізу. Так само, як і у попередньому дослідженні – всі аналізи повторювали тричі. Електрофорез проводили наступним чином. Перші 15 хвилин після внесення взірця супернатанту в трубочку мікрошприцом під електричний буфер задавали силу струму 1,5 мА на трубочку. Після цього силу струму збільшували до 2 мА на трубочку. Тривалість електрофорезу становила 2,5 години. Після завершення електрофорезу гелі обережно виймали з трубочок, фіксували і забарвлювали. Після відмивання фарби,

яка не зв'язалась у 7% оцтовій кислоті, гелі обробляли кількісно шляхом денситометрії, як було описано в роботі [37].

Результати диск-електрофорезу представлені на рисунку 5. Дана система дозволяє розділяти білки в нативних умовах за їх зарядами.

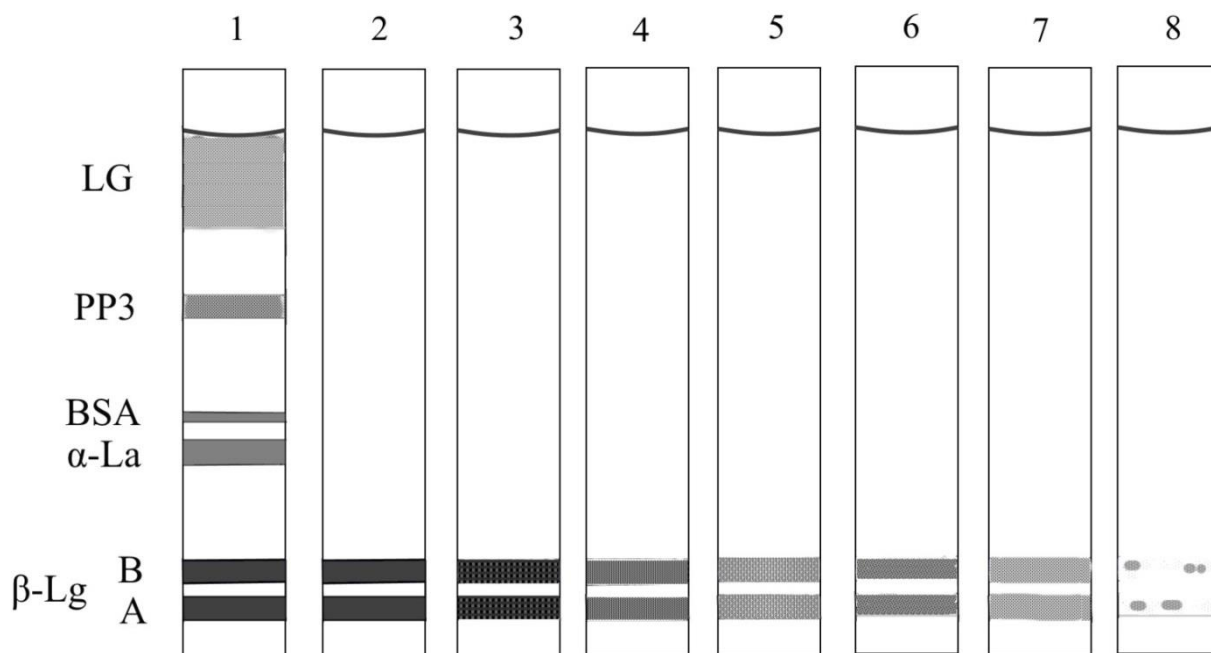


Рисунок 5 – Схеми диск-електрофореграм сироватки молока (1) і β-лактоглобуліну прогрітому 30 хвилин при 40°C (2), 50°C (3), 60°C (4), 70°C (5), 80°C (6), 90°C (7) і 100°C (8).

В даному випадку це негативні заряди. На схемах електрофореграм видно, що зменшення інтенсивності смуги β-лактоглобуліну після прогрівання до температури вище 60°C, що узгоджується з попередніми результатами рис.Х4. Для точної кількісної оцінки електрофоретичних досліджень була проведена денситометрія електрофореграм всіх гелів, як було описано раніше [22,38]. Відносний залишок неденатурованого β-лактоглобуліну розраховували, як відношення площі прогрітого β-лактоглобуліну до площі β-лактоглобуліну без прогрівання, виражене у відсотках. Результати кількісної обробки електрофореграм трьох взірців β-лактоглобуліну представлені в таблиці 12.

Таблиця 12 – Відсоток залишку неденатурованого β -лактоглобуліну за результатами денситометрії електрофореграм.

Взірці β -лактоглобуліну	Фракції протеїнів сироватки молока						
	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
Взірець 1	97	95	93	79	34	9	3
Взірець 2	99	98	95	72	36	7	2
Взірець 3	97	96	90	82	30	5	3
Середнє значення $M \pm m$ (n=3)	97,7± 1,2%	96,3± 1,5%	92,7± 3,6%	77,6± 4,1%	33,3± 4,3%	7,0± 2,0%	2,7± 0,58%

Дані отримані з допомогою диск-електрофорезу теж свідчать про те, що в описаних умовах β -лактоглобулін починає інтенсивно денатурувати після нагрівання до температури більше 60°C.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці та соціальний захист працівників

Охорона праці дає змогу уникнути причин виникнення професійних захворювань, нещасних випадків на виробництві, різного роду аварій, витоку небезпечних речовин, пожеж тощо [51,52]. Вона розробляє систему, яка складається із заходів та спеціальних вимог, що дозволяють усунути ці причини та створити, людини умови праці такі, які є безпечними для працівників [53,58]. Простими словами можна сказати, що ця система зберігає здоров'я і насамперед життя працівників у процесі їх трудової і виробничої діяльності. Вона також включає правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи. Слід зазначити, що охорону праці не можна ототожнювати з технікою безпеки, виробничої санітарією, гігієною праці, електробезпекою чи пожежною безпекою, тому що вони є елементами охорони праці і її складовими частинами [57,58]. На промислових підприємствах розроблена система проведення інструктажу з техніки безпеки, пожежної безпеки та електробезпеки. Для цього створена посада інженера з ОП, який проводить вступний та позачерговий інструктажі у рамках підприємства. Усі працівники, залучені до виробництва молочної продукції, включаючи керівників та фахівців виробництв, обов'язково повинні навчатися, проходити перевірку знань та інструктажі по охороні праці затверджені Законом України № 2694-ХІІ від 14.10.1992 Про охорону праці [52]. У листопаді 2002 року була прийнята нова редакція цього закону, яка відповідає діючим договорам та міжнародним правовим нормам.

Поряд із охороною праці, в Україні також діє соціальне забезпечення найманих працівників та й населення загалом. Інститутом захисту працівників на підприємстві, під діяльність якого попадає весь колектив, виступає профспілкова організація. Вона наділена для цього всіма правами і можливостями. Конкретним

інструментом соцзахисту робітників є колективний договір. Також до цієї системи відносяться контракти, угоди по тарифах та інше. Інваліди, багатодітні сім'ї, особливо у даний час, особи сімей військовослужбовців, які пропали безвісти, загинули або стали інвалідами при проходженні військової служби – є окремими соціально-вразливими об'єктами. Соціальний захист поширюється також і на більш низькі ступені суспільної організації, тобто він охоплює підприємства та приватні організації. Приватні фірми, установи, трудові організації та підприємства, а також кооперативи самі являються інститутами соцзахисту та відіграють неабияку роль у суспільстві. Але в даному випадку існує багато розбіжностей і неточностей щодо їх діяльності та відповідальності. Це не дає змоги комплексно їх охарактеризувати. Звичайна діяльність на виробництві як така, не відповідає за соціальний захист своїх працівників, і в тому числі за їх права і інтереси. Якщо виробниче підприємство ставить перед собою ціль підвищити рівень ефективності виробництва, підвищити якість чи знизити собівартість виробленої продукції і тому подібне, то це в більшості випадків призводить до порушення інтересів та прав працівників. Тому доцільно використовувати інститути для соцзахисту працівників на самих підприємствах. Від так, соціальний захист визначають як систему соціально-економічних, законодавчих та морально-психологічних заборук, що впливають на життя людини із соціальної точки зору. Як правило, соціальний захист побудований на соціальних гарантіях, які фіксуються законодавством [60].

Після того, як був запроваджений воєнний стан по всій території України – були внесені зміни до законодавства, і вже у грудні 2022 року був прийнятий Закон України під номером 2253-ІХ “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо посилення захисту прав працівників” [54]. Законом включає такі пропозиції:

- всі фізичні особи, що використовують найману працю, повинні мати можливість для укладання колективних договорів,
- роботодавець зобов'язаний ознайомити працівників з самим текстом договору,
- якщо роботодавець не надав інформацію працівнику про можливість укладення колективного договору – йому передбачається штраф,

- роботодавець зобов'язаний надати повідомлення у комітет профспілки у разі, якщо планується масове звільнення працівників та інше.

Нові зміни у чинному законодавстві також включають деякі норми, пов'язані із дискримінацією в оголошеннях щодо працевлаштування. У таких вакансіях забороняється висувати вимоги за кольором шкіри, ознаками раси, віку, стану здоров'я, статі, інвалідності, релігійних, політичних та інших переконань, місцем проживання, та іншими соціальними ознаками, напряду не пов'язаними з характером чи умовами виконання роботи.

4.2. Безпека роботи промислових підприємств під час воєнного стану та в надзвичайних ситуаціях

На сьогоднішній день наша держава зіткнулася із складними умовами розвитку соціальної, політичної і економічної сфери у зв'язку із веденням бойових дій та запровадженням воєнного стану. Такий стан вводиться по всій території України або в окремих її областях у разі виникнення прямої агресії із використанням зброї або загрози нападу, коли існує небезпека втрати державності як такої або цілісності територій держави. На час дії стану війни повноваження, необхідні для відсічі загрози і забезпечення порядку громадян, надаються військовим адміністраціям. Також на цей період можуть бути обмежені деякі права і свободи мешканців [56,59]. Воєнний стан запровадив президент України по всій території України 24.02.2022 року своїм указом від 24 лютого 2022 року № 64/2022 "Про введення воєнного стану в Україні" [63]. Його в той же день затвердила Верховна Рада України.

Вплив бойових дій як на економічну, підприємницьку діяльність, роботу промислових підприємств так і на безпеку держави загалом, є дуже негативним. У першу чергу всі сили спрямовуються на обороноздатність країни, особисту і суспільну безпеку людей, а також екологічну безпеку. Саме так, екологічна катастрофа, яка сталася через пошкодження Каховської ГЕС – призвела до масового знищення і зміни рослинних та тваринних унікальних екосистем, у зв'язку із затопленням полів змінилася сільськогосподарська спеціалізація регіону, а в

майбутньому – неможливість їх зрошення, погіршення епідеміологічної ситуації загалом. При оцінці соціальних, екологічних та економічних результатів заходів слід виходити з базових положень інструкції, яку розробив Український інститут державного управління та цивільного захисту. Ці положення були розроблені відповідно до ст. 130 Кодексу цивільного захисту України, де різняться поняття «попередження надзвичайних ситуацій» та «ліквідація надзвичайних ситуацій». Ця інструкція однозначно визначає пріоритетність завдань щодо попередження надзвичайних ситуацій. Під час дії воєнного робиться усе необхідне щоб об'єкти захисту відповідали вимогам і нормам. Завчасні підготовка та виконання цих заходів забезпечить в умовах НС:

- накопичення захисних споруд, як наприклад сховищ, у мирний час та їхню готовність до постійної експлуатації;
- надійну підготовку та своєчасне проведення евакуації населення, розосередження службовців, знизить масштаби руйнувань (пожеж, заражень тощо);
- підготовка засобів хімзахисту, що має вкрай необхідне для захисту населення від хімічної зброї та зброї масового ураження.

Також на об'єктах критичної інфраструктури проводять навчання осіб діям після певних сигналів, що оповіщають («Повітряна тривога», «Радіаційна небезпека», «Хімічна тривога» тощо), а також вчать надавати невідкладну медичну допомогу. У час війни робота служб переважно спрямована на медичне обслуговування потерпілих від бойової агресії, тобто проведення лікувально-евакуаційних заходів. На підприємствах, в тому числі і молокопереробної галузі, для технолологічного процесу холодильних установок використовується аміак. Аміак (NH_3) – газ з гострим, неприємним запахом, молекулярна вага - 17,031, тобто легший за повітря [61]. На таких підприємствах потрібно додатково збудувати укріплення та споруди для захисту ємностей із аміаком від вибухів та пожежі. Якщо все таки відбувся витік аміаку – як тільки пролунала сирена оповіщення, робітники повинні: терміново сховатися у призначених спорудах. В іншому випадку потрібно надіти засоби захисту захисту шкіри, обов'язково протигази, при необхідності прийняти

антидот. Далі проводиться часткова санітарна обробка і використовуються можливі варіанти виходу із зараженої території. Коли населення вийшло за межі зони, обов'язково потрібно пройти повну санобробку і дегазацією одягу. Під час знаходження на зараженій території, цивільні в жодному разі не повинні знімати засоби індивідуального захисту, вживати напої чи їжу, курити і тому подібне.

4.2.1. Утилізація та вплив сироватки на навколишнє середовище

Щодо шкідливого впливу на екологію підприємств молокопереробної галузі – то він може бути як хімічним (як ми вище згадували викид аміаку), так і біологічним, як наприклад, молочна сироватка, яку не допустимо утилізувати разом із стічними водами або тим більше у поля чи водоймища. З точки зору екології – сироватка є дуже небезпечним продуктом для навколишнього середовища. А все тому, що 1 м³ сироватки вилитий у водоймище, по забрудненню рівносильний спущеним у цю водойму сто метрів кубічних побутових стоків. Однією з проблем є те, що сироватка є другорядним продуктом і тому не може зберігатися довго, через загнивання, тому її вивозять у безлюдну місцевість або скидають у каналізацію. Зазначається, що сироватка має “хімічне” споживання кисню – 70 000-80 000 мг О₂/дм³, а таке ж споживання кисню загального стоку в каналізацію не перевищує 3 000 мг О₂/дм³ [40,41]. Тому відбувається значне навантаження на споруди очистки міської каналізації. Теоретично, коли проектують очисні споруди – не враховується наявність сироватки у каналізаційних стоках. За технологією виробництва молочних продуктів, сироватка повинна перероблятися на інші продукти, так як вона багата на вітаміни і мінерали або прямувати на корм тварин в натуральному вигляді. З сироватки можна одержувати харчові продукти, а також багато кормових продуктів: так званий “молочний цукор” у різному вигляді, наприклад сирець, рафінади, суху сироватку, різні кормові суміші, які легко засвоюються, концентровану сироватку, сирну масу, технічний казеїн, різні напої тощо. Як відомо – хліб також виробляють використовуючи сироватку. Для силосування кормів розроблена спеціальна бактеріальна закваска на основі сироватки. Інновацією на даний час є створення

продуктів високого функціонального харчування. Цей напрямок розвивається завдяки виробництву активних біологічних харчових інгредієнтів: пробіотиків і пребіотиків. Наприклад такої пребіоти, як лактулоза – отримується завдяки перетворенню молекули лактози. А останню в свою чергу, отримують із сироватки.

В Україні стоїть не тільки питання з переробки сироватки з точки зору екології і охорони навколишнього середовища, а і її переробка як сировини. Сироватка – це справді дуже перспективна молочна сировина, вміст сухої молочної речовини у ній складає 6.1–6,5%. Тому при такій кількості шляхів використання сироватки як сировини – екологічна проблема тут зовсім не повинна впливати, але в насправді вона існує [62].

Визначення ступеня екологічної небезпеки чи ризику здійснюється екологічною експертизою. Виконавчою комісією відбувається оцінка впливу діяльності переобних підприємств на стан навколишнього природного середовища. На всіх підприємствах санітарно-епідеміологічною службою періодично проводиться контроль за відповідністю стану підприємств потрібним санітарно – гігієнічним нормам.

ВИСНОВКИ

Беручи до уваги вихідні дані, нами було розроблено цех з перероблення 27 т молока незбираного за зміну, обрано та обґрунтовано асортимент молочної продукції. Проведено відповідні технологічні розрахунки, складено схему перероблення молока-сировини, для забезпечення її безвідходного використання. Було розроблено апаратну технологічну схему по виготовленню продуктів, побудовано графік організації процесів виробництва, розраховано площу окремих ділянок цеху та скомпоновано його план.

На основі аналітичного огляду літературних джерел вибрано найбільш перспективні методики електрофоретичного фракціонування і визначення гомогенності білків сироватки, однією із яких є диск-електрофорез. Завдяки цьому методу було досліджено денатурацію різних температур, а й при різних значеннях рН, так як чутливість білків сироватки до теплової денатурації в більшій степені залежить від рН розчину.

Отримання гомогенний препарат β -лактоглобуліну із-за допомогою гелі-фільтрації, що включало декілька стадій: відділення молочного жиру, відділення протеїнів казеїнового комплексу і зрештою відділення високомолекулярних фракцій білків сироватки молока.

Дослідження ступеня денатурації β -лактоглобуліну в розчині за дії різних температур показало, що β -лактоглобулін інтенсивно денатурує після нагрівання його до 60 °С. Також були приведені схеми диск-електрофореграм сироватки молока і β -лактоглобуліну при температурах від 40 до 100°C та графік залежності значень концентрацій неденатурованого β -лактоглобуліну від температур прогрівання.

СПИСОК ВИКРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ

1. Грек О.В. Молокопереробка. Інновації: підруч./ О.В. Грек, О.О. Красуля. – К.: НУХТ, 2017. – 390 с.
2. ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови».
3. ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови».
4. ДСТУ 7357:2013 «Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання».
5. Г. Є. Поліщук, О. В. Грек, Т. А. Скорченко та ін. Технологія молочних продуктів: підруч. – К. : НУХТ, 2013. – 502 с.
6. Машкін М. І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М. І. Машкін, Н. М. Париш. – К.: Вища освіта, 2006. – 351 с.
7. Савченко О.А., Грек О.В., Красуля О.О. Сучасні технології молочних продуктів: Підручник. – К.; ЦП «Компринт», 2018. – 218 с.
8. Славов В. П. Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник / В. П. Славов, О. І. Шубенко, Т. І. Ковальчук. – Житомир: Видавництво ЖДУ ім. І.Франка, 2013. – 208 с.
9. Технологічні розрахунки у молочній промисловості / Поліщук Г.Є., Грек О.В., Скорченко Т.А. та ін.: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2013. – 343 с.
10. Технологія незбираномолочних продуктів: навч. посіб. / Т.А. Скорченко, Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, О.В. Кочубей; за ред.. Т.А. Скорченко. – Вінниця: Нова Книга, 2005. – 264 с.
11. Шевчук Т. В. Біохімія молока і молочних продуктів: Навчальний посібник / Т. В. Шевчук, Г. М. Огороднічук. – Вінниця: ОЦ ВНАУ, 2010. – 88 с.
12. ДСТУ 6082:2009. Молоко та молочні продукти. Методи визначення густини. – Надано чинності 20.01.2009. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009.–15 с.
13. Наказ Державного комітету стандартизації, метрології та сертифікації України № 498 від 30 серпня 2002 р. "Про затвердження Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні"

14. Біохімія молока і молочних продуктів / Курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр» спеціальності 204 «ТВППТ» денної форми навчання / О. С. Крамаренко – МИКОЛАЇВ: 2017. – 20 с.
15. ДСТУ 6066:2008. Молоко та молочні продукти. Методики визначення температури і маси нетто. – Надано чинності 31.12.2008. – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 7 с.
16. К. Савійокі, Х. Ингмер і П. Варманен, "Протеолітичні системи мо-лочнокислих бактерій", Прикладна мікробіологія та біотехнологія, Vol. 71, № 4, 2006, стор. 394-406. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-006-0427-1>.
17. Чабан Г.В. Молочна промисловість: стан, проблеми і перспективи. Економіка АПК. 2013. № 5. С. 51-56.
18. Юкало В. Г. Біологічна активність протеїнів і пептидів молока : монографія / В. Г. Юкало. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 372 с
19. Юкало В. Лабораторний практикум з хімії і фізики молока і молочних продуктів : навч. посіб. Тернопіль : Терноп. нац. техн. ун-т ім. Ів. Пулюя, 2018. 176 с.
20. Електрофоретичний аналіз білків казеїнового комплексу / В. Г. Юкало // Наук. пр. Нац. ун-ту харч. технологій. - 2008. - № 24. - С. 65-67. - Бібліогр.: 9 назв. - укр.
21. Юкало А.В. Біоактивні пептиди протеїнів сироватки молока корів (*Bos Taurus*) / А.В. Юкало, К.Є. Дацишин, В.Г. Юкало // *Biotechnologia Acta*. – 2013. – Т. 6, № 5. – С. 49 – 61.
22. Юкало А.В. Протеїни казеїнового комплексу молока корів (*Bos taurus*) як попередники біологічно активних пептидів / А.В. Юкало, Л.А. Сторож, В.Г. Юкало // *Біотехнологія*. – 2012. –Т. 5, № 4. – С. 21 – 33.

- 23.Столяр, О.Б. Біологічна хімія : навч. посібн. / О.Б. Столяр. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2014. – 368 с.
- 24.Юкало В. Г., Дацишин К. Є., Семенишин Г. М. Характеристика молекулярних мас продуктів протеолізу концентрату сироваткових білків отриманих за дії панкреатину. Наукові праці НУХТ. 2019. Т. 25, № 5. С. 233–239.
- 25.Юкало В. Г., Сторож Л. А. Виділення електрофоретично гомогенної фракції β -CN-5P казеїну коров'ячого молока. Медична хімія. 2007. №2. С. 91–95.
26. Юкало В. Г. Білки казеїнового комплексу коров'ячого молока та продукти їх протеолізу за дії ферментів молочнокислих бактерій: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.04 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2007. 359 с.
27. Юкало В. Г., Луговий Б. Л. Утворення антигіпертензивних пептидів при модельному протеолізі α -казеїну. Фізіологічний журнал. 2000. Т. 46, № 3. С. 78–83.
28. Юкало А. В., Дацишин К. Є., Юкало В. Г. Біоактивні пептиди протеїнів сироватки молока корів (*Bos Taurus*). *Biotechnologia Acta*. 2013. Т. 6, № 5. С. 49–61.
29. Andrews A. T., Alichanidis E. Proteolysis of caseins and the proteose-peptone fraction of bovine milk. *Journal Dairy Research*. 1983. Vol. 50, № 3. P. 275–290.
30. Anusha R., Bindhu O. S. Bioactive Peptides from Milk. *Milk Proteins – From Structure to Biological Properties and Health Aspects* / Ed. I. Gigli I. Rijeka, Croatia : InTech, 2016. P. 101–139.

31. Brew K. α -Lactalbumin. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects* / Eds. P. L. H. McSweeney, P. F. Fox. 4th edn. New York : Springer Science+Business Media, 2013. P. 261–273.
32. Deeth H. C., Bansal N. (eds.) *Whey protein: From Milk to Medicine* (1st edition). London, United Kingdom : Academic Press, 2019. 746 p.
33. Basch, J. J., Douglas, F. W., Procino, L. G., Holsinger, V. H., & Farrell, H. M. (1985). Quantitation of caseins and whey proteins of processed milks and whey protein concentrates, application of gel electrophoresis, and comparison with Harland- Ashworth procedure. *Journal of Dairy Science*, 68, 23-31.
34. Davis B.J. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum protein / B.J. Davis // *Ann N Y Acad Sci.* – 1964. – V. 121. – P. 404 – 427.
35. Assargard U., Larsson C., Norby U. Human α -casomorphin-5 containing peptides in human body fluids. *α -Casomorphins and related peptides : recent developments.* Weinheim : VCH, 1994. P. 247–254.
36. Aït-Oukhatar N., Bouhallab S., Bureau F. Arhan P., Maubois J. L., Bouglé D. L. In vitro digestion of caseinophosphopeptide-iron complex. *Journal of Dairy Research*. 2000. Vol. 67. P. 125–129.
37. Н. Террад, Р. Ноель, Р. Куйо та Р. М. де Ордуња, "Нове середовище певного хімічного складу для винних молочнокислих бактерій", *Food Research International*, Vol. 42, № 3, 2009, стор. 363-367.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2008.12.011>.

38. Cerbulis, J., and H. M. Farrell, Jr, 1975. Composition of milks of dairy cattle. 1. Protein, lactose, and fat contents and distribution of protein fraction. *J. Dairy Sci.* 58:817.
39. Dewit, J. N., and G.A.M. Swinkels. 1980. A differential scanning calorimetric study of thermal denaturation of bovine α -lactoglobulin. *Biochim. Biophys. Acta* 624:40.
40. Швед В.В. Конкуентоспроможність підприємства та особливості їх визначення в сучасних умовах. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2013. Випуск 7/1. С. 92-97.
41. Кравченко, Э.Ф. Рациональное использования молочной сыворотки. *Молочная промышленность*. 2007, №10. С. 55.
42. Кравченко Э.Ф. Рациональное использование молочной сыворотки. *Молочная промышленность*. 2007. № 8. С. 46-48.
43. ДСТУ 4662-2003. Системи управління безпекою харчових продуктів.
44. Біохімія молока і молочних продуктів : курс лекцій / О.С. Крамаренко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 96 с.
45. Н.І. Мезенцева, К.В. Мезенцев. Суспільно-географічне районування України: Навчальний посібник.—К.: ВПЦ "Київський університет", 2000.
46. Збарський В.К. Функціонування фермерських господарств Черкащини / В.К. Збарський // *Бухгалтерія в сільському господарстві*. — 2007. — №23 (200). — грудень. — С. 10—15.
47. Музика П.М., Жидяк О.Р. Суть та особливості форм господарювання у сільському господарстві в ринкових умовах / П.М. Музика, О.Р. Жидяк // *Науковий вісник НЛТУ України*. — 2010. — Вип. 20.1. — С. 120—124.

- 48.Офіційний сайт Головного управління статистики у Черкаській області [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.ck.ukr-stat.gov.ua
49. Структура виробництва молочної продукції України в 2019 році. URL: <http://milkua.info/uk/post/virobniectvo-molocnoi-produkcii-u-sicni-cervni-2019-roku>.
50. Нехаєнко К. Програма лояльності: сучасний зміст, типологія та методи реалізації на ринку B2C. URL: <http://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/25>.
51. Q. Yuan і GT Furuta, "Погляд на алергію на молочний білок: питання мікрооточення", *Gastroenterol*, Vol. 124, № 1, 2003, стор. 259-261.
- 52.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
- 53.Закон № 2694-ХІІ від 14.10.1992 Про охорону праці
- 54.Закон № 2011-ХІІ від 20.12.1991 Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей
- 55.Закон №2253–ІХ від 12 грудня 2022 року "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо посилення захисту прав працівників".
- 56.Чабан Г.В. Молочна промисловість: стан, проблеми і перспективи. Економіка АПК. 2013. № 5. С. 51-56.
- 57.Запорожець О., Азаров С., Сидоренко В. Проблеми безпеки життєдіяльності населення під час військових конфліктів. Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві - освіта, наука, практика : ІІ МІЖНАР. НАУКОВО-ПРАКТ. КОНФ., м. Херсон, 17–18 верес. 2015 р. Херсон, 2015. С. 332.

58. Конституція України від 28 червня 1996 року.
59. Закон України "Про правові засади цивільного захисту", № 1859-IV, 24 червня 2004 року.
60. Кафедра охорони праці, промислової та цивільної безпеки | Офіційний сайт.
URL: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/Лекц_я-4.pdf (дата звернення: 09.11.2023).
61. Шудренко І. В. Цивільний захист : навч. посіб. / І. В. Шудренко. – Житомир : Житомирський національний агроекологічний університет, 2014. – 248 с.
62. Обережно аміак! Пам'ятка населенню! [Електроний ресурс]/ Уманська районна державна адміністрація черкаської області. URL: <https://uman-rda.gov.ua/oberezhno-amiak-pamyatka-naselennju-13-14-19-25-10-2017/>
63. Характеристика молочной сыворотки и использование ее составных частей в продуктах питания: методические указания к изучению дисциплины «технология молока и молочных продуктов / А.Г. Храмцов, С.В. Василюк, С. А. Рябцева, П. Г. Нестеренко. – Ставрополь: СГТУ, 1999. – 41 с.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



**ХІІ МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**
**"Наукові проблеми харчових технологій та промислової
біотехнології в контексті євроінтеграції"**

ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ МАТЕРІАЛІВ

7 листопада 2023 р.

КИЇВ НУХТ 2023

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

7 листопада 2023 року

- 10⁴⁵ – 11⁰⁰ – реєстрація учасників конференції
11⁰⁰ – 11¹⁵ – урочисте відкриття конференції
11¹⁵ - 11³⁰ –реєстрація на секції
11³⁰ - 14⁰⁰ –робота секцій
14³⁰ - 15¹⁰ –круглий стіл з підведенням підсумків роботи конференції

Голова оргкомітету

Олександр ШЕВЧЕНКО – ректор Національного університету харчових технологій, д-р. техн. наук, професор

Заступники голови

Сергій ТОКАРЧУК – проректор з наукової роботи НУХТ, канд. техн. наук, доцент

Андрій МАРИНІН – завідувач Проблемною науково-дослідною лабораторією НУХТ, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.

Секретар конференції

Василь ПАСІЧНИЙ, завідувач кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів НУХТ, д-р. техн. наук, професор

Члени технічного комітету конференції:

Олександр ГАВВА – завідувач кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв НУХТ, д-р. техн. наук, професор

Володимир КОВБАСА – завідувач кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ, д-р. техн. наук, професор

Віктор СТАБНИКОВ – завідувач кафедри біотехнології і мікробіології НУХТ, д-р. техн. наук, професор

Валерій МИХАЙЛОВ – проректор з наукової роботи Державного біотехнологічного університету, д-р. техн. наук, професор

Тетяна ПИРОГ – професорка кафедри біотехнології і мікробіології НУХТ, д-р. біол. наук, професор

Тамара НОСЕНКО – завідувачка кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів, д-р. техн. наук, професор

Володимир ЮКАЛО – професор кафедри харчової біотехнології і хімії Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, д-р. біол. наук, професор

УДК 637.344.8

54. ВПЛИВ НАГРІВАННЯ НА НАТИВНИЙ β -LG КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА

В.Г. Юкало, К.Є. Дацишин, Р.В. Береговий

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Тернопіль, Україна*

Основним протеїном сироватки коров'ячого молока є β -лактоглобулін (β -lg), де він становить близько половини від усіх протеїнів. Це типовий глобулярний білок.

В молоці при значенні рН близько 6,6 він утворює димери. В кислій сироватці при значеннях рН в межах 3,5-5,5 β -lg утворює октамери. Утворення надмолекулярних структур пов'язано з участю вільних сульфгідрильних груп (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney, & O'Mahony, 2015). За своїм амінокислотним складом β -lg відноситься до повноцінних протеїнів.

Також в останніх дослідженнях показано, що цей протеїн виконує декілька важливих біологічних функцій. До них можна віднести транспорт і захист вітамінів А і D в травному тракті, зв'язування жирних кислот і вплив на активність ліпази.

Окрім цього, β -lg є джерелом великої кількості вторинних біоактивних сполук – пептидів, які утворюються при дії на нього протеолітичних ензимів травного тракту (Юкало, 2021).

Проявлення біологічної дії β -lg пов'язано з його нативною структурою. Проте, при переробці молока використовуються різні види нагрівання, які можуть негативно впливати на біологічну активність β -lg.

В зв'язку з цим актуальним є питання впливу різної температури на денатурацію нативного β -lg.

Метою нашої роботи було дослідження впливу різної температури нагрівання нативного β -lg коров'ячого молока на його денатурацію.

Знежирене непастеризоване молоко отримували із ПрАТ «Тернопільський

молокозавод». Сироватку виділяли зі знежиреного молока після ізоелектричного осадження казеїну.

Нативний β -lg виділяли з сироватки з допомогою гель-фільтрації на декстранових гелях. При цьому використовували повторну гель-фільтрацію із виділенням секторів на хроматограмах для отримання загальної фракції очищеного препарату β -lg (Yukalo, Datsyshyn, & Storozh, 2019a).

Фракційний склад препаратів нативного β -lg і також його взірців після нагрівання аналізували з використанням експрес-електрофорезу, як описано раніше (Yukalo, Datsyshyn, & Storozh, 2019b).

Концентрацію протеїнів сироватки і β -lg визначали спектрофотометрично з використанням відповідних коефіцієнтів поглинання в ультрафіолетовій області спектру (Юкало, 2021).

В результаті проведених досліджень отримано електрофоретично чистий препарат β -lg в нативних умовах. Прогрівання розчину β -lg в діапазоні температур від 60⁰C до 100⁰C з кроком 5⁰C дозволило встановити діапазон в якому проходить денатурація β -lg. Це дозволило рекомендувати допустиму температуру ($\leq 60^0$ C) його нагрівання для збереження нативної структури і відповідно біологічної активності.

Список літератури

Fox, P.F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L.H., & O'Mahony, J.A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry* (2nd ed.). New York: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-14892-2.

Yukalo, V., Datsyshyn, K., & Storozh, L. (2019a). Obtaining of β -lactoglobulin by gel filtration of cow milk whey. *EUREKA: Life Sciences*, 2, 33–39.

Yukalo, V., Datsyshyn, K., & Storozh, L. (2019b). Electrophoretic system for express analysis of whey protein fractions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/11 (98), 37–44.

Юкало В.Г. *Біологічна активність протеїнів і пептидів молока: монографія*. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 372 с.

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



VI МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

27-28 квітня 2023 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2023

ББК 72 : 34 (Укр)
МЗ4

Матеріали VI Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 27-28 квітня 2023 р.), 2023.- 359 с.

В збірнику друкуються матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (27-28 квітня 2023 р.) за наступними науковими напрямками:

культура і мистецтво; гуманітарні науки; соціальні та поведінкові науки; управління та адміністрування; природничі науки; математика та статистика; інформаційні технології; механічна інженерія; електрична інженерія; автоматизація та приладобудування; хімічна та біоінженерія; електроніка та телекомунікації; виробництво та технології; архітектура та будівництво; аграрні науки та продовольство; сфера обслуговування; транспорт.

Редакційна колегія:

д.е.н. Богдан Андрушків, д.т.н. Олег Ляшук, д.т.н. Ігор Стадник, д.ф.н. Анатолій Довгань, д.ф.н. Андрій Криськов, д.т.н. Володимир Андрійчук, д.т.н. Анатолій Лупенко, д.т.н. Сергій Лупенко, д.т.н. Ігор Луців, к.ф.-м.н. Михайло Михайлишин, д.т.н. Михайло Пилипець, к.ф.н. Василь Ніконенко, д.т.н. Роман Рогатинський, д.т.н. Петро Стухляк, д.т.н. Михайло Назамар, д.е.н. Наталія Кирич, д.т.н. Микола Підгурський, д.т.н., Микола Приймак, д.т.н. Василь Васильків, д.б.н. Володимир Юкало, д.б.н. Олег Покотило, д.т.н. Богдан Яворський, к.ф.-м.н. Борис Шелестовський, д.ф.-м.н. Василь Кривень, д.т.н. Павло Марущак, д.е.н. Олена Пацухник, д.е.н. Володимир Фалович, д.т.н. Тетяна Вітенько, д.т.н. Чеслав Пулька, д.т.н. Віктор Барановський, д.ф.-м.н. Михайло Петрик, д.е.н. Роман Шерстюк.

Комп'ютерний набір, верстка та редагування:
науковий секретар Ігор Окіпний

Адреса конференції:
46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя
e-mail: snt@ntu.edu.ua
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Секція:

Хімічна та біоінженерія

УДК 637.12.3

Береговий Р. – ст. гр. МЛМд-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

БУДОВА І ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ СИРОВАТКИ МОЛОКА

Науковий керівник: д.б.н., проф. Юкало В. Г.

Berehovyv R.

Terнопil Ivan Puluj National Technical University

STRUCTURE AND PROPERTIES OF WHEY PROTEINS

Supervisor: Yukalo V.

Ключові слова: молоко, білки сироватки

Keywords: milk, whey proteins

Молоко є джерелом поживних речовин, важливих для життєдіяльності організму. До його складу входять понад сто компонентів, основні з яких: вода, білки (казеїн, білки сироватки), лактоза, мінеральні речовини, гормони, вітаміни, ферменти та інші. Спрямований біоенергетичний вплив на молоко як на складну полідисперсну систему призводить до її поділу на білково-жировий концентрат (сир, казеїн) і фільтрат (молочну сироватку). Молочна сироватка має харчову, біологічну цінність, особливий хімічний склад, фізико-хімічні властивості, оптичні, теплофізичні властивості та електрофізичні характеристики.

Вміст загального білка в молоці становить ~3,5 %. За таким критерієм, як розчинність, білки молока поділяються на дві великі групи: білки сирого знежиреного молока (казеїни), які за рН ~4,6 і температури 20 °С випадають в осад. Їх приблизно - 80 %, і білки, що залишаються за цих умов у розчиненому стані ~20 %, їх називають білками сироватки. Після осадження казеїну з молока кислотою у сироватці залишається близько 0,6% білків сироватки.

Білки молочної сироватки і поліпептиди мають противірусні, антиоксидантні, раптозаговальні, імуномодулюючі та бактеріостатичні властивості. Ці білки є біологічно активні, їх у коров'ячому молоці - близько 20 % від загального вмісту білка. Вони також мають велику харчову та біологічну цінність і виступають як перспективна сировина в процесі виробництва продуктів лікувального та профілактичного призначення. Варто зазначити, що у жіночому молоці їх міститься близько 80% від загального вмісту білка, тому за білковим складом сироватка молока більше подібна до жіночого. Біологічна цінність цих білків перевищує навіть цінність білка курячого яйця, тому що для покриття добової потреби людини в незамінних амінокислотах потрібно 28,4 г загального білка коров'ячого молока, 17,4 г яєчного і 14,5 г білка сироватки в нативному стані.

Білки сироватки молока мають здатність емульгувати жири, зв'язувати і утримувати воду, що дає змогу покращувати структурні та органолептичні властивості харчових продуктів. Та попри це, ці білки втрачають значні функціональні властивості в процесі переробки молочної сировини. Більшість білків сироватки - термолабільні, тобто вони починають денатурувати й утворювати осад вже за температури >70 °С.

