

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології поводження з
вторинними ресурсами на підприємстві
молочної промисловості**

Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу (ХТз-1-20),
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Олександр ЧЕРКАНОВ

Керівник: _____ Олександр ПІВОВАРОВ

Рецензент: _____

Дніпро 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 Харчові технології

Затверджую:

Завідувач кафедри харчових технологій

к.т.н., доцент _____ Віталій КОШУЛЬКО

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Черканову Олександрю Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології поводження з вторинними ресурсами на підприємстві молочної промисловості», керівник роботи Півоваров Олександр Андрійович, д.т.н., професор – затверджені наказом ректора від « _____ » _____ 2025 р. № _____.

2. Термін здачі закінченої роботи: «_____» _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: загальні відомості про підприємства молочної промисловості; нормативна, довідникова, наукова документація і література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Огляд літературних джерел за темою досліджень; 2. Матеріали та методи досліджень; 3. Результати дослідження, їх аналіз та обґрунтування; 4. Охорона праці та техніка безпеки при роботі підприємств молочної промисловості; Загальні висновки; Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу: презентація результатів кваліфікаційної роботи у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел за темою досліджень	16 травня 2025 р.	
2	Матеріали та методи досліджень	23 травня 2025 р.	
3	Результати дослідження, їх аналіз та обґрунтування	30 травня 2025 р.	
4	Охорона праці та техніка безпеки при роботі підприємств молочної промисловості	4 червня 2025 р.	
5	Вступ, висновки, бібліографія, підготовка презентації	6 червня 2025 р.	

Дата видачі завдання: « _____ » _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ (Олександр ЧЕРКАНОВ)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Олександр ПІВОВАРОВ)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1. Вторинні ресурси молочної промисловості	9
1.2. Загальні відомості про класифікацію вторинних сировинних ресурсів та відходів	10
1.3. Характеристика вторинних ресурсів та відходів молочної промисловості	11
1.4. Міжнародний досвід використання вторинних ресурсів і побічних продуктів молочної промисловості	21
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
2.1. Нормативи утворення вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості	25
2.2. Перспективні методи використання вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості	28
2.3. Оцінка технологічних процесів виробництва харчових продуктів за ступенем маловідходності та безвідходності	30
2.4. Методичні основи зниження забруднень молочної промисловості на компоненти навколишнього природного середовища	34
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЇХ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ...	38
3.1. Обґрунтування перспективних технологічних процесів переробки вторинних ресурсів молочної промисловості	38
3.2. Забруднення відходами молочної промисловості різних компонент довкілля	44

3.3. Технологічні розрахунки роботи підприємства молочної промисловості	50
3.4. Технологічний розрахунок лінії молокозаводу продуктивністю 50 т/добу з утворенням вторинних сировинних ресурсів	59
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ ПІДПРИЄМСТВ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	63
4.1. Основні небезпеки та шкідливі виробничі фактори на підприємстві молочної промисловості	63
4.2. Основні заходи з охорони праці та техніки безпеки на підприємствах молочної промисловості	65
ВИСНОВКИ.....	67
БІБЛІОГРАФІЯ.....	70

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 71 сторінку тексту, 9 рисунків та 9 таблиць. Загальна структура роботи складається з 4 основних розділів.

Метою досліджень є аналіз та обґрунтування технології поводження з вторинними сировинними ресурсами на підприємстві молочної промисловості.

Для досягнення мети було поставлено та вирішено наступні основні завдання:

- проаналізовані технологічні особливості роботи підприємств з переробки сирого молока та виробництва молочних продуктів;
- дослідженні перспективні технології та напрями використання вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості у контексті розвитку циркуляційної економіки;
- обґрунтуванні раціональні технологічні рішення та розраховані параметри утворення і повторного використання вторинних ресурсів молочної промисловості;
- розглянуті питання забезпечення належного рівня техніки безпеки та охорони праці на підприємствах молочної галузі.

Об'єктом дослідження є процес утворення та ефективного використання вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості.

Предметом дослідження є обґрунтування технологічних рішень та техніко-економічних параметрів залучення вторинних ресурсів (відходів) підприємств молочної промисловості у виробництво та зниження рівня негативного впливу на довкілля.

Ключові слова: ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПЕРЕРОБКА МОЛОКА, ВІДХОДИ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.

ВСТУП

Молочна промисловість України є важливою галуззю агропромислового комплексу, яка забезпечує населення основними молочними продуктами. Однак, вона стикається з низкою викликів, пов'язаних як з обсягами переробки, так і з управлінням відходами.

Основними джерелами для переробки значних обсягів сирого молока є як великі агрохолдинги, так і приватні домогосподарства. З переробленого молока виробляється широкий асортимент продуктів, включаючи:

- ✓ питне молоко: пастеризоване, ультрапастеризоване, стерилізоване;
- ✓ кисломолочні продукти: кефір, йогурт, сметана, ряжанка, простокваша, сир кисломолочний;
- ✓ сири: тверді, напівтверді, м'які, плавлені;
- ✓ масло вершкове;
- ✓ сухе молоко: знежирене та незбиране;
- ✓ морозиво.

У процесі переробки молока утворюється значна кількість відходів, які можна класифікувати на кілька типів. *Рідкі відходи (молочна сироватка)* – найбільший обсяг відходів, що утворюється при виробництві сирів та кисломолочного сиру; вона містить лактозу, білки, мінеральні солі та вітаміни. *Промивні води* – утворюються при митті обладнання, тари та приміщень; містять залишки молока та миючих засобів. *Конденсат* – утворюється при випаровуванні вологи з молока під час виробництва сухого молока. *Тверді відходи* – осади та шлами при очищенні стічних вод; пакувальні матеріали, тара з-під молока та молочних продуктів; залишки некондиційної продукції.

Неправильна утилізація молочних відходів створює значні екологічні проблеми. Перш за все це забруднення водних ресурсів. Рідкі молочні відходи, особливо сироватка, мають високе органічне навантаження (високий показник біологічного та хімічного споживання кисню – БСК та ХСК). Скидання їх без

належної очистки у водойми призводить до евтрофікації, зниження рівня кисню, загибелі риби та інших водних організмів.

Забруднення ґрунту, як правило, викликане несанкціонованим скиданням відходів на ґрунт та може призвести до його закислення, зміни структури та забруднення важкими металами з миючих засобів.

Розклад органічних речовин у відходах призводить до виділення неприємних запахів та парникових газів, таких як метан, що значно забруднює атмосферне повітря.

На сучасному рівні розвитку технологій відходи – це втрачені ресурси, які могли б бути перероблені на цінні продукти. Українська молочна промисловість потребує подальшої модернізації та впровадження сучасних технологій утилізації і переробки відходів як вторинної сировини.

Законодавче регулювання та контроль: Посилення контролю за дотриманням екологічних норм та стимулювання підприємств до впровадження «зелених» технологій. Розвиток циркулярної економіки та відповідального ставлення до довкілля є ключовими для сталого розвитку молочної промисловості України.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Вторинні ресурси молочної промисловості

Молочна промисловість базується на молоці як основній сировині. Молоко – це складна полідисперсна система, де вода становить 83-89% і є дисперсним середовищем [2-6]. Дисперсна фаза складається з:

- грубих дисперсій молочного жиру та ліпопротеїнових частинок;
- тонкої колоїдної системи казеїнових часток;
- молекулярних іонізованих розчинів сироваткових білків, низькомолекулярних азотистих речовин, лактози та солей.

Хімічний склад молока не є стабільним. Він коливається залежно від породи худоби, періоду лактації, а також умов утримання та годівлі тварин. Наприклад, вміст жиру в молоці великої рогатої худоби зазвичай становить 2-6%. До основних видів продукції молочної галузі належать:

- продукція з незбираного молока;
- кисломолочні продукти;
- вершкове масло;
- сир;
- молочні консерви;
- сухе молоко;
- морозиво.

1.2. Загальні відомості про класифікацію вторинних сировинних ресурсів та відходів

При переробці молока утворюються вторинні сировинні ресурси – знежирене молоко, маслянка, молочна сироватка, які за прийнятою в галузі термінологією відносяться до побічної продукції, і відходи – ополоски, шлам сепараторів, зачистки, розсіпки та ін. [2-6, 9-12]

За технологічними стадіями одержання ВСП можна класифікувати:

- ✓ ті, які одержані на первинній стадії обробки сировини - знежирене молоко, ополоски;
- ✓ ті, які одержані на вторинній стадії переробки сировини - молочна сироватка, маслянка, шлам сепараторів, ополоски;
- ✓ ті, які одержані на промисловій стадії переробки вторинних ресурсів - шлам і ополоски сепараторів, пригар і ополоски пастеризаторів, конденсат вторинних парів при вакуум-випаровуванні, пригар і пил при сушінні, фільтрат, альбумінове молоко, меляса, відпрацьована біомаса дріжджів.

За матеріалоемністю ВСП і відходи можуть бути великотоннажні - знежирене молоко, молочна сироватка, маслянка, конденсат вторинних парів і малотоннажними - все інше.

За ступенем використання побічні продукти і відходи можна класифікувати на ті, *які використовуються, використовуються частково і не використовуються.*

До побічних продуктів і відходів, які використовуються, відносяться: знежирене молоко, молочна сироватка, маслянка, альбумінове молоко, білкова маса, меляса, барда.

До тих, які не використовуються або використовуються частково, належать: ополоски цистерн і технологічного обладнання (сепараторів, пастеризаторів, трубопроводів та ін.), пригар, пил, санітарний брак, відпрацьовані миючі розчини, конденсат вторинних парів, фільтрат, сироватка.

1.3. Характеристика вторинних ресурсів та відходів молочної промисловості

Знежирене молоко отримують шляхом сепарування незбираного молока, тобто видалення з нього молочного жиру. Вміст сухих речовин (СР) у знежиреному молоці в середньому становить 8,8%. Цей показник залежить від початкового вмісту сухих речовин у незбираному молоці. Зокрема, знежирене молоко містить:

- молочного жиру – 0,05%;
- білків – 3,2%;
- лактози – 4,8%;
- мінеральних речовин – 0,75%.

Знежирене молоко є джерелом білків високої біологічної цінності. Ці білки легко засвоюються організмом, розщеплюючись і всмоктуючись безпосередньо зі шлунка в кров. Крім того, 1 кг сухого знежиреного молока містить 110 мг холіну – важливої ліпотропної та антиатеросклеротичної речовини. Молоко також вирізняється повноцінним амінокислотним складом.

Середня енергетична цінність знежиреного молока становить 1440 кДж/кг (або 343 ккал/кг). Його кормова цінність дорівнює 19,4% перетравного протеїну.

Маслянка – це побічний продукт, що утворюється під час виробництва вершкового масла. Її фізико-хімічні характеристики залежать від обраного методу виготовлення та різновиду масла.

Вміст сухих речовин (СР) у маслянці становить у середньому 8,9%, зокрема:

- білків — 2,9-3,2%;
- молочного жиру — 0,4-0,7%;
- лактози — 4,7%;
- мінеральних речовин — 0,6-0,7%;

- холестерину — 20-39 мг%;
- фосфоліпідів — 130-210 мг%.

Завдяки своєму хімічному складу та смаковим якостям маслянка є продуктом із підвищеною харчовою цінністю. Її середня енергетична цінність становить 1600 кДж/кг (або 362 ккал/кг). Вимоги до маслянки як сировини визначені в технічних умовах ТУ 49-1178-85 «Маслянка-сировина».

Молочна сироватка – це побічний продукт, який утворюється під час виробництва кисломолочного та сичужного сиру, а також казеїну. Її склад і властивості залежать від виду основного продукту, технології його виготовлення та реагентів, що використовуються.

У процесі виробництва в сироватку переходить до 50% сухих речовин молока. В середньому молочна сироватка містить 6,0% сухих речовин, з них:

- білкових речовин – 0,7%;
- молочного жиру – 0,1%;
- лактози – 4,5%;
- мінеральних солей – 0,5%;
- молочної кислоти – 0,2%.

Важливе технологічне значення має вуглеводний склад сироватки, де головним компонентом є лактоза, а також моносахариди (глюкоза та галактоза). Білкові речовини сироватки, такі як β -лактоглобулін, α -лактоальбумін та імуноглобулін, теж відіграють ключову роль. Детальний склад різних видів молочної сироватки наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Відсотковий склад молочної сироватки, %

Речовина	Вид сироватки		
	підсирна	сирна	казеїнова
Сироватковий білок	1	0,8	1
Лактоза	4	3,5	4
Жир	0,1	0,2	0,1
Мінеральні речовини	0,5	0,6	0,5

Молочна сироватка є продуктом високої харчової цінності. Її середня енергетична цінність становить 1010 кДж/кг (або 242 ккал/кг). Кормова цінність сироватки сягає 20% перетравного протеїну. Вимоги до якості молочної сироватки як сировини регламентуються технічними умовами ТУ 10-02-02-3-87 «Сироватка молочна».

Меляса. При виробництві молочного цукру в якості вторинної сировини утворюється меляса, яка містить від 15 до 30% лактози, до 6% білка, 10-15% мінеральних солей. Мелясу повністю використовують при виробництві молочного цукру-сирцю, а також кормових добавок.

Барда. При виробництві етилового спирту з сироватки утворюється барда, яка містить 1,1% СР. Барда використовується при вирощуванні кормових дріжджів, у свіжому вигляді направляється на корм худобі або переробляється в суху збагачену барду.

Альбумінове молоко. Під час виробництва молочного цукру білки відокремлюють із сироватки за допомогою теплової коагуляції та відстоювання. У результаті цього процесу утворюється так зване «альбумінове молоко». Альбумінове молоко містить до 81% сухих речовин (СР), з яких до 3% припадає на білок. Переважно його використовують на кормові цілі.

Ополоски – це рідини, які утворюються під час миття обладнання та транспортної тари майже на всіх етапах молочного виробництва. Вони містять залишки молока. Якісний та кількісний склад ополосків залежить від кількох факторів:

- властивостей початкової сировини та продукції, при виробництві або транспортуванні якої вони утворилися;
- характеристик та умов експлуатації обладнання, транспортних засобів та інших пристроїв, з якими ополоски контактували.

Деякі дані щодо кількості ополосків та їхнього забруднення наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Кількість ополосків від різного типу обладнання та транспорту і їх забрудненість на підприємствах молочної промисловості

Вид обладнання	Ємність, продуктивність (т/год або м ³)	Вид продукції	Маса залишків в 1 м ³ (кг)	ХСК, кг О ₂ /л
Автомолокоцистерни	6,3	Молоко, що заготовл.	6,5	0,32
Резервуар вертикальний	10	Вершки 20%	5	0,08
Резервуар вертикальний	25	Молоко знежирене	1,1	0,026
Резервуар вертикальний	50	Молоко 3,2%	0,86	0,046
Резервуар горизонтальний	10	Молоко 2,5%	2,8	0,13
Пастеризаційно- охолоджувальні установки	5	Молоко, що заготовл.	11,54	0,576
Пастеризаційно- охолоджувальні установки	10	Молоко, що заготовл.	6,67	0,333

Галузеві нормативні документи (НД) вимагають збору ополосків після технологічних операцій. Збір може здійснюватися різними способами:

- стіканням;
- виштовхуванням водою, повітрям або знежиреним молоком;
- шляхом ополіскування (особливо після роботи з в'язкими продуктами, такими як кефір, сметана, згущені продукти).

Перші ополоски, як правило, містять 0,5-1,0% сухих речовин (СР). Для подальшого використання ополосків на кормові цілі доцільно збирати саме

концентровані ополоски з вмістом СР не менше 3-5%. Склад та властивості ополосків, що використовуються для годування худоби, наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Склад і властивості ополосків, що використовуються на корм худобі у галузі сільського господарства

Складові компоненти корму	Вміст				Споживання O ₂ , г O ₂ /л	
	лактози	білка	жиру	мінеральних речовин	ХСК	БСК
Цільномолочні ополоски	1,6	0,95	1,12	0,23	63	53
Кисломолочні ополоски	1,4	1,07	1,05	0,31	65	55
Сироватка сирна натуральна	4,1	0,48	0,14	0,59	70	59

З огляду на широкий асортимент продукції та різноманітність обладнання, що використовується в молочній промисловості, кожен молочний завод має розробляти індивідуальні схеми збору концентрованих ополосків.

При зборі перших ополосків можна використовувати сигналізатори розділу середовищ вода-молоко, наприклад, типу КВМ-25. Це допомагає запобігти надмірному розведенню ополосків водою. Розроблено наукові основи для збору концентрованих ополосків та інших виробничих відходів. Створено систему алгоритмів і програму для розрахунку якісних та кількісних характеристик відходів, які утворюються на різних типах обладнання. Це дозволяє оптимізувати схему збору відходів на конкретному підприємстві. На рисунку 1.1 можна побачити діаграму, яка дозволяє оцінити доцільність збору концентрованих ополосків з окремих цехів та ділянок одного з підприємств.

Іншим варіантом використання змивних вод є їхнє сквашування молочнокислими бактеріальними культурами. Отримана таким чином

продукція, що застосовується як корм, має лікувально-профілактичні властивості. Вона сприяє пригніченню шкідливої мікрофлори та покращує функціонування шлунково-кишкового тракту тварин.

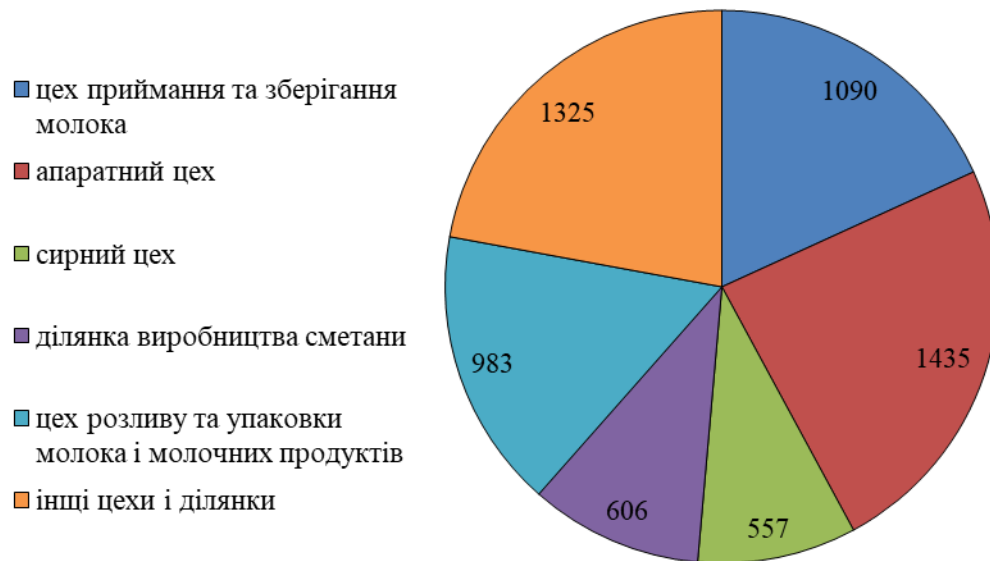


Рисунок 1.1. Структура утворення відходів молочного заводу продуктивністю 50 т/добу, кг [13]

Ультрафільтрати (пермеати). Мембранні процеси широко застосовуються для вибіркового поділу компонентів молочної сировини, як-от незбиране та знежирене молоко, маслянка та сироватка.

Найпопулярнішим серед них є процес ультрафільтрації (УФ). Це метод молекулярної фільтрації, що використовує напівпроникні мембрани з розміром пор від 10 до 100 нм. Ці мембрани здатні затримувати розчинені компоненти з молекулярною масою від 10 000 Дальтон і вище.

Під час ультрафільтрації молочної сировини відбувається вибіркова концентрація її високомолекулярних складових (жир, білок), тоді як більшість низькомолекулярних речовин (лактоза, мінеральні речовини, небілкові азотисті речовини) переходять у фільтрат, відомий як пермеат.

На сьогодні у вітчизняній та міжнародній практиці існує кілька напрямків використання та переробки пермеату молочної сировини. Основні з них включають виробництво:

- харчових продуктів;

- хімічних речовин;
- кормів для сільськогосподарських тварин;
- використання на технічні цілі.

Найбільш раціональним вважається використання пермеату на харчові цілі, оскільки це сприяє підвищенню ступеня використання поживних компонентів молока для харчування людини. У випадках, коли виробництво харчових продуктів з пермеату з певних причин неможливе, його необхідно використовувати для інших цілей, зокрема на кормові. Використання та переробка пермеату молочної сировини є такою ж актуальною проблемою, як і переробка сироватки. Адже за відсутності умов для переробки пермеат потрапляє до каналізаційних систем, значно збільшуючи загальне забруднення стічних вод. Біологічне споживання кисню (БСК) 1 літра пермеату становить 50 г O₂. Одночасно з цим втрачаються цінні компоненти, що містяться в пермеаті (кормова цінність 1 кг пермеату становить 0,084 кормових одиниць).

Розроблено технологію комплексного використання пермеату, перших змивних вод, шламу сепараторів та побічного продукту (сироватки) – на кормові цілі. Прикладом є НД «Корм рідкий для свиней з відходів молочного виробництва» ТУ 10.02-801-89. Кормова цінність такого рідкого корму становить 0,074-0,075 кормових одиниць.

Шлам сепараторів – це залишок, що утворюється під час очищення сирого молока на сепараторах-молокоочищувачах, а також при сепаруванні незбираного молока, жирної сирної та підсирної сироватки.

Залежно від використовуваного обладнання, розрізняють два типи шламу:

- від саморозвантажувальних сепараторів;
- від сепараторів періодичної дії.

Ці типи шламу відрізняються за складом (табл. 1.4). Шлам від саморозвантажувальних сепараторів складається із суміші сепараторного залишку та змивної води, яка використовується для автоматичного

вивантаження з барабана сепаратора. Кількість такого шламу в середньому становить:

- 3,15 кг/т при очищенні молока та сепаруванні вершків;
- 6 кг/т при сепаруванні сирної сироватки;
- 11 кг/т при сепаруванні підсирної сироватки.

Шлам із сепараторів періодичної дії видаляється вручну. Наведені дані підтверджують поживну та біологічну цінність шламів. Однак, шлам, що утворюється при очищенні та сепаруванні сирого молока, наразі не використовується в Україні через санітарно-гігієнічні аспекти та відсутність спеціального вітчизняного обладнання. Натомість шлам, отриманий при сепаруванні сирної та підсирної сироватки, а також при виробництві молочного цукру із сироватки, що пройшла ультрафільтрацію, реалізують сільському господарству в суміші з альбумінним молоком або мелясою.

Таблиця 1.4. Склад шламів сепараторів підприємств молочної промисловості

Показник	Сепаратори періодичної дії	Саморозвантажувальні сепаратори		
		Очистка та сепарування молока	Сепарування	
			сирної сироватки	підсирної сироватки
Сухі речовини, %	27-36	6-7,5	3,6-10,3	4,3-8
Білок, %	25-30	1,8-2,5	1,5-6,5	1,4-1,85
Жир, %	1,4-3,3	0,2-0,32	0,2-0,9	0,15-0,2
Лактоза, %	-	2,15-2,8	1,8-4	2-4
Вода, %	64-73	92,5-94	89,4-96,4	94,3-96,7
ХСК, г O ₂ / кг	351,9-486,7	79,6-103,3	41-112	56-81,8
БСК, г O ₂ / кг	281,6-389,6	63,3-83,4	32,8-89,6	42-64,4

Виробничо-санітарний брак – брак утворюється внаслідок низки причин на молочних підприємствах, зокрема:

- протікання обладнання, трубопроводів, тари;
- переливи та розсипання залишків продуктів під час зачистки масла, кисломолочного та сичужного сиру;
- залишки сировини під час аварійних ситуацій;
- псування сировини та продукції;
- пригорання сухих молочних продуктів.

Використання відходів від протікання залежить від їхньої кількості та ступеня забрудненості. Якщо молоко, вершки, маслянка чи сироватка зібрані в санітарно оброблену тару, їх можна пастеризувати й використовувати для виробництва харчових продуктів. У разі невеликої кількості таких відходів, їх доцільно використовувати на кормові цілі. Для мінімізації протікань необхідно регулярно налаштовувати обладнання та посилити контроль за виробничим процесом.

Переливи виникають через порушення правил наповнення ємностей. Склад відходів, що утворюються при переливах, залежить від виду сировини або продукту. Основними причинами переливів є:

- неправильний розрахунок об'єму технологічних ємностей;
- відсутність або недостатній перетин переливного трубопроводу;
- відсутність збірних або резервних ємностей під переливним трубопроводом;
- несправність трубопровідної арматури, насосів, датчиків верхнього рівня (для вимкнення насосів);
- недотримання правил наповнення ємностей.

Цей тип відходів має випадковий характер, і його використання залежить від кількості та харчової цінності продукту. Переливи, зібрані в чисті ємності, після санітарної обробки можуть бути використані на харчові цілі. Забруднені переливи використовують на корм.

Розсіпки – це неминучі або випадкові втрати сипучих молочних продуктів, що виникають через порушення технологічного процесу чи неминуче розпилення. Наприклад, порушення технологічних правил може призвести до розсіпання сирного згустку та сирного зерна під час пресування. При розфасовці також трапляються розсіпки молочного цукру та інших сухих молочних продуктів. Наразі ці розсіпки використовують на корм худобі.

Вдосконалення обладнання для виробництва молочних продуктів допомагає мінімізувати або навіть повністю усунути виробничо-санітарний брак, що виникає через переливи, протікання та розсіпки.

Під час сушіння молочних продуктів утворюється пил. Частина цього пилу втрачається, виноситься гарячим повітрям в атмосферу, а частина осідає на стінках сушарок. Причинами утворення пилу є порушення технологічних інструкцій сушіння та недосконалість параметрів сушіння. Пил сухих молочних продуктів можна використовувати для нормалізації рідких кормів.

Зачистки – це нормативні та наднормативні відходи молочних продуктів, що утворюються під впливом мікроорганізмів з повітря та інших чинників. Ці чинники призводять до зміни смакових і товарних властивостей продукту.

Склад і кількість цих відходів залежать від виду продукту (масло, кисломолочний чи сичужний сир, сметана) та видів мікрофлори, що розкладають поверхневий шар цих продуктів. Причинами утворення зачисток є порушення:

- температурного режиму та термінів витримки сирів під час дозрівання;
- температурного режиму зберігання масла, кисломолочного сиру, сметани;
- технологічного процесу виготовлення молочних продуктів та інші.

Кількість відходів, що утворюються при зачистці продуктів, у середньому становить: до 2% для сичужних сирів під час дозрівання; до 0,5% для масла, якщо порушені терміни його реалізації. Використання зачисток масла та кисломолочного сиру обмежене через мікробіологічне забруднення. Білкове зачистки зазвичай направляють на корм худобі.

Аварійний брак виникає, коли порушується технологічний режим через перебої в подачі електроенергії, води, пари або вихід з ладу основного технологічного обладнання. У таких випадках частина молочної продукції або сировини безповоротно втрачає свої смакові якості й стає непридатною для переробки на харчові продукти. Утворені під час аварії відходи заборонено скидати в каналізацію. Їх збирають і переробляють на корм худобі.

Молочну продукцію повертають з торговельної мережі після закінчення терміну реалізації або при пошкодженні упаковки. Якщо продукція повертається через негерметичність тари, залишки продукції після розтарювання направляють на переробку — для отримання інших видів молочної продукції або на корм худобі. Якщо продукція повертається через закінчення терміну реалізації, її необхідно переробляти:

- молоко, кефір, вершки — на кисломолочний сир;
- вершкове масло — на топлене масло;
- сичужні та кисломолочні сири — на плавлений сир.

1.4. Міжнародний досвід використання вторинних ресурсів і побічних продуктів молочної промисловості

У світі активно шукають рішення для повного та ефективного використання вторинних сировинних ресурсів (ВСР) молочної галузі. Ці пошуки ведуться у двох основних напрямках: використання ВСР у натуральному вигляді або отримання стійких, стабільних при зберіганні концентратів [13].

Знежирене молоко переважно направляється на промислову переробку:

- у США та Нідерландах – 100%;
- у Франції та Італії – близько 95%;
- у Великій Британії та Німеччині – понад 85%;

- у Данії – до 70%.

Із знежиреного молока виробляють питну молочну продукцію, напої, кисломолочні продукти, згущені молочні консерви (з цукром і без нього), сухе знежирене молоко, казеїн та казеїнати. У Німеччині до 50% знежиреного молока висушують. У країнах ЄС частка питного знежиреного молока становить понад 25% ринку питного молока, зокрема:

- у Франції – до 50%;
- у Великій Британії – 30-40%;
- у США – до 47%.

Наприклад, у США знежирене молоко з масовою часткою білків 3,2% піддають ультрафільтрації до вмісту в продукті 15% білків і 3,8% лактози. Потім молоко тричі діафільтрують водою, доводячи вміст білків до 18%, лактози – до 0,1% та сухих речовин – до 21%, після чого висушують. Фірма *Dean Foods* випускає питне молоко з низьким вмістом лактози (1,2% жиру) або повністю знежирене. Французькі фірми *Simplosse* і *Larrdine-Claces* постачають продукт «*Simplosse*», який виробляється на основі яєчного білка та знежиреного молока, що підігриваються, перемішуються, а потім перетворюються на вершкоподібну рідину. Додавання цього продукту до деяких харчових продуктів дозволяє знизити вміст жиру та калорійність, зберігаючи при цьому маслянисту консистенцію.

В міжнародній практиці маслянка здебільшого використовується для виробництва молочних продуктів зі зниженою енергетичною цінністю. Її застосовують у натуральному вигляді, для виробництва кисломолочних продуктів, згущених і сухих концентратів, продуктів дитячого харчування, а також як добавку до молочних та інших харчових продуктів. У США, Франції, Польщі та інших країнах маслянку повністю використовують на харчові цілі.

Значні обсяги молочної сироватки у міжнародній практиці повертаються молокоздавачам у натуральному вигляді для кормових цілей. У середньому в країнах ЄС повернення становить 45% від загальних ресурсів сироватки, зокрема: у Швейцарії – до 95%; у Великій Британії та Фінляндії – 20-25%.

Найпоширенішим способом переробки сироватки є сушіння. Суха сироватка використовується для харчових та кормових цілей. У США на сушіння надходить близько 60% ресурсів сироватки, з них 55% використовується у хлібопекарській, кондитерській та молочній промисловості, а також для продуктів дитячого харчування. Випускається модифікована суха сироватка – демінералізована, зі зниженим вмістом лактози, а також у комбінації з наповнювачами. У Канаді розроблено технологію сухого напою із сухої молочної сироватки, знежиреного молока та сої. Міжнародна фірма *Protein Technologies International* розробила та випустила замітник сухого знежиреного молока під торговою назвою «PT 3000». Ця суха суміш складається із солодкої молочної сироватки, соєвих білків та фосфату кальцію, і може застосовуватися для виготовлення будь-яких напоїв.

У Норвегії до 20% згущеної сироватки йде на виробництво сироваткових сирів та паст. У Німеччині запатентований спосіб виробництва напівфабрикату напою, за яким сироватку згущують до 25-30% від початкового об'єму, звільняють від білків шляхом теплової обробки, додають цукор та фруктовий сік. На виробництво молочного цукру у Швеції витрачається понад 14%, а в США – близько 9% ресурсів сироватки. На виробництво сироваткових білкових концентратів (СБК) в Австралії та США витрачається відповідно до 20% та 3,2% ресурсів сироватки. У Єгипті до 40% незбираного молока при виробництві йогуртів замінюють солоною сироваткою, обробленою ультра- та діафільтрацією. У США розроблено напій, що містить 10-27% СБК. При його виробництві 23,5-53% води змішують з апельсиновим соком 19-40%-ї концентрації, додають 0,0001-0,1% антипіноутворюючих речовин; нагрівають до 43-49 °С, розмішують і вносять СБК.

У Фінляндії із сироватки виробляють глюкозо-галактозний сироп методом ферментативного гідролізу, а також отримують лактозу та її похідні (лактозу, лактітол), етиловий спирт, мікроелементи сироватки, кормові добавки. Етиловий спирт із сироватки також виробляють у США, Ірландії, Данії, Новій Зеландії. У Нідерландах 38% сироватки витрачається на

виробництво сухих ЗНМ, 35% – на виробництво молочного цукру, 20% – на отримання сухої демінералізованої та безлактозної сироватки, 7% – на виробництво напоїв або в натуральному вигляді на корм тваринам. Підприємство фірми *Borculo Whey Product* (Нідерланди) переробляє 2,2 млн тонн сироватки на рік, що надходить з країн ЄС у рідкому або концентрованому вигляді.

У міжнародній практиці для концентрування сироваткових білків та фракціонування молока в промислових масштабах активно використовується ультрафільтрація. Розроблено технологію виробництва м'яких сирів (камамбер, фета) з молока, обробленого ультрафільтрацією. Також ведуться розробки щодо використання методу ультрафільтрації при виробництві твердих та напівтвердих сирів.

Широкого поширення набуло безперервно-потокове виробництво згущеного молока з використанням безсиропного способу введення цукру. Це вважається найбільш прогресивним та економічним методом. Висока інтенсифікація процесу, економія енергоресурсів завдяки усуненню зупинок вакуум-апаратів, внесенню цукру безсиропним способом, використанню багатокорпусних вакуум-випарних установок та апаратів для теплової обробки з високою регенерацією тепла дозволяють знизити собівартість готової продукції та підвищити продуктивність праці.

Ведуться розробки щодо використання методу фільтрації під тиском через перегородки певної пористості (зворотний осмос або гіперфільтрація) молочної сироватки. Цей метод дозволяє отримувати білки сироватки у нативному стані. У низці країн рекомендується використовувати шлам від сепараторів на корм худобі. Зокрема, шлам на кормові цілі використовується у Фінляндії, Японії, Австралії. У Новій Зеландії невеликі кількості шламу змішуються з іншими концентрованими відходами молочного заводу і використовуються для згодовування свиням. У Німеччині після пастеризації з лужною обробкою шлам скидають у каналізацію. У деяких країнах шлам підлягає спалюванню або деструкції.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Нормативи утворення вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості

Нормативи збору молочної сироватки та знежиреного молока визначають на основі матеріального балансу [2-14]. Обсяг утворення знежиреного молока залежить від масової частки жиру, що залишився в ньому після первинної обробки молока. Кількість знежиреного молока (M_n), яке отримується з 1 т незбираного молока для виробництва масла, визначається за формулою:

$$M_{zn} = \frac{Ж_B - Ж_M}{Ж_B - Ж_{zn}}, \quad (2.1)$$

де $Ж$ – масова частка жиру у вершках, %; $Ж_M$ – масова частка жиру в молоці незбираному, %; $Ж_{zn}$ – масова частка жиру в знежиреному молоці, %.

Загальний обсяг утворення знежиреного молока в галузі залежить від потреби в вершках певної жирності для виробництва масла, сметани та інших жирових продуктів, а також від кількості жиру в молоці нормалізованому, що йде на виробництво сиру твердого та кисломолочного.

Кількість знежиреного молока (M_{zn}), що утворюється з 1 т незбираного молока для виробництва питного молока, визначається за формулою:

$$M_{zn} = \frac{Ж_M - Ж_{HM}}{Ж_{HM} - Ж_{zn}}, \quad (2.2)$$

де J_{HM} – масова частка жиру в нормалізованому молоці, %.

У виробництві сиру при отриманні знежиреного молока для нормалізації кількість молока для сепарації (M_{cn}) визначається за формулою:

$$M_{cn} = \frac{M \cdot (J_M - J_{cm}) \cdot 100}{(100 - V_B) \cdot (J_{cm} - J_{zn}) + 100 \cdot (J_M - J_{cm})}, \quad (2.3)$$

де M – загальна кількість незбираного молока, кг; J_{cm} – масова частка жиру нормалізованої суміші, %; V_B – вихід вершків, %.

Маса знежиреного молока, отриманого після сепарації і змішування з цільним молоком для отримання нормалізованої суміші, визначаються за формулою:

$$M_{zn} = \frac{M \cdot (J_M - J_{cm})}{J_{cm} - J_{zn}}, \quad (2.4)$$

Усереднений норматив утворення знежиреного молока на 1 т вершкового масла складає 18,24 т.

Вихід маслянки (сколотин – V_{ck}) залежить від виду масла, що виробляється, способу його виробництва і розраховується виходячи з жирового балансу за формулою:

$$V_{ck} = \frac{M_B \cdot (J_{mc} - J_B)}{J_{mc} - J_{ck}}, \quad (2.5)$$

де M_B – масова частка вершків, що пішли на вироблення масла, кг; J_{mc} , J_B , J_{ck} – масова частка жиру відповідно в маслі, вершках і маслянці, %.

Усереднений норматив утворення маслянки при виробництві 1 т вершкового масла складає 1086 кг.

Масова частка жиру в маслі визначається за формулою:

$$Ж_{мс} = 100 - (ВЛ + СЗМЗ + С), \quad (2.6)$$

де ВЛ – масова частка вологи в маслі, %; СЗМЗ – масова частка сухого знежиреного молочного залишку, %; С – масова частка кухонної солі в маслі, %.

Масу молочної сироватки ($M_{сир}$), що одержується при виробництві сиру сичужного, кисломолочного та казеїну, визначають за формулою:

$$M_{сир} = 100 \cdot \frac{(СР_{г.п.} - СР_c)}{(СР_{г.п.} - СР_{сир})}, \quad (2.7)$$

де $СР_{г.п.}$, $СР_c$, $СР_{сир}$ – вміст сухих речовин відповідно в готовому продукті, сировині та сироватці, кг.

У середньому норматив виходу сироватки при виробництві сиру сичужного і кисломолочного – 80%, бринзи і знежиреного сиру – 65%, казеїну харчового – 82%, казеїну технічного – 75%. Усереднений норматив утворення молочної сироватки з 1 т молока при виробленні білкової продукції (сир кисломолочний, сичужний, бринза та ін.) складає 79%.

2.2. Перспективні методи використання вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості

Останнім часом зміни на ринку молочної продукції призвели до того, що підприємства почали надавати перевагу виробництву продуктів з довгим терміном зберігання. Це включає вершкове масло, сухе молоко, жирні сири та молочні консерви. Понад 50% молока зараз направляється на виробництво масла та сиру. Хоча це збільшує обсяги вторинних сировинних ресурсів (ВСР), які містять цінний тваринний білок, більшість підприємств не здійснюють їх комплексну переробку через низький технічний рівень [2-14].

Серйозна структурна перебудова виробництва є перспективною. Вона передбачає збільшення обсягів молока, що йде на виробництво незбираної молочної продукції, дитячого та лікувально-дієтичного харчування, а також розширення асортименту низькожирної продукції, збагаченої білками, рослинним жиром та вітамінами [2-14].

Понад 90% від загальної кількості ВСР вже залучається до господарського обігу (табл. 2.1). Невикористання ВСР характерне для дрібних підприємств, де їх переробка є нерентабельною.

Таблиця 2.1. Залучення вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості в господарський обіг, %

Найменування ВСР	Рівень залучення	В тому числі:	
		на промислову переробку в галузі	поставлено на корм в с.-г. та інші галузі
Знежирене молоко і маслянка	97,5	63,9	36,1
Молочна сироватка	87,25	44,8	55,2

Молочний білок є одним з найцінніших продуктів для людини, тому його необхідно використовувати якомога повніше. Наприклад, його можна направляти на виробництво заміників незбираного молока (сухих та рідких) для випоювання молодняку сільськогосподарських тварин. Це дозволить збільшити сировинні ресурси промисловості.

Особливу увагу слід приділяти поверненню поставальникам незбираного молока, знежиреного молока та маслянки в обробленому вигляді (наприклад, як знежирене незбиране молоко та сухе знежирене молоко). Додаткові обсяги знежиреного молока потрібно піддавати сушінню. Це забезпечить високу якість відновленого молока, збільшить термін його зберігання та розширить можливості для реалізації. Враховуючи високі поживні властивості нежирних молочних продуктів, їхня переробка дозволила б заощадити незбиране молоко. Структура використання молока-сировини та побічних продуктів представлена на рис. 2.1 [13].

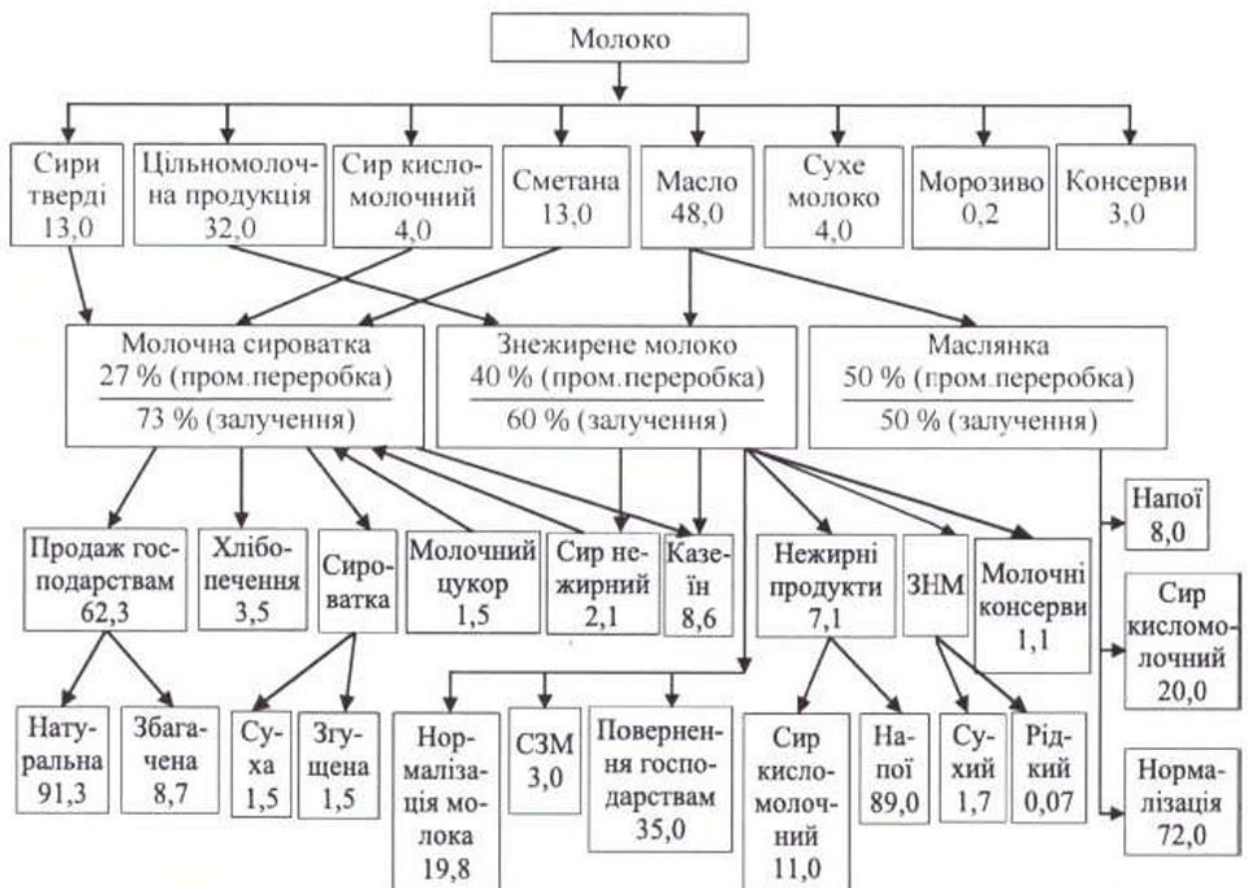


Рисунок 2.1. Структурна схема технологічного процесу переробки молока

2.3. Оцінка технологічних процесів виробництва харчових продуктів за ступенем маловідходності та безвідходності

Ступінь маловідходності виробництва в молочній промисловості може бути оцінена рівнем втрат сировини і продукції [13]. Ці втрати можна виразити вмістом в них сухих речовин, а також у величинах окиснюваності за БСК (біологічне споживання кисню) або ХСК (хімічне споживання кисню). За сухими речовинами показник відходоємності розраховується за формулою:

$$\Phi = Q \cdot R - (\sum q_i C_i + \sum b_i d_i + \sum a_i O_i), \quad (2.8)$$

де Φ – фактичні втрати сухих речовин молока, т/добу; Q – маса вихідної сировини в перерахунку на молоко нормалізоване, т/добу; R і C_i , – питомий вміст сухих речовин відповідно у вихідній сировині і окремих видах основної молочної продукції т/добу; d_i , і O_i , – вміст сухих речовин відповідно в окремих видах побічної продукції та продукції з відходів, т/т; q_i і b_i , – маса окремих видів відповідно основної та побічної продукції, т/добу; a_i – маса продукції, виготовленої з відходів виробництва, т/т.

При відсутності на підприємстві експериментальних даних про вміст сухих речовин величини R , C , d , O визначаються розрахунковим шляхом на підставі даних про середній склад сировини і продуктів. Нормативні втрати сухих речовин молока в процесі переробки визначають за діючими нормами. Визначення ступеня маловідходності за величиною окиснюваності здійснюється за формулою:

$$P_c^o = \frac{\Phi}{T}, \quad (2.9)$$

де Φ – фактичні втрати сухих речовин молока, що визначаються експериментально, шляхом підсумовування величин їх забрудненості (по БСК або ХСК) в стічних водах, повітрі; T – нормативна величина втрат в одиницях БСК або ХСК.

У таблиці 2.2 наведено приклад визначення величини забрудненості відходів, що утворюються при виробництві різних продуктів, за нормами втрат сировини з урахуванням виробничої програми для підприємства потужністю 50 т переробки молока за зміну. Розрахунковий рівень водовідведення складає 378,77 м³. Розрахунковий рівень забрудненості по ХСК в даному випадку складе 1050 мг О₂/л (397,8 : 378,77). Фактична забрудненість за ХСК склала 1427 мг О₂/л. Коефіцієнт маловідходності в цьому випадку дорівнює 0,73 (1427 : 1050).

Таблиця 2.2. Розрахунок добового нормативу скидання забруднень молокозаводом

Найменування продукції	Жирність	Кількість продукції, т	БСК		ХСК	
			кг О ₂ /т	кг О ₂	кг О ₂ /т	кг О ₂
Молоко	3,2	29	1,4	40,9	1,9	54,8
Кефір	3,2	12,2	2,1	25,5	2,9	35,2
Сметана	25	3	16,8	50,4	21	63
Сир	9	1	57,7	57,7	74	74
Сир	5	1,9	37,4	71,1	51,8	98,4
Сирки з сиру кисломолочного	7	1,1	48,1	65,8	65,8	72,4
Всього:	-	48,2	-	298,5	-	397,8

Для визначення ступеня використання сировини (безвідходності) по всьому технологічному циклу з урахуванням використання сировини, води та енергії застосовується така формула:

$$П_B^T = 1/3 \cdot (П_B^C + П_B^B + П_B^E), \quad (2.10)$$

де $П_B^C + П_B^B + П_B^E$ – рівень використання відповідно сировини, води та енергії.

Безвідходність всього виробництва може бути розрахована з урахуванням показника відходності основного виробництва та показника ефективності очищення стічних вод і повітря за формулою:

$$П_{BT} = П_B^T + П_B^O \leq 2, \quad (2.11)$$

де $П_B^T$ – показник відходності основного виробництва; $П_B^O$ – ефективність очищення стічних вод і повітря, значення яких не повинні бути більше 1.

Для кількісної оцінки раціональності різних технологій отримання нових видів продукції застосовується показник ступеня використання сировини та її компонентів, що характеризує вміст жиру в сировині і продукції. Ступінь використання вершків та їх компонентів при виробництві масла визначають за формулами:

$$A_B = \frac{Ж_B - Ж_C}{Ж_{MC} - Ж_C} \cdot 100\%, \quad (2.12)$$

$$A_{Ж} = A_B \frac{Ж_{MC}}{Ж_B}, \quad (2.13)$$

$$A_{\text{СЗМЗ}} = A_{\text{В}} \cdot \frac{100 - \text{Ж}_{\text{МС}}}{100 - \text{Ж}_{\text{В}}}, \quad (2.14)$$

де $A_{\text{В}}$, $A_{\text{Ж}}$, $A_{\text{СЗМЗ}}$ – ступінь використання відповідно вершків, жиру і СЗМЗ вершків при виробництві масла, %; $\text{Ж}_{\text{В}}$, $\text{Ж}_{\text{МС}}$, $\text{Ж}_{\text{С}}$ – вміст жиру відповідно в вершках, маслі і масляниці, %.

Ступінь використання вершків, жиру і СЗМЗ підвищується зі збільшенням жирності вершків, що переробляються, і вмісту плазми в маслі. Так, при збільшенні жирності вершків в 2 рази (з 25 до 50%) ступінь використання СЗМЗ вершків підвищується в 3 рази.

Ступінь використання сировини ($K_{\text{с}}$) для технологій виробництва нових видів масла оцінюється рівнем втрат сировини та продукції, що виражається вмістом сухих знежирених речовин. При її розрахунку враховуються норми витрат молока, склад продукту, повнота використання компонентів молока.

Сучасні перспективні технології виробництва сиру передбачають комплексну переробку сироватки. Це дозволяє досягти максимально можливого переходу білка та інших цінних компонентів у готові продукти. Один із ключових напрямків – застосування мембранної техніки.

Ультрафільтрація дає змогу виділяти із сироватки найціннішу для молока альбумін-глобулінову фракцію білків. Отриманий концентрат сироваткових білків можна використовувати у виробництві цільномолочної продукції, а також дитячих і дієтичних продуктів. Фільтрат, що утворюється одночасно з концентратом, може бути перероблений на молочний цукор.

Ступінь використання сировини у виробництві сиру із застосуванням методу ультрафільтрації розраховується за ефективністю використання молочного білка за формулою:

$$K_{\text{В}} = 100 - \frac{B_2 - \Pi}{B_1 - \Pi}, \quad (2.15)$$

де B_1 , B_2 , P – кількість білка, %, відповідно в сировині, готовому продукті і продукті, що залишився в побічному продукті або вторинній сировині.

Перспективною є методика оцінки різних способів промислової переробки молочної сироватки з використанням моделі багатокритерійних оціночних рішень. Для цього виділені укрупнені показники, що визначають перспективність переробки і використання молочної сироватки, коефіцієнти їх вагомості та градаційні оцінки. З урахуванням цих показників визначається узагальнюючий індекс (Z_i), який характеризує перспективність випуску продукції:

$$Z_i = \frac{M_n \cdot P_n}{n}, \quad (2.16)$$

де Z_i – узагальнюючий індекс; M_n – відповідний коефіцієнт вагомості; P_n – відповідна градаційна оцінка; n – кількість укрупнених показників, що застосовуються для розрахунку.

2.4. Методичні основи зниження забруднень молочної промисловості на компоненти навколишнього природного середовища

Існуючі системи очищення на підприємствах молочної промисловості не забезпечують повного вилучення забруднюючих речовин, у зв'язку з чим рекомендується використовувати системи замкнутого циклу - циркуляційне постачання водою для охолодження теплообмінного устаткування, що знижує витрати природного газу, електроенергії та водоспоживання.

Розроблена методика розрахунку рівня раціонального використання систем очищення стічних вод і забруднення повітря. Ефективність очищення

рідкої фази стічних вод або повітря Π_0^o розраховується за наступною формулою:

$$\Pi_0^o = \frac{\Phi_3}{T_3}, \quad (2.17)$$

де Φ_3 – фактична забрудненість відходів виробництва (за БСК, ХСК), що потрапляють у навколишнє середовище; T_3 – сумарна залишкова забрудненість (за БСК, ХСК) очищених стічних вод або повітря до нормативних показників.

В даний час в молочній промисловості повністю безстічних і безвідходних виробництв не створено. Наближаються до таких виробництв підприємства, де поряд з раціональним використанням ресурсів (сировини, води, енергії) забезпечується захист навколишнього середовища в межах чинних медико-санітарних норм.

Для таких підприємств показники відходів за основною технологією Π_0^T і за системами очистки Π_0^o можуть бути виражені співвідношеннями:

$$\Pi_0^T < 1 \text{ і } \Pi_0^o < 1, \quad (2.18)$$

При цьому кількість забруднюючих речовин, що надходить у навколишнє середовище, не повинна перевищувати нормативних величин, встановлених у законодавчому порядку органами з регулювання, використання та охорони навколишнього середовища.

Понад половина стічних вод молочних підприємств проходить очищення у міських каналізаційних мережах або на власних очисних спорудах. Однак посилення екологічних вимог та часто недостатній ступінь очищення вимагають цілеспрямованої роботи з охорони довкілля. Ці заходи мають стати

невід'ємною частиною загальної програми зі створення маловідходних та безвідходних виробництв (МБВ).

Основні напрямки зниження забруднень. Для зменшення забрудненості скидів та викидів необхідно працювати за такими напрямками:

- удосконалення концепції МБВ: впровадження та розвиток основних принципів маловідходного та безвідходного виробництва;
- створення раціональних технологій: розробка та впровадження ефективних технологій виробництва, що ґрунтуються на принципах МБВ. Це включає максимальне та комплексне використання всіх компонентів молока (у сировині, побічних продуктах та відходах), а також інших матеріальних ресурсів та енергії. Важливо також скорочувати втрати сировини та інших ресурсів;
- оптимізація водоспоживання та водовідведення: розробка та впровадження прогресивних норм і нормативів, систем зворотно-повторного водопостачання підприємств. Необхідний суворий облік та контроль витрат води та обсягів стічних вод на всіх етапах виробництва;
- оцінка та усунення відходів: якісна та кількісна оцінка виробничих та споживчих відходів з метою їх запобігання, повторного використання для різних цілей або повернення в природу в екологічно безпечному стані;
- очищення скидів та викидів: доведення рівня очищення до існуючих екологічних нормативів. Це включає дослідження та впровадження споруд і методів повного біологічного очищення стічних вод із системою доочищення, розробку методів анаеробного біологічного очищення стічних вод та відходів, а також впровадження рекомендацій щодо використання стічних вод молочних підприємств для поливу сільгоспугідь;
- розробка методів попереднього очищення стічних вод;
- моніторинг екологічних показників: розробка та атестація методів контролю скидів, викидів та відходів виробництва, а також створення науково обґрунтованої системи контролю основних екологічних показників.

До перспективних напрямів робіт належить вивчення наукових засад комплексного розвитку та інтеграції підприємств молочної промисловості з іншими переробними виробництвами та підприємствами сільського господарства в рамках агропромислового комплексу (АПК). Така співпраця дозволить спільно вирішувати еколого-економічні проблеми в умовах ринкової економіки.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЇХ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1. Обґрунтування перспективних технологічних процесів переробки вторинних ресурсів молочної промисловості

Молочна сироватка є цінною харчовою сировиною, яка володіє низкою позитивних властивостей. У натуральному вигляді її використовують як тонізуючий засіб при виснаженні та перевтомі організму, а також при шлунково-кишкових захворюваннях. На підприємствах молочної промисловості з молочної сироватки виробляють різноманітні продукти [2-14]:

- напої, сироватковий квас, шипучі напої тощо;
- молочний цукор та його похідні;
- концентрати в сухому та згущеному вигляді;
- етиловий спирт та інші продукти.

Сироваткові білки (переважно альбумін, глобулін) виділяються в денатурованому стані. З них готують: альбумінове молоко; киселі, желе, альбуміни; кисломолочний сир, сирки.

Як наповнювач сироваткові білки використовують при виготовленні дитячої пасти, сирків та інших сирних продуктів, знежирених сирів, деяких видів натуральних і плавлених сирів, ковбас, а також у хлібопеченні.

Технологія вилучення жиру та білків із сироватки. Для вилучення жиру та білків з молочної сироватки застосовується така технологія:

1. сироватка надходить у сепаратор, де відокремлюються казеїновий пил і жир;
2. очищена сироватка із сепаратора подається на установку для високотемпературного нагрівання;

3. після нагрівання сироватка надходить у саморозвантажувальний сепаратор для вилучення білкової маси;
4. вилучена білкова маса охолоджується та перекачується в ємність для зберігання (рис. 3.1).

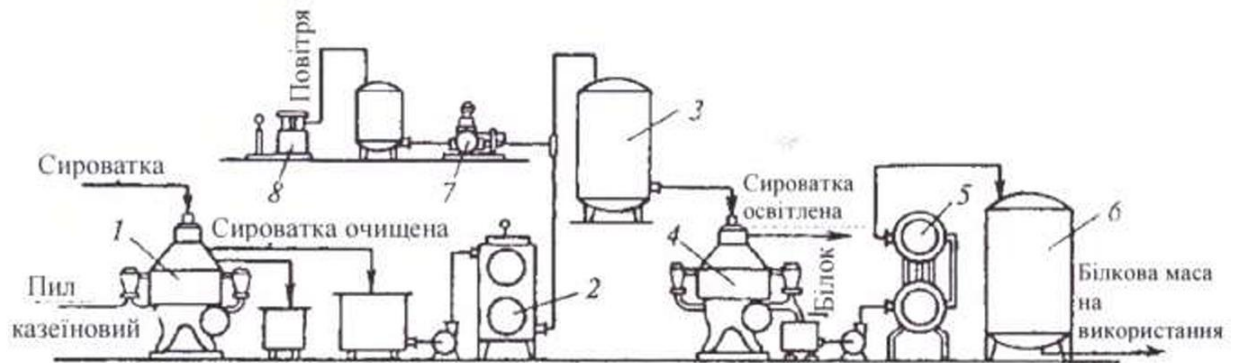


Рисунок 3.1. Технологічна схема переробки молочної сироватки [13]

З сироватки виробляють молочний цукор, який використовують у виробництві:

- продуктів дитячого та дієтичного харчування;
- медичних препаратів (як інертний наповнювач, розчинник, активний компонент);
- у хлібопеченні та кондитерському виробництві.

Згущення та сушка сироватки є найпоширенішими способами її промислової переробки, що забезпечують максимальне використання всіх її поживних компонентів. Основними споживачами сухої та згущеної сироватки є хлібопекарська, кондитерська, м'ясопереробна та комбікормова промисловість. Ці продукти також використовуються на підприємствах молочної промисловості для виробництва плавлених сирів, замінників незбираного молока (ЗНМ), а також як кормові добавки в раціонах годівлі сільськогосподарських тварин.

Інноваційні методи переробки сироватки. Застосування зворотного осмосу для концентрування сироватки перед випаровуванням дозволяє значно скоротити витрати енергоресурсів порівняно з традиційною технологією.

Перспективними методами переробки сироватки є біотехнологічні процеси, наприклад, ферментативний гідроліз лактози з отриманням глюкози та галактози, а також електродіаліз, зворотний осмос тощо.

З метою знесолення або регулювання сольового складу сироватки застосовується іонний обмін катіонів на спеціальних синтетичних смолах, а також електродіаліз з використанням мембран на основі смол. Сушіння обробленої таким чином сироватки дає змогу отримати цінний харчовий концентрат для приготування продуктів дитячого харчування. На базі іонного обміну або електродіалізу розроблено технологію отримання молочного цукру, яка виключає тривалий процес кристалізації. Знесолена депротейнізована сироватка піддається розпилювальному сушінню, що збільшує вихід цукру приблизно в 1,7 раза та покращує його якість.

Технологія виробництва лактози. Нова технологія виробництва лактози є більш простою та економічною. Вона не передбачає застосування хімічних реагентів, що дозволяє виробляти аморфну харчову лактозу в бета-формі та використовувати її в продуктах дитячого харчування. Ця технологія сприяє:

- вирівнюванню сезонності виробництва;
- раціональному використанню потужностей;
- організації безвідходної технології переробки молочної сироватки;
- запобіганню забрудненню навколишнього середовища;
- додатковому виробництву високоякісного молочного білка.

Розробка нових продуктів та комплексне використання відходів. Розроблено технології отримання традиційних та нових продуктів різного призначення, якості та кондицій. Зокрема, пропонується отримання низки білкових продуктів для харчових цілей:

- концентрат сироватковий білково-вуглеводний (КСБВ);
- концентрат сироваткових білків, вироблений з використанням ультрафільтрації (КСБ-Ф);
- концентрат молочних білків (КМБ).

Виробництво напоїв зі знежиреного молока та маслянки. Технологія виробництва напоїв зі знежиреного молока та маслянки наведено на схемі (рис. 3.2):

- підготовка, очищення, пастеризація та охолодження сировини;
- приготування та внесення бактеріальної закваски;
- заквашування та сквашування, утворення міцного згустку;
- охолодження та перемішування;
- розлив, упаковка та маркування, доохолодження готового продукту.

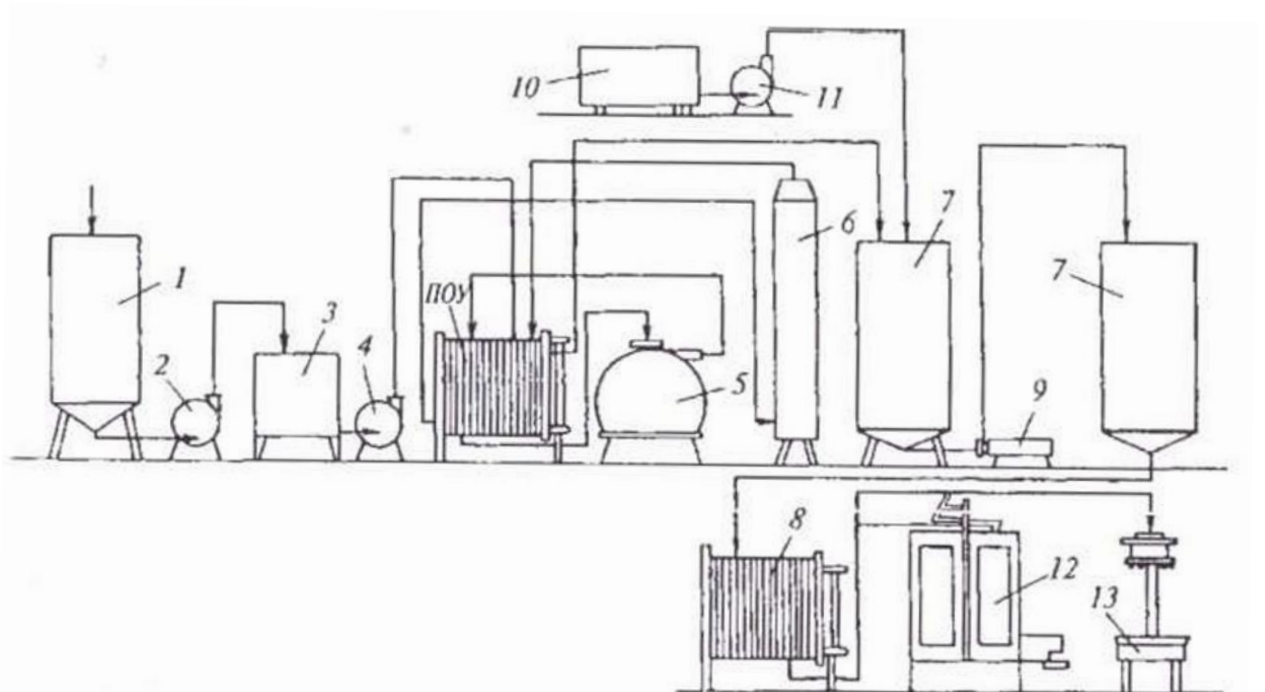


Рисунок 3.2. Технологічна схема процесу виробництва кисломолочних напоїв [13]

Технологія виробництва напою «Біомаслянка» наведено на рис. 3.3:

- концентрування та нормалізація на вакуум-випарній або ультрафільтраційній установці;
- пастеризація та охолодження;
- приготування та внесення через насос-дозатор бактеріальної закваски;
- заквашування та сквашування маслянки, що призводить до утворення міцного згустку;
- охолодження на пластинчастому охолоджувачі та перемішування;
- розлив, маркування та доохолодження готового продукту.

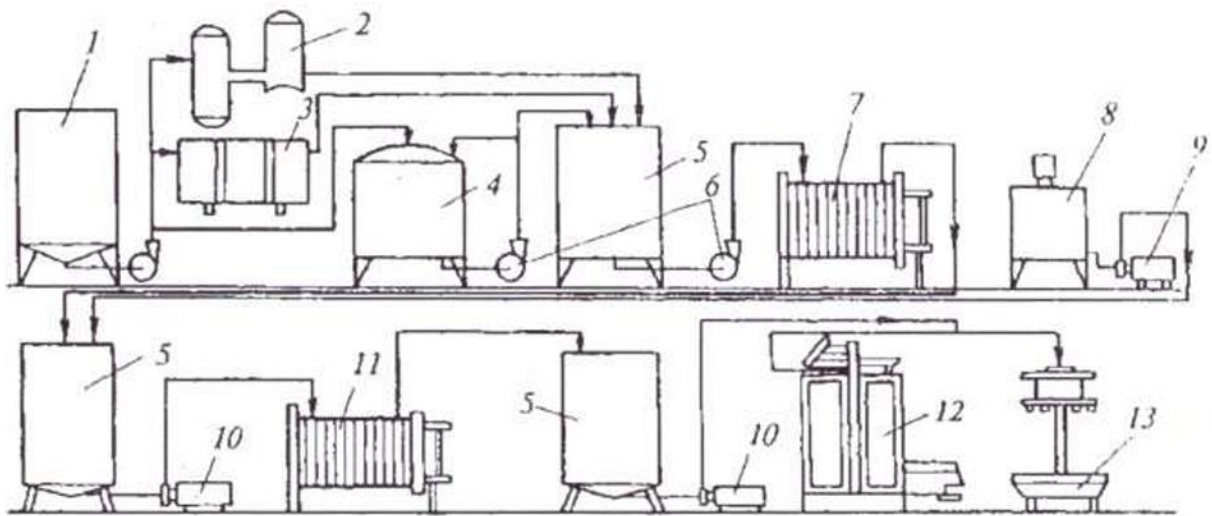


Рисунок 3.3. Технологічна схема виробництва напою «Біомаслянка» [13]

Продуктивність лінії становить 1252 тонни біомаслянки на рік. Завдяки випуску цього продукту щорічно можна заощадити 690 тонн сухих речовин та замінити 3230 тонн молока.

Виробництво етанолу з підсирної сироватки. Одним із перспективних напрямків використання підсирної сироватки є виробництво етанолу. Запропонована технологія передбачає:

- теплову коагуляцію сироватки в трубчастому теплообміннику з виділенням сироваткових білків та освітлення сироватки;
- внесення дріжджового концентрату в освітлену сироватку та активацію дріжджової закваски;
- заквашування та зброджування лактози для отримання браги;
- виділення біомаси дріжджів з браги та її теплова обробка;
- перегонка та ректифікація освітленої браги, в результаті чого отримують етанол і барду.

Технологічна схема виробництва етанолу з підсирної сироватки наведена на рис. 3.4. Продуктивність лінії складає 20 тис. дал спирту на рік.

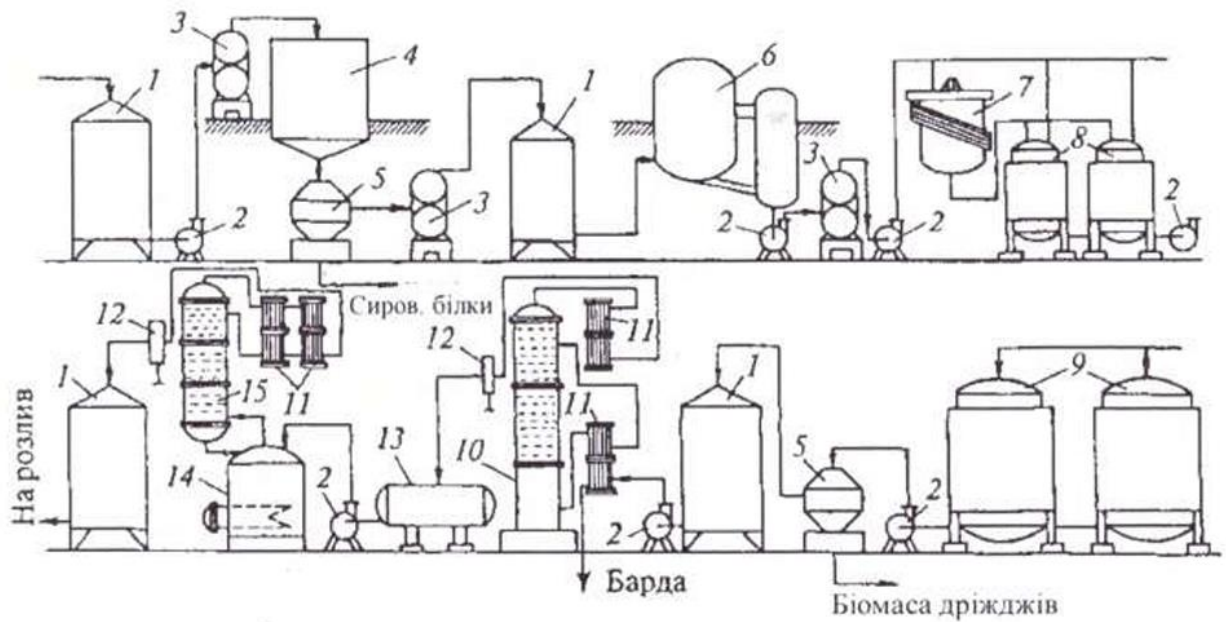


Рисунок 3.4. Технологічна схема виробництва етанолу із підсирної сироватки [13]

Комплексне використання відходів при виробництві заміників цільного молока ЗЦМ. Технологія включає такі операції:

- знежирене молоко з резервуару направляється на згущення у вакуум-випарну двокорпусну установку продуктивністю 4000 кг випаровування вологи на годину;
- згущене знежирене молоко (з вмістом 40-43% сухих речовин) через шестерний насос надходить у проміжну ємність, а звідти — у ванну для приготування суміші ЗНМ;
- суміш жирових компонентів направляють на гомогенізацію під тиском 100-120 атм., потім через проміжну ванну суміш направляють на сушіння;
- отриманий при цьому конденсат надходить у проміжний резервуар, потім проходить через пристрій контролю якості, що дозволяє розділити його на «умовно-чистий» і забруднений молоком конденсат.

Після пастеризації передбачено комплексне використання конденсату та ополосків. Це дозволяє виробити додаткову продукцію, зменшити втрати молочної сировини, знизити витрати на очищення стічних вод та рівень забруднення навколишнього середовища. Ця технологія є економічно ефективною.

Переробка шламу сепараторів. При скиданні шламу сепараторів у каналізацію в стічні води потрапляє 4-5% забруднень від їх сумарної кількості на молочному заводі. При щоденній переробці 100 тон молока у стічні води скидається 250-400 літрів шламу. Шлам сирого молока може бути пастеризований та використаний на кормові цілі.

3.2. Забруднення відходами молочної промисловості різних компонент довкілля

Вторинні сировинні ресурси та відходи виробництва є головними джерелами *забруднення стічних вод* у молочній галузі. Оскільки відходи утворюються практично на всіх етапах виробництва, кожен процес робить свій внесок у появу забруднювачів, які потім потрапляють у водні потоки, формуючи стічні води [2-14].

Молочна промисловість споживає значні обсяги води. На підприємствах вода витрачається на:

- технологічні потреби: відновлення сухого молока, охолодження сировини та продуктів у теплообмінниках, конденсацію вторинних парів молока, промивку масла, миття сирів, технологічного обладнання, тари, авто- та залізничних цистерн тощо;
- допоміжні виробництва: вироблення пари та власні потреби котельні, охолодження повітряних та аміачних компресорних установок, кондиціонерів;
- господарсько-побутові потреби: пиття, миття посуду та приготування їжі в їдальнях, прання спецодягу, прибирання приміщень, полив території тощо.

Вода також слугує транспортним середовищем для видалення виробничих та господарсько-побутових відходів. Більшість витрат води пов'язані з технологічними операціями.

На молочних підприємствах вода після використання скидається в каналізацію, при цьому стічні води становлять 80-90% від початкового обсягу спожитої води. Наприклад, при середніх питомих витратах води 5 м³/тонну молока, на заводі, що переробляє 50 тон молока на добу, утворюється 250 м³ стічних вод.

Для водопостачання використовуються системи з прямоточним, послідовним та зворотним використанням води. Щоб зменшити обсяги водоспоживання, водовідведення та, відповідно, скидів, підприємствам необхідно широко впроваджувати системи зворотно-повторного водопостачання. Питомі норми водоспоживання та водовідведення можна знайти в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Норми водоспоживання та водовідведення на 1 т сировини за різними типами молочних підприємств

Тип підприємства	Середньорічні витрати питної води	Середньорічна кількість стічних вод	Безповоротне споживання і втрати води	Коефіцієнт зміни середньорічних норм в літній та зимовий період	
				К _{літ}	К _{зим}
Міські молочні заводи	5,2	4,5	0,7	1,1	0,9
Заводи сухих молочних продуктів (СЗМ, ЗНМ, СНМ, сухих дитячих продуктів) та згущених молочних продуктів, молочноконсервні заводи	4,8	4,3	0,5	1,1	0,95
Маслозаводи	3,1	2,6	0,45	1,1	0,95
Сироварні заводи	5,3	4,6	0,6	1,1	0,9

Сировина, за якою нормуються витрати води, включає: загальну кількість молока, що надійшло на підприємство, знежирене молоко, маслянку, сироватку, сухе незбиране та сухе знежирене молоко. При цьому вершки не перераховуються в молоко. Сухе незбиране та знежирене молоко перераховується в рідке молоко з коефіцієнтом 9. До показника вихідної сировини не включаються вершки, знежирене молоко, маслянка та сироватка, отримані безпосередньо на підприємстві в процесі переробки вихідної сировини. Норми розраховані на комплексну переробку вихідної сировини, включаючи знежирене молоко, маслянку та сироватку, що утворюються під час виробництва.

До норм включено витрати води лише на виробничі, господарсько-побутові потреби, а також потреби котельні, компресорної та добавки в системи зворотного водопостачання. Норми не охоплюють витрати води на потреби гуртожитків, дитячих садків, шкіл, селищ, допоміжних господарств тощо. Стічні води підприємств молочної промисловості можна поділити на такі категорії:

- виробничі сильнозабруднені (після промивки масла, сиру, казеїну, після миття обладнання, тари, автоцистерн);
- виробничі малозабруднені (конденсат від вакуум-випарних установок, полоскання, процесів мийки та ін.);
- господарсько-побутові (ідальні, санвузли та ін. допоміжні приміщення).

Стічні води молочної промисловості містять велику кількість органічних сполук (білки, жири, молочний цукор). Це пов'язано з втратами сировини та відходів під час виробництва молочних продуктів. Крім того, у стічних водах присутні неорганічні сполуки: мийні засоби, сполуки металів, зокрема невеликі кількості важких металів (3-30 мкг/кг заліза, 1-2 мкг/кг міді, 0,3-1,5 мкг/кг свинцю). Концентрація важких металів визначається їх наявністю у сировині, продуктах, вихідній воді та особливостями виробничого процесу.

Загальна величина органічних забруднень у стоках значно коливається:

- за ХСК (хімічне споживання кисню) — від 700 до 5000 мг O₂/л;
- за БСК_{повн} (повне біологічне споживання кисню) — від 500 до 4000 мг O₂/л.

Висока концентрація органічних забруднень характерна для стічних вод, що утворюються при виробництві кисломолочного сиру, сиру та казеїну. Це пояснюється як особливостями технології, так і втратою частини сироватки, яка сама по собі має високу забрудненість — 70 мг O₂/л за ХСК.

Концентрація зважених речовин коливається в межах 200-600 мг/л, причому вищі значення спостерігаються у виробництві кисломолочного сиру, казеїну, сиру та згущених молочних продуктів.

Середня концентрація жиру у стічних водах становить 100 мг/л. Найбільші показники характерні для маслоробних та сироробних заводів. Характеристика стічних вод молочної промисловості детальніше наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Фізико-хімічний склад стічних вод підприємств молочної промисловості, мг/л

Показник	Величина показника для заводів (мг/л)	
	маслоробних, сухого і згущеного молока	сироробних
зважених речовин	350	600
нітрогену загального	50	90
фосфору	7	16
жирів	100-400	200-300
хлоридів	150	200
БСК _{повн}	1000	2400
ХСК	1500	3000
pH	6,8-7,4	6,2-7,0

За рівнем забруднення стічні води підприємств молочної промисловості в 5-10 разів більш забруднені, ніж господарсько-побутові стоки. Тому їх скидання без очищення становить значну небезпеку для навколишнього середовища. Стічні води молочних підприємств характеризуються значними коливаннями витрат і забрудненості протягом доби. Це спричинено залповими скидами виробничих відходів, мийних засобів та циклічністю технологічних процесів. Різкі зміни рН, витрати води та надходження органічних забруднень порушують нормальний режим роботи очисних споруд, значно знижуючи ефективність очищення. З огляду на це, при відборі проб стічних вод для аналізів необхідно охоплювати весь добовий цикл виробництва та усереднювати отримані погодинні показники забрудненості.

Через високу концентрацію та різноманітний склад забруднень стічні води повинні проходити механічне, біологічне та інші види очищення. У разі скидання їх у міський колектор, як правило, потрібна попередня очистка на локальних очисних спорудах.

Норми забрудненості стічних вод при скиданні на очисні споруди населених пунктів або на власні системи очищення встановлюються відповідно до існуючих вимог щодо скидання стічних вод у ці об'єкти, з дотриманням умов досягнення нормативів ГДС (гранично допустимого скиду), що розробляються з урахуванням ГДК (гранично допустимих концентрацій).

В останні роки підвищилися вимоги до якості стічних вод, що скидаються у водні об'єкти та міську каналізацію, а також до системи їх контролю. Контроль якості води та стічних вод на підприємствах молочної промисловості рекомендується здійснювати у спеціальних лабораторіях. Одним із раціональних шляхів зниження забрудненості стоків є збір перших ополосків з подальшою їх утилізацією для харчових та кормових цілей.

Для невеликих молочних заводів у сільській місцевості існує можливість використовувати стічні води для вирощування сільськогосподарських культур. Це може слугувати джерелом поживних речовин для ґрунту.

Варто зазначити, що потрапляння солоної сироватки у стічні води значно збільшує навантаження на очисні споруди, вимагаючи більше витрат і часу на її знешкодження порівняно з несоленою. Водночас солону сироватку можна використовувати для виробництва до 15 видів молочних продуктів, залежно від вмісту хлориду натрію, асортименту продукції, наявності обладнання та споживачів. Значну частку стічних вод становлять змивні води від обладнання молочних підприємств. Збір перших ополосків під час миття технологічного обладнання та ємностей для перевезення молока може знизити забруднення стічних вод на 25-35%, а також збільшити ресурси харчових та кормових продуктів [2-14].

Забруднення повітряного басейну. Хоча забруднення повітря у молочному виробництві не таке значне, як забруднення води, воно все ж має місце. Для розуміння впливу молочних підприємств на повітряне середовище важливо оцінити основні джерела забруднення.

Головними джерелами забруднення повітря є:

- виробництво сухого незбираного та знежиреного молока: сушильні установки, вогневі калорифери;
- виробництво казеїну: дробарки, казеїносушарки;
- виробництво морозива: печі для випікання вафель;
- сироробний цех: парафінери, коптильні для ковбасного сиру;
- жерстянобанковий цех: лакування, лудіння, паяння;
- паросилове обладнання: котельня;
- використання автотранспортних засобів.

Також до викидів в атмосферу відносяться теплові викиди.

Аналіз викидів шкідливих речовин підприємствами галузі показує, що атмосферне забруднення відбувається в основному від трьох типів джерел: викиди від основного виробництва: повітря від сушильного обладнання, димові гази від коптильні та термічних відділень; викиди від допоміжного виробництва: котельня, компресорна; автотранспорт.

Вентиляційні викиди основних виробничих цехів молочних підприємств вважаються умовно чистими та практично не забруднюють повітря. При нормуванні викидів в атмосферу застосовуються загальноприйняті методики. Усі підприємства молочної промисловості зобов'язані здійснювати контроль забруднень та вести статистичну звітність. Основним напрямом захисту повітряного басейну від викидів на підприємствах молочної промисловості є:

- розробка та впровадження заходів зі зниження концентрації викидів до рівнів, що не перевищують гранично допустимих концентрацій (ГДК);
- очищення вентиляційного повітря та газів перед викидом в атмосферу.

Використання енергозберігаючих технологій сприяє захисту навколишнього середовища. Вторинне тепло конденсованої води може бути використане для допоміжних потреб підприємства, опалення основних цехів та тепличного господарства, попереднього підігріву продукції тощо.

Використання тепла димових газів через їхнє охолодження до 35-40°C дозволяє значно підвищити ефективність роботи котлів і скоротити викиди тепла в атмосферу. Для зменшення теплового забруднення довкілля та економії енергії, підприємства з виробництва сухого молока можуть повторно використовувати відпрацьоване повітря з температурою 75-85°C. Його можна змішувати з первинним повітрям, що дозволяє заощадити до 20% тепла. Крім того, відпрацьоване повітря з сушильних установок також придатне для підігріву повітря в рекуператорах.

3.3. Технологічні розрахунки роботи очисного обладнання підприємства молочної промисловості

Для умов нашого підприємства технологічний цикл переробки молока працює з продуктивністю (М) 50 тон молока на добу. Необхідний ступінь жирності вершків (Ж_в) складає 30%. Середня жирність молока (Ж_м), що

надходить до технологічної лінії становить 4,5%, а концентрація сухих речовин (C_M) – 15%. Кінцевим продуктом переробки є знежирене молоко (J_0), яке вважається потенційними відходами та має жирність 0,1%, а концентрація сухих речовин (C_0) – 8% і підлягає сушінню. Необхідно визначити кількість отриманого обrotу з вологістю 5%. Виходячи з даних умов вихідними параметрами для розрахунку будуть наступні показники: $M = 50\ 000$ кг; $J_M = 4,5\%$; $J_B = 30\%$; $C_M = 15\%$; $J_0 = 0,1\%$; $C_0 = 8\%$.

Жировий баланс процесу отримання вершків:

$$M_{\text{ж}} \cdot J_M = M_0 \cdot J_0 + M_B \cdot J_B$$

Маса вершків становитиме:

$$M_B = M_M - M_0$$

$$M_M \cdot J_M = M_0 \cdot J_0 + (M_M - M_0) \cdot J_B$$

$$50000 \cdot 4,5 = M_0 \cdot 0,1 + (50000 - M_0) \cdot 30$$

$$225000 = 0,1M_0 + 1500000 - 30M_0$$

$$225000 - 1500000 = 0,1M_0 - 30M_0$$

$$-1275000 = -29,9M_0$$

$$\text{Звідси } M_0 = 1275000/29,9 = 42640 \text{ кг} = 42,64 \text{ тон}$$

Під час сушіння отриманої кількості обrotу з концентрацією сухих речовин 8% буде отримано наступну масу сухого обrotу:

$$M_{oc} = M_o \cdot (100 - W_1) / (100 - W_2),$$

де $W_1 = 100 - C_o = 100 - 8 = 92\%$ вологість обрату до сушіння; $W_2 = 5\%$ вологість обрату після сушіння.

$$M_{oc} = 42640 \cdot (100 - 92) / (100 - 5) = 3590 \text{ кг} = 3,59 \text{ тон}$$

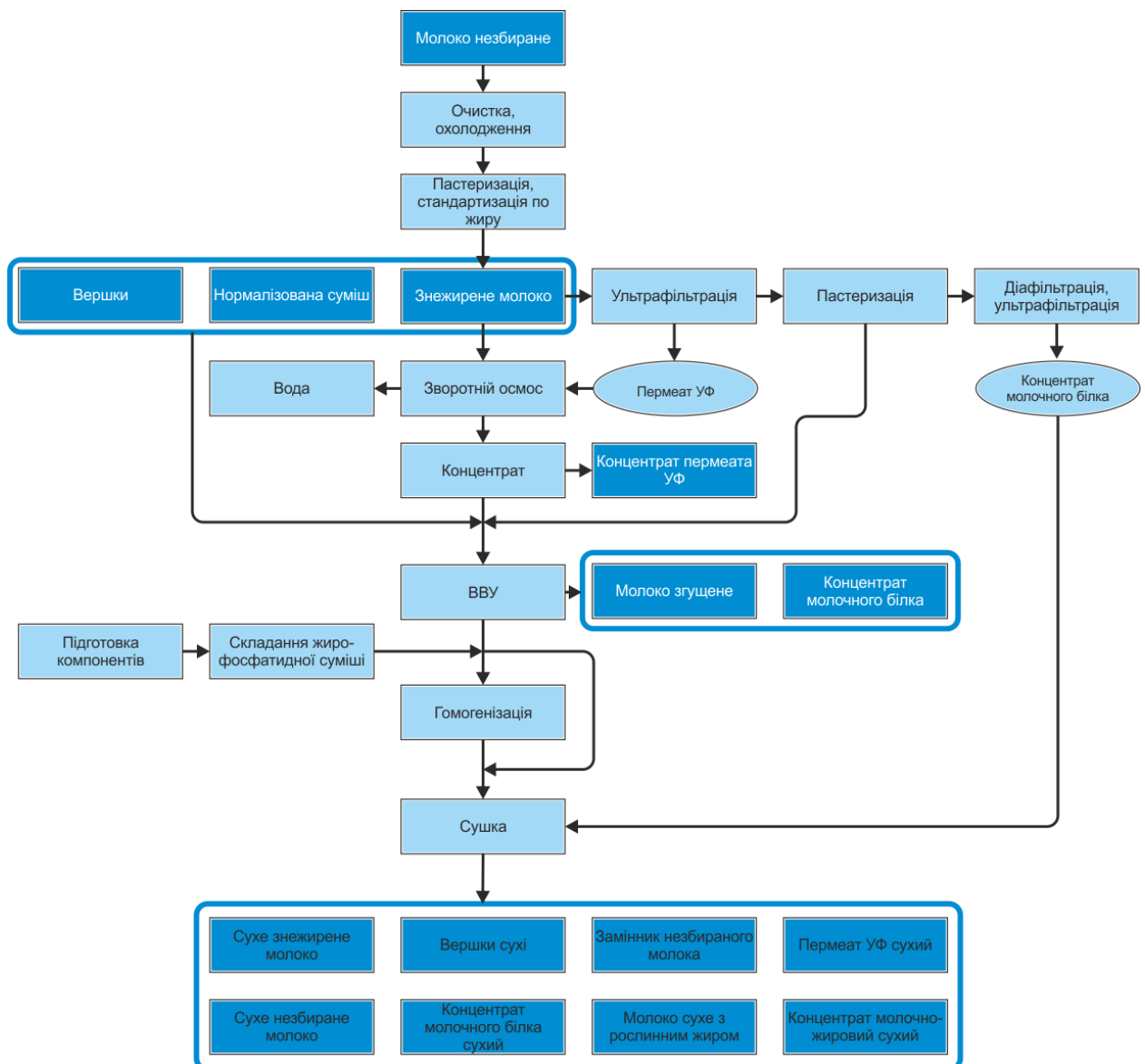


Рисунок 3.5. Технологічна схема роботи підприємства молочної промисловості

Розрахунок параметрів очисного обладнання молокозаводу продуктивністю 50 тон/добу визначає згідно наступних технологічних параметрів і циклів.

1) *Обсяг стічних вод.* Обсяг стічних вод на молокозаводі значною мірою залежить від технології виробництва, асортименту продукції та ефективності використання води. В середньому, на 1 тонну переробленого молока утворюється від 2 до 5 м³ стічних вод. Виходячи з цього приймаємо середнє значення 3,5 м³/тону.

Добовий обсяг стічних вод:

$$Q_{\text{доб}} = \text{Продуктивність} \times \text{Питома норма водоутворення}$$

$$Q_{\text{доб}} = 50 \text{ тон/добу} \cdot 3,5 \text{ м}^3/\text{тону} = 175 \text{ м}^3/\text{добу}$$

При роботі у дві зміни (16 годин на добу), годинний обсяг стічних вод становитиме:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{доб}} / \text{Кількість годин роботи}$$

$$Q_{\text{год}} = 175 \text{ м}^3/\text{добу} / 16 \text{ годин} = 11 \text{ м}^3/\text{годину}$$

2) *Характеристика стічних вод.* Стічні води молокозаводів характеризуються високим вмістом органічних речовин (лактоза, білки, жири), завислих речовин, азоту та фосфору. Вони мають високе значення біохімічного споживання кисню (БСК₅) та хімічного споживання кисню (ХСК).

Орієнтовні показники стічних вод наступні (рис. 3.6):

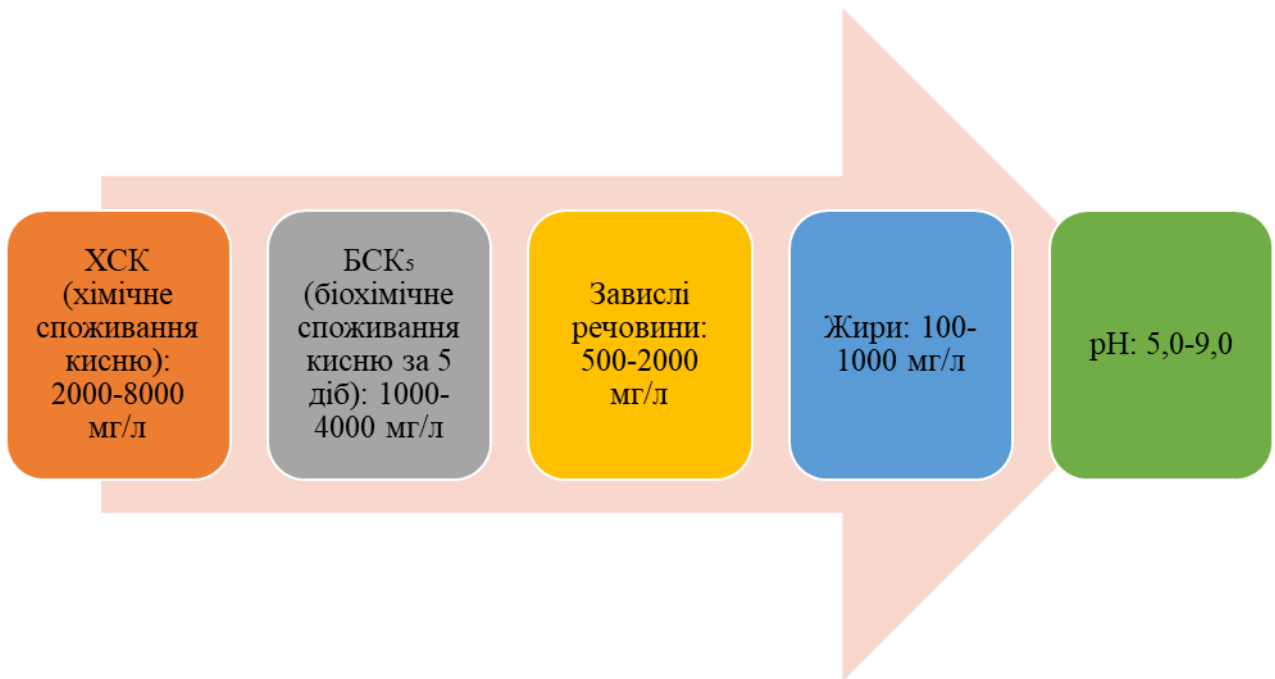


Рисунок 3.6. Показники стічних вод підприємств молочної промисловості

3) *Вибір та обґрунтування технологічної схеми очищення.* Для ефективного очищення стічних вод молокозаводів зазвичай застосовується комбінована схема, що включає механічну, фізико-хімічну та біологічну очистку. Етапи очищення:

1. Механічна очистка:

- решітки (грати): затримання великих механічних домішок (залишки упаковки, сирної маси тощо);
- пісковловлювачі: видалення важких мінеральних домішок (пісок, дрібні камінці);
- жируловлювачі: виділення жирів та масел, які мають меншу густину, ніж вода.

2. Усереднювач:

- для вирівнювання витрати та концентрації забруднень, що надходять нерівномірно протягом доби.

3. Фізико-хімічна очистка (за потреби):

- коагуляція та флокуляція: додавання реагентів (коагулянтів та флокулянтів) для агрегації дрібних завислих частинок та колоїдів, що полегшує їх осадження або флотацію.
- флотація: ефективна для видалення жирів, масел та тонкодисперсних завислих речовин. У цьому процесі дрібні бульбашки повітря прикріплюються до частинок забруднень, піднімаючи їх на поверхню.

4. Біологічна очистка:

- аеротенки: основний етап очищення, де мікроорганізми в присутності кисню розкладають органічні забруднення. Для стічних вод молокозаводів часто застосовують аеротенки з повним окисленням або аеротенки-змішувачі.
- вторинні відстійники: для відділення активного мулу від очищеної води після біологічної очистки.

5. Доочистка (залежить від вимог до скиду):

- піщані фільтри: для видалення дрібних завислих речовин, що залишилися.
- вугільні фільтри: для адсорбції розчинених органічних речовин та покращення кольору та запаху.
- знезараження: ультрафіолетове опромінення або хлорування для знищення патогенних мікроорганізмів перед скидом.

6. Обробка осадів:

- мулоущільнювачі: для зменшення обсягу активного мулу.
- механічне зневоднення: фільтр-преси або центрифуги для відділення води від мулу, зменшуючи його обсяг для подальшої утилізації.

4) Розрахунок основних параметрів обладнання

4.1. Обсяг жируловлювача при $Q_{\text{год}}=11$ м³/годину може бути розрахований виходячи з часу перебування стічних вод (1-2 години):

$$V = 11 \text{ м}^3/\text{годину} \cdot 2 \text{ години} = 22 \text{ м}^3.$$

Для даних параметрів роботи обираємо прямокутну ємність жируловлювача з розмірами $4 \times 3 \times 1,8$ м (відповідно довжина \times ширина \times глибина).

4.2. Обсяг усереднювача розраховується, виходячи з доби нерівномірного надходження стічних вод, зазвичай 0,5-1 добовий обсяг:

$$V = 175 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 0,75 = 131 \text{ м}^3$$

Усереднювачем може бути круглий резервуар з мішалкою.

4.3. Обсяг аеротенка залежить від кількості органічних забруднень, що надходять, та часу перебування стічних вод (12-24 години для повного окислення). Для молокозаводів з високим БСК₅, час перебування може бути більшим. За умови, що БСК₅ стічних вод становить 2000 мг/л.

$$L_{\text{БСК}_5} = Q_{\text{доб}} \times \text{БСК}_5$$

$$L_{\text{БСК}_5} = 175 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 2000 \text{ мг/л} = 175 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 2 \text{ кг/м}^3 = 350 \text{ кг БСК}_5/\text{добу}.$$

Питоме навантаження на активний мул (зазвичай 0,15-0,3 кг БСК₅/кг сухої речовини мулу на добу). За умови перебування 18 годин:

$$V_{\text{аеротенка}} = Q_{\text{доб}} \times \text{Час перебування (в добах)}$$

$$V_{\text{аеротенка}} = 175 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 0,75 \text{ доби} = 131 \text{ м}^3.$$

Система аерації потребує значного обсягу повітря (2-4 м³ повітря на 1 м³ стічних вод на годину).

4.4. Вторинний відстійник розраховується за швидкістю осадження активного мулу (0,5-1,5 м/годину) та добовим обсягом:

$$S_{\text{відстійника}} = Q_{\text{доб}} / (\text{Швидкість осадження} \times 24 \text{ години})$$

$$S = 175 \text{ м}^3/\text{добу} / (1 \text{ м/годину} \cdot 24 \text{ години/добу}) \approx 7,3 \text{ м}^2$$

З урахуванням коефіцієнту запасу, приймаємо 10 м²

4.5. Обсяг надлишкового активного мулу становить близько 0,05-0,1 кг сухої речовини на 1 кг видаленого БСК. При 350 кг БСК₅/добу, утвориться близько 30 кг сухої речовини мулу на добу. Задля зневоднення мулу необхідно передбачити улаштування фільтр-пресу або центрифуги.

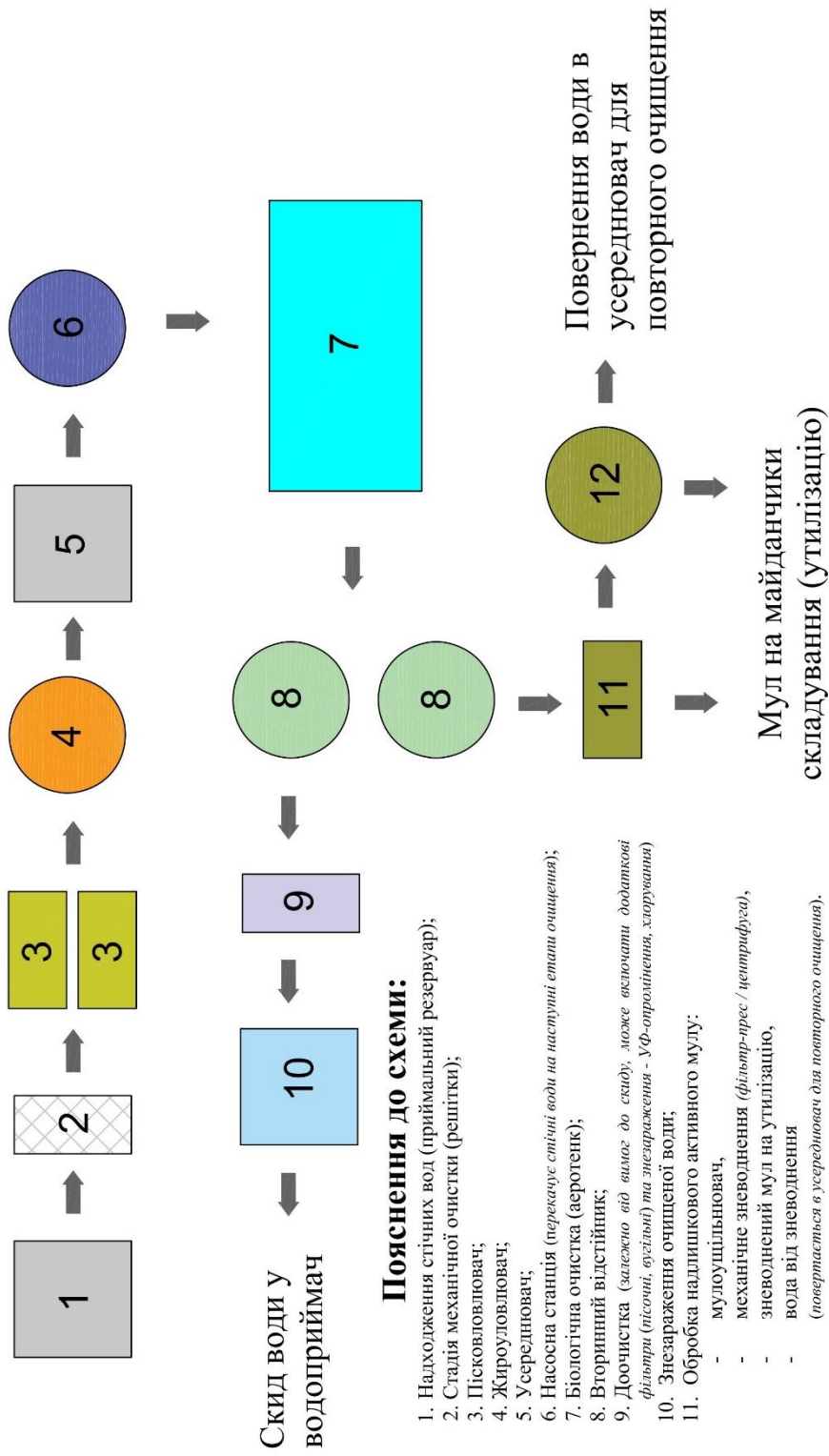


Рисунок 3.7. Технологічна схема роботи очисних споруд на підприємстві молочної промисловості

3.4. Технологічний розрахунок лінії молокозаводу продуктивністю 50 т/добу з утворенням вторинних сировинних ресурсів

Основою для розрахунку технологічної є дані (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Вихідні дані для розрахунків технологічної лінії молокозаводу з утворенням вторинних сировинних ресурсів

№	Показник	Кількість
1	Продуктивність заводу	50 тон/добу (переробка незбираного молока)
2	Вихід вершків (для виробництва масла/сметани)	10-12% від об'єму молока
3	Вихід молочної сироватки (при виробництві сиру/творогу)	80-90% від об'єму молока
4	Вихід знежиреного молока (ЗМ)	85-90% від об'єму молока (після відділення вершків)
5	Вихід маслянки (при виробництві масла)	5-10% від об'єму вершків
6	Водоутворення стічних вод	3,5 м ³ /тону переробленого молока
7	Концентрація забруднень у стічних водах	ХСК 5000 мг/л

Перспективні напрями використання вторинних ресурсів.

1) Використання молочної сироватки (20 600 л/добу). Вихід сухої молочної сироватки (СМС) з рідкої сироватки становить ~5,5%:

$$20600 \text{ л/добу} \cdot 0,055 = 1133 \text{ кг СМС/добу}$$

Такий обсяг сухої молочної сироватки може бути реалізований як інгредієнт для хлібопекарської, кондитерської, м'ясної промисловості, виробництва морозива тощо. Ще одним перспективним напрямом може бути виробництво сироваткових напоїв. При направленні 50% сироватки (10 300 л/добу) можна отримати еквівалент даного обсягу у вигляді готових сироваткових напоїв (з додаванням цукру, ароматизаторів).

На сьогодні актуальним є виробництво біогазу. За умови спрямування всього обсягу сироватки (20 600 л/добу на біогазову установку можна отримати наступний ефект. Вихід біогазу з сироватки сягає близько 40 м³ біогазу на 1 м³ сироватки, що залежить від технології та складу сироватки:

$$20,6 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 40 \text{ м}^3 \text{ біогазу}/\text{м}^3 \text{ сироватки} = 824 \text{ м}^3 \text{ біогазу}/\text{добу}$$

Енергетичний еквівалент при цьому становитиме з 1 м³ біогазу близько 6 кВт·год. Таким чином, з вторинних ресурсів молочної промисловості у вигляді сироватки переробленої на біогаз, може бути вироблено близько 5000 кВт·год енергії. При вартості 1 кВт біогазу на рівні 6-9 грн підприємство зможе економити близько 30-45 тис. грн на електроенергії.

2) *Використання знежиреного молока.* За умов роботи підприємства заданої технологічної потужності може утворюватися близько 42 700 л/добу знежиреного молока. Виробництво сухого знежиреного молока (СЗМ) при виході 9,5% становитиме:

$$42700 \text{ л/добу} \cdot 0,095 = 4056,5 \text{ кг СЗМ/добу}$$

Сухе знежирене молоко є високоліквідним продуктом і активно використовується в хлібопекарській, кондитерській, м'ясній промисловості, виробництві дитячого харчування.

Виробництво кисломолочних продуктів (кефір, йогурт, сир кисломолочний) за умови залучення 50% ЗМ становитиме 21 350 л/добу.

Виробництво знежиреного сиру (вихід сиру ~12-15%) складе:

$$21350 \text{ л/добу} \cdot 0,13 = 2775,5 \text{ кг знежиреного сиру/добу}$$

3) *Використання маслянки* становитиме 485 л/добу. Вироблена питна маслянка може бути пастеризовано та розлита для продажу як окремий напій. Виробництво сухої маслянки при виході 4,5% складе:

$$485 \text{ л/добу} \cdot 0,045 = 21,8 \text{ кг сухої маслянки/добу}$$

Суша маслянка може бути застосована як інгредієнт для хлібобулочних виробів, морозива.

4) *Стічні води*. За наших умов виробництва завод буде продукувати 175 м³/добу стічних вод. Такий вид стічних вод також може бути успішно застосований для переробки у біогазовій установці. Якщо стічні води мають ХСК 4000 мг/л, загальне органічне навантаження становитиме:

$$175 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 4 \text{ кг ХСК/м}^3 = 700 \text{ кг ХСК/добу.}$$

Вихід біогазу залежить від ефективності анаеробного зброджування, але орієнтовно складає 0,25 м³ біогазу на 1 кг ХСК:

$$700 \text{ кг ХСК/добу} \cdot 0,25 \text{ м}^3 \text{ біогазу/кг ХСК} = 175 \text{ м}^3 \text{ біогазу/добу}$$

Відповідно енергетичний еквівалент складе $175 \cdot 6 = 1050$ кВт·год енергії/добу. При вартості 1 кВт біогазу на рівні 6-9 грн підприємство зможе економити близько 6-9 тис. грн на електроенергії. Комбіноване зброджування

сироватки та стічних вод дасть ще більший вихід біогазу. Сумарний ефект від біогазової установки може сягати близько 50 тис. грн.

Додатковим елементом вторинних ресурсів може бути повторне залучення очищеної технічної води у повторний виробничий процес підприємства. Після повної очистки, до 50-70% очищеної води може бути повторно використано для технічних потреб (миття тари, підлоги, охолодження обладнання):

$$175 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 0,6 = 105 \text{ м}^3/\text{добу} \text{ технічної води}$$

Це дозволяє значно зменшити споживання свіжої води.

Отже загальним позитивним ефектом від використання і залучення вторинних ресурсів молочного виробництва у технологічні процеси є:

- ✓ *економічна вигода* – переробка вторинних ресурсів дозволяє отримати додаткові товарні продукти, що підвищує рентабельність підприємства. Наприклад, продаж сухої молочної сироватки та сухого знежиреного молока, сироваткових напоїв.
- ✓ *екологічна вигода* – значне зменшення обсягів відходів, що скидаються, зниження навантаження на очисні споруди та навколишнє середовище; виробництво біогазу є ефективним методом утилізації органічних відходів та генерації власної енергії.
- ✓ *раціональне використання ресурсів* – відповідає принципам циркулярної економіки, де відходи одного процесу стають сировиною для іншого.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ ПІДПРИЄМСТВ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

4.1. Основні небезпеки та шкідливі виробничі фактори на підприємстві молочної промисловості

Робота на підприємствах молочної промисловості пов'язана з низкою потенційних небезпек, які вимагають суворого дотримання правил охорони праці та техніки безпеки. Це не лише обов'язок роботодавця, а й записка збереження життя та здоров'я працівників, а також безперебійної роботи підприємства [1, 7, 8].

Основні небезпеки та шкідливі виробничі фактори наступні:

1. Механічні небезпеки:

- *рухомі частини обладнання* – зона дії обертових, рухомих, ріжучих та інших частин машин (відцентрові насоси, гомогенізатори, сепаратори, лінії розливу, конвеєри). Ризик затягування, ударів, порізів, розчавлення;
- *падіння предметів* – інструменти, тара, деталі обладнання;
- *падіння працівників* – на слизьких поверхнях (молоко, вода, жир), сходах, при перепадах висот;
- *травми від ручного інструменту* – неправильне використання, несправність інструменту;
- *транспортні засоби* – рух навантажувачів, візків на території підприємства.

2. Термічні небезпеки:

- *високі температури* – гарячі поверхні обладнання (пастеризатори, стерилізатори, сушарки), пар, гаряча вода, ризик опіків;
- *низькі температури* - робота в холодильних камерах, з рідким азотом (для заморожування). Ризик обмороження.

3. Хімічні небезпеки:

- *агресивні миючі та дезінфікуючі засоби* – кислоти, луги, хлоровмісні розчини. Ризик хімічних опіків шкіри та слизових оболонок, отруєнь парами;
- *аміак (холодильні установки)* – витік аміаку може призвести до серйозних отруєнь, опіків дихальних шляхів;
- *гази (вуглекислий газ)* з установок газування молока або упаковки.

4. Електричні небезпеки:

- *ураження електричним струмом* – несправність електроустановок, порушення ізоляції проводів, відсутність заземлення, робота з мокрими руками.

5. Біологічні небезпеки:

- *мікроорганізми* – можливе забруднення продукції патогенними мікроорганізмами, ризик інфекційних захворювань у працівників (хоча й низький при дотриманні санітарних норм);
- *алергічні реакції* – на компоненти молока, миючі засоби.

6. Фізичні фактори:

- *шум* – від роботи обладнання (компресори, насоси). Ризик порушення слуху;
- *вібрація* – від роботи певного обладнання;
- *недостатнє освітлення* – підвищує ризик травматизму;
- *підвищена вологість* – сприяє ковзанню.

4.2. Основні заходи з охорони праці та техніки безпеки на підприємствах молочної промисловості

Основні заходи з охорони праці та техніки безпеки на підприємствах молочної промисловості є наступні [1, 7, 8]:

1. Організаційні заходи:

- *розробка та затвердження інструкцій з охорони праці* – для всіх видів робіт та професій, з урахуванням специфіки обладнання;
- *навчання та інструктажі* – обов'язкове проведення вступних, первинних, повторних, позапланових та цільових інструктажів з охорони праці для всіх працівників;
- *медичні огляди* – регулярні попередні (при прийомі на роботу) та періодичні медичні огляди для працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами праці;
- *видача засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)* – спецодяг, спецвзуття, рукавички, захисні окуляри, респіратори, навушники/беруші – відповідно до типових норм та характеру роботи;
- *забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов* – регулярне прибирання, дезінфекція, вентиляція, забезпечення чистою питною водою, побутові приміщення (гардеробні, душові, туалети);
- *розробка планів ліквідації аварійних ситуацій* – зокрема, при витокі аміаку, великих розливах, пожежах.

2. Технічні заходи:

- *безпечне обладнання* – використання справного, сертифікованого обладнання, що відповідає нормам безпеки;
- *захисні огороження* – встановлення на рухомих і небезпечних частинах машин;

- *блокувальні пристрої* – забезпечення неможливості запуску обладнання при відкритих захисних огороженнях;
- *аварійні кнопки* – доступність та справність кнопок аварійної зупинки обладнання;
- *сигналізація* – світлова та звукова сигналізація про пуск обладнання, перевищення допустимих параметрів;
- *заземлення та занулення* – надійне заземлення та занулення електрообладнання;
- *вентиляція* – ефективна припливно-витяжна вентиляція в цехах, особливо в приміщеннях з можливим виділенням шкідливих речовин;
- *протиковзні покриття* – на підлозі в цехах, де можливе утворення мокрих або жирних поверхонь;
- *освітлення* – достатнє та рівномірне освітлення робочих місць;
- *автоматизація процесів* – максимальне зменшення ручної праці та контакту працівників з небезпечними зонами.

3. Виробнича санітарія та гігієна:

- *дотримання санітарних норм і правил* – регулярне миття та дезінфекція обладнання, приміщень, інвентарю;
- *контроль якості сировини та готової продукції*;
- *персональна гігієна працівників* – регулярне миття рук, носіння чистого спецодягу.

Відмітимо, що роботодавець несе повну відповідальність за створення безпечних та здорових умов праці, дотримання законодавства про охорону праці. Працівник зобов'язаний дотримуватися інструкцій з охорони праці, правильно застосовувати ЗІЗ, повідомляти керівництво про будь-які небезпечні ситуації або несправності.

Дотримання цих правил є невід'ємною частиною виробничого процесу на підприємствах молочної промисловості, що забезпечує не лише безпеку, а й високу якість продукції та ефективність роботи.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі поставлені та успішно вирішені наступний ряд задач:

- проаналізовані технологічні особливості роботи підприємств з переробки сирого молока та виробництва молочних продуктів;
- дослідженні перспективні технології та напрями використання вторинних сировинних ресурсів молочної промисловості у контексті розвитку циркуляційної економіки;
- обґрунтуванні раціональні технологічні рішення та розраховані параметри утворення і повторного використання вторинних ресурсів молочної промисловості;
- розглянуті питання забезпечення належного рівня техніки безпеки та охорони праці на підприємствах молочної галузі.

До основних видів продукції молочної галузі належать: продукція з незбираного молока; кисломолочні продукти; вершкове масло; сир; молочні консерви; сухе молоко; морозиво.

До побічних продуктів і відходів, які використовуються, відносяться: знежирене молоко, молочна сироватка, маслянка, альбумінове молоко, білкова маса, меляса, барда.

У світі активно розвиваються технології для повного та ефективного використання вторинних сировинних ресурсів (ВСР) молочної галузі. Такі розробки ведуться у двох основних напрямках: використання ВСР у натуральному вигляді або отримання стійких, стабільних при зберіганні концентратів. У деяких країнах світу знежирене молоко переважно направляється на промислову переробку, наприклад: у США та Нідерландах – 100%; у Франції та Італії – близько 95%; у Великій Британії та Німеччині – понад 85%; у Данії – до 70%.

Визначено, що перспективним для розвитку молочної промисловості в Україні є серйозна структурна перебудова виробництва, яка передбачає

збільшення обсягів молока, що йде на виробництво незбираної молочної продукції, дитячого та лікувально-дієтичного харчування, а також розширення асортименту продукції з низьким вмістом жиру, збагаченої білками, рослинним жиром та вітамінами.

До перспективних напрямів робіт можна віднести удосконалення наукових засад комплексного розвитку та інтеграції підприємств молочної промисловості з іншими переробними виробництвами та підприємствами сільського господарства в рамках агропромислового комплексу (АПК). Така співпраця дозволить спільно вирішувати еколого-економічні проблеми в умовах ринкової (циркуляційної) економіки.

Для умов нашого підприємства з технологічним циклом переробки молока продуктивністю 50 тон/добу: жирність вершків складає 30%; середня жирність молока, що надходить до технологічної лінії становить 4,5%; концентрація сухих речовин 15%; обсяг знежиреного молока 42,64 тони; концентрація сухих речовин у знежиреному молоці 8%; маса сухого знежиреного молока 3,59 тон.

Параметри роботи очисного обладнання на підприємстві наступні: добовий обсяг стічних вод 175 м³/добу; обсяг жируловлювача 22 м³; обсяг усереднювача 131 м³; обсяг аеротенка 131 м³; площа вторинного відстійника 10 м². Склад та технологія роботи очисних споруд молочного заводу може передбачати застосування наступних конструктивних елементів і рішень: решітки, пісковловлювачі, жируловлювачі, усереднювач, коагуляція та флокуляція, флотація, аеротенки, вторинні відстійники, піщані фільтри, вугільні фільтри, мулоуцілювачі, механічне зневоднення, знезараження.

Утворення вторинних сировинних ресурсів для технологічної лінії молокозаводу продуктивністю 50 т/добу є наступним. Вихід сухої молочної сироватки 1133 кг/добу. За умови спрямування всього обсягу сироватки (20 600 л/добу на біогазову установку можна отримати 824 м³ біогазу/добу. Енергетичний еквівалент при цьому становитиме близько 5000 кВт·год енергії.

При вартості 1 кВт біогазу на рівні 6-9 грн підприємство зможе економити близько 30-45 тис. грн на електроенергії.

Виробництво сухого знежиреного молока при виході 9,5% становитиме 4056,5 кг/добу. Виробництво кисломолочних продуктів (кефір, йогурт, сир кисломолочний) за умови залучення 50% ЗМ становитиме 21 350 л/добу. Виробництво знежиреного сиру (вихід сиру ~12-15%) складе 2775,5 кг/добу.

Вироблена питна маслянка може бути пастеризовано та розлита для продажу як окремий напій. Виробництво сухої маслянки при виході 4,5% складе 21,8 кг/добу.

За наших умов виробництва завод буде продукувати 175 м³/добу стічних вод. Вихід біогазу зі стічних вод орієнтовно складає 175 м³ біогазу/добу. Комбіноване зброджування сироватки та стічних вод дасть ще більший вихід біогазу. Сумарний ефект від біогазової установки може сягати близько 50 тис. грн.

Додатковим елементом вторинних ресурсів може бути повторне залучення очищеної технічної води у повторний виробничий процес підприємства, що становить 105 м³/добу технічної води. Це дозволяє значно зменшити споживання свіжої води.

У роботі розглянуті питання забезпечення належного рівня системи охорони праці та техніки безпеки під час роботи технологічного обладнання підприємств молочної промисловості.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник / В. В. Сокурєнко, О. М. Бандурка, С. М. Бортник та ін. ; за заг. ред. В. В. Сокурєнко ; Харків. нац. ун-т внутр. справ. – Харків : ХНУВС, 2021. – 308 с. ISBN 978-966-610-248-8.
2. Грек О. В. Молокопереробка. Інновації :и підручник / О. В. Грек, О. О. Красуля ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. – 390 с.
3. Грек О. В. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки : навч. посібник / О. В. Грек, Г. Є. Поліщук, О. О. Онопрійчук ; МОН молоді та спорту України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2011. – 210 с.
4. Гуць В.С., Топчій О. А., Неліна К.П. Рациональне використання вторинних сировинних ресурсів молочної і зернопереробної промисловості. *Харчова промисловість*. 2005. № 4. С. 13-16.
5. ДСТУ 2212:2003. Молочна промисловість. Виробництво молока та кисломолочних продуктів. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2003.
6. ДСТУ 7170:2010. Молочна промисловість. Продукти молочні та молокозмісні. Номенклатура та вимоги до назв. Київ : Держспоживстандарт України, 2010.
7. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в ланцюгу виробництва харчових продуктів (ISO 22000:2018, IDT). Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2019.
8. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2019.

9. Єресько Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв : навч. посіб. / Г. О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворощук. – Київ : Інкос, Центр навч. літ., 2007. – 344 с.
10. Іванов С.В., Грек О.В., Осьмак Т.Г. 2017. Молокопереробка. Промисловий інжиніринг. НУХТ, 275 с. ISBN 978-966-612-194-6
11. Методичні положення та норми продуктивності у виробництві молочних продуктів / В. В. Вітвіцький, Г. Т. Шкурін, В. І. Ковальчук, А. Є. Величко.– Київ : Украгропромпродуктивність, 2005. – 468 с.
12. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
13. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 4.:Технології поводження з відходами харчових виробництв / за редакцією В.Г. Петрука та ін. Херсон: Олді-плюс, 2019, 520 с.
14. Товстоного В. Обґрунтування технології виробництва комбікормів з використанням солоної молочної сироватки. Дипломна робота магістра Дніпровського державного аграрно-економічного університету. 2024, 72 с.