

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

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок
та косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ
Оксана КОЧУБЕЙ-
ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
Тамара НОСЕНКО
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**
зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення технології отримання молочної кислоти

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-13

МОДЖЕНКОВА Марія Андріївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник РОМАНОВА Олеся Олександрівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

(підпис)

Віра ІЩЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач (ка)

(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Модженкова Марія Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання молочної кислоти

керівник роботи Романова Олеся Олександрівна, к.т.н, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “15”квітня 2024 року № 296-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи потужність виробництва молочної кислоти становить 1000 кг/добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратно-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 3. Креслення апарату (загальний вигляд), формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	13. 05.2024	31.05.2024

7. Дата видачі завдання _____ 16 квітня 2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	13.05.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14.05.2024-16. 05.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17. 05.2024-20. 05.2024	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	21. 05.2024-23. 05.2024	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	24. 05.2024-25. 05.2024	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	24.05.2024-27.05.2024	
7	ВИСНОВКИ	30.05.2024-31. 05.2024	
8	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02. 05.2024-30. 05.2024	
9	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13. 05.2024-19. 05.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20. 05.2024-28. 05.2024	
11	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	03.06.2024-07.06.2024	

Здобувач _____
(підпис)

Марія МОДЖЕНКОВА _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олеся РОМАНОВА _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: кількість сторінок 78, кількість рисунків 17, кількість таблиць 16, кількість рівнянь 17, кількість літературних посилань 33.

Під час написання кваліфікаційної роботи була проаналізована науково технічна література відносно властивостей молочної кислоти, галузей її використання, стану сировинної бази, та існуючих технологій виробництва харчової добавки. Також робота включає в себе шляхи удосконалення технології отримання кислоти.

Кваліфікаційна робота включає в себе технологічну частину, до складу якої входять описані характеристика сировини для виробництва, розроблену та описану принципово-технологічну схему, розрахований по стадіям матеріальний розрахунок, розрахунок і підбір основного технологічного обладнання та розробку і опис апаратурно-технологічної схеми.

Також робота включає в себе описане та розраховане техніко-економічне обґрунтування виробництва, організація та контроль якості продукції, екологічну частину та охорону праці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОЛОЧНА КИСЛОТА, ХАРЧОВА ДОБАВКА E270, ЦЕЛЮЛОЗА, ІОНИ СВИНЦЮ (II), УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА, ТЕХНОЛОГІЇ, АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ПРИНЦИПОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ЕКОНОМІКА, ЗМІШУВАЧ З ЛОПАТЕВОЮ МІШАЛКОЮ.

ABSTRACT

The qualification work contains: the number of pages 78, the number of figures 17, the number of tables 16, the number of equations 17, the number of literary references 33.

During the writing of the qualification paper, the scientific and technical literature was analyzed regarding the properties of lactic acid, the fields of its use, the state of the raw material base, and the existing technologies for the production of the food additive. The work also includes ways of improving the technology of obtaining acid.

The qualification work includes the technological part, which includes the described characteristics of the raw materials for production, the developed and described basic technological scheme, the material calculation calculated by stages, the calculation and selection of the main technological equipment, and the development and description of the equipment and technological scheme.

Also, the work includes a described and calculated technical and economic justification of production, organization and quality control of products, environmental part and labor protection.

KEY WORDS: LACTIC ACID, FOOD ADDITIVE E270, CELLULOSE, LEAD IONS (II), PRODUCTION IMPROVEMENT, TECHNOLOGY, HARDWARE AND TECHNOLOGY SCHEME, PRINCIPAL TECHNOLOGY SCHEME, MATERIAL BALANCE, ECONOMY , BLENDER MIXER.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ...	11
1.1 Властивості молочної кислоти	11
1.2 Галузі використання молочної кислоти.....	15
1.3 Стан сировинної бази.....	16
1.4 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки.....	17
1.5 Шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки.....	21
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	23
2.2 Опис принципово-технологічної схеми.....	27
2.3 Матеріальний розрахунок.....	30
2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.....	34
2.4.1 Розрахунок змішувача лопатевою мішалкою.....	34
2.4.2 Підбір обладнання.....	38
2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми	48
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	51
3.1 Розрахунок собівартості за сировиною	51
3.2 Розрахунок витрат на заробітну плату штату.....	52
3.3 Розрахунок витрат на обладнання.....	55
3.4 Калькуляція собівартості продукції	57
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	59

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> РОМАНОВА О. О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
НУХТ	<i>Розробник документа</i> МОДЖЕНКОВА М. А.	<i>Назва, додаткова назва</i>	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.006.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.	ЗМІСТ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 13.05.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/78

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	66
5.1 Охорона навколишнього середовища	66
5.2 Охорона праці на виробництві	68
5.2.1 Повітря робочої зони.....	68
5.2.2 Виробниче освітлення.....	69
5.2.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій	69
5.2.4 Рівні шуму на робочих місцях	70
5.2.5 Засоби індивідуального захисту на виробництві.....	71
5.2.6 Пожежна безпека	72
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	76

ВСТУП

Молочна кислота є важливим компонентом у багатьох галузях виробництва, що створює високий попит на цей продукт. Застосування молочної кислоти охоплює харчову промисловість, де вона використовується як регулятор кислотності та консервант, хімічну промисловість для виробництва полімерів, а також косметичну та фармацевтичну галузі. Таким чином, її значення для промисловості України є надзвичайно важливим [1].

Технологія хімічного виготовлення молочної кислоти, що описана у даній кваліфікаційній роботі, є економічно вигідною та спрямована на отримання безпечного і якісного продукту. Вона відрізняється від традиційного процесу бродіння тим, що не використовує ферментацію для переробки вуглеводної сировини. Замість цього, процес базується на хімічних реакціях за участю відповідних каталізаторів і розчинників. Саме хімічний метод є більш економічно вигідним для виготовлення молочної кислоти, але присутні і недоліки, до складу, готового продукту надходить більша частина небажаних домішок.

Виготовлення молочної кислоти хімічним методом з целюлози за допомогою каталізатора, а саме свинця (II), включає низку складних перетворень, таких як перетворення целюлози у глюкозу, ізомеризація глюкози у фруктозу, ретро-альдольна фрагментація фруктози з утворенням тріоз, та ізомеризація тріоз у молочну кислоту. Для цього методу розроблені апаратурно-технологічна та принципово-технологічні схеми виробництва, а також розрахований матеріальний баланс по стадіях та описані стандарти, що застосовуються до сировини і кінцевого продукту [2].

Актуальність розробки виготовлення молочної кислоти з целюлози полягає в кількох ключових аспектах. По-перше, це екологічність: використання

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> РОМАНОВА О. О	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> МОДЖЕНКОВА М. А	<i>Назва, додаткова назва</i> ВСТУП	<i>ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.008.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 13.05.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 8/78

целюлози, яка є відновлюваною сировиною, знижує залежність від викопних джерел, сприяє зменшенню викидів парникових газів і знижує екологічний вплив виробництва. По-друге, економічна ефективність: використання відходів рослинного походження, наприклад, сільськогосподарських відходів, як сировини може знизити витрати на виробництво молочної кислоти. По-третє, біорозкладаність: молочна кислота використовується для виробництва біорозкладних полімерів, що допомагає вирішувати проблему забруднення пластиком. Нарешті, промислове застосування: молочна кислота має широкий спектр застосувань у харчовій, фармацевтичній та хімічній промисловості, що робить її виробництво стратегічно важливим. Ця розробка відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку та зелених технологій, сприяючи переходу до циркулярної економіки.

Мета дослідження: удосконалення технології отримання молочної кислоти з целюлози.

Об'єкт дослідження: технологія отримання молочної кислоти.

Предмет дослідження: молочна кислота, як харчова добавка E270.

Завдання дослідження:

- Провести аналіз науково-технічної літератури, що до властивостей молочної кислоти, галузей її використання, стану сировинної бази та технологій виробництва кислоти;
- Запропонувати шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки;
- На основі нормативної документації описати стан сировинної бази, організацію контролю якості продукції та охорону праці виробництва;
- Згідно технології отримання сировини, та запропонованого удосконалення, розробити та описати принципово-технологічну, апаратурно-технологічну схеми виробництва, та матеріальний баланс, кожної стадії;

- Проаналізувати основне технічного обладнання та провести розрахунок змішувача з лопатевою мішалкою;
- Провести техніко-економічне обґрунтування технології, а саме розрахувати собівартість сировини, витрати на заробітною плату, витрати на обладнання, та розрахувати калькуляцію собівартості продукції.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Властивості молочної кислоти

Молочна кислота ($C_3H_6O_3$), також відома як α -оксипропіонова або 2-гідроксипропанова кислота, одночасно має карбонову групу та спиртовий гідроксил. Вона є одноосновною двохатомною оксикислотою. Кислота є нешкідливою і класифікується як загально визнана та безпечна (GRAS) [1,3].

E – індекс: E 270

Молочна кислота, в продуктах харчування використовується як консервант, вона має антисептичну дію, перешкоджає бродінню продуктів.

Гігієнічні норми (МДР) – молочна кислота дозволена для застосування без обмежень.

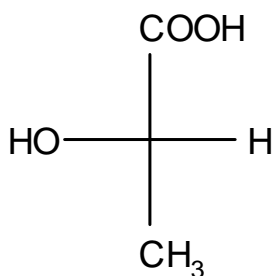
Назва по системі ІЮПАК: α -оксипропіонова одноосновна оксикарбонова кислота

Хімічна формула - $CH_3CH(OH)COOH$.

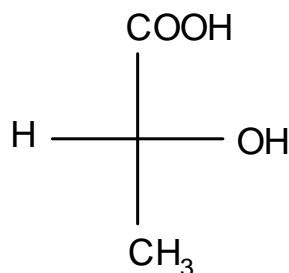
Молярна маса – 90,08 г/моль

Досліджувана кислота існує у вигляді двох оптичних ізомерів D-(-)-молочної кислоти та L-(+)-молочної кислоти, що являються оптичними антиподами [4].

Структурна формула зображена на рис. 1.1.



L(+)-молочна кислота



D(+)-молочна кислота

Рис. 1.1 Структурна формула молочної кислоти

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження РОМАНОВА О. О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа МОДЖЕНКОВА М. А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 1	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.0011.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Інд. змін.	Дата видання 13.05.2024	Мова ua	Аркуш 11/78

У промисловості часто використовують одну з оптично чистих форм молочної кислоти (L або D), або їх суміш. Однак у біомедичній та харчовій галузях віддають перевагу L-молочній кислоті, оскільки вона може бути метаболізована клітинами тварин. Навпаки, D-молочна кислота не піддається метаболізму і може призвести до ацидозу, тому вона не бажана в організмі [3].

Молочна кислота має вигляд рідини від жовтого до безбарвного забарвлення та має сиропоподібна консистенцію, при температурі 15 °С та тиску 1013 бар. Кислота добре розчиняється у воді, етанолі та ефірі, нерозчинна в бензолі та хлороформі. Молекула молочної кислоти є гігроскопічною, тому її зазвичай отримують у вигляді концентрованого р-ну (до 90%). Кислота не має запаху [5].

Фізико-хімічні властивості молочної кислоти:

1. Температура плавлення:

- 53,0 °С (L-молочна кислота);
- 52,8 °С (D-молочна кислота);
- 16,8 °С (рацемічна LD-молочна кислота).

2. Температура кипіння змінюється при різних тисках:

- при 1,87 кПа - 103 °С;
- при 1,99 кПа - 122 °С

3. Густина:

- твердої молочної кислоти при 20 °С становить 1,249 г/л;
- у водному розчині при 25 °С становить 1,057 г/мл

4. В'язкість водного р-ну при 25 °С: 1,042 мПа*с;

5. Розчинність у воді: 1000000 мг/л;

6. рН водного р-ну: 1,75.

7. Константа дисоціації молочної кислоти: при 25 °С для ізомерів L і D становить 3,79 і 3,83

Хімічні властивості молочної кислоти.

Молочна кислота у своїй структурі містить дві функціональні групи, карбоксильну та гідроксильну. Гідроксильна група характерна для спиртів, тому кислота може виявляти властивості спиртів у деяких випадках [2].

Реакції за карбоксильною групою наведені на рис. 1.2 та рис. 1.3.

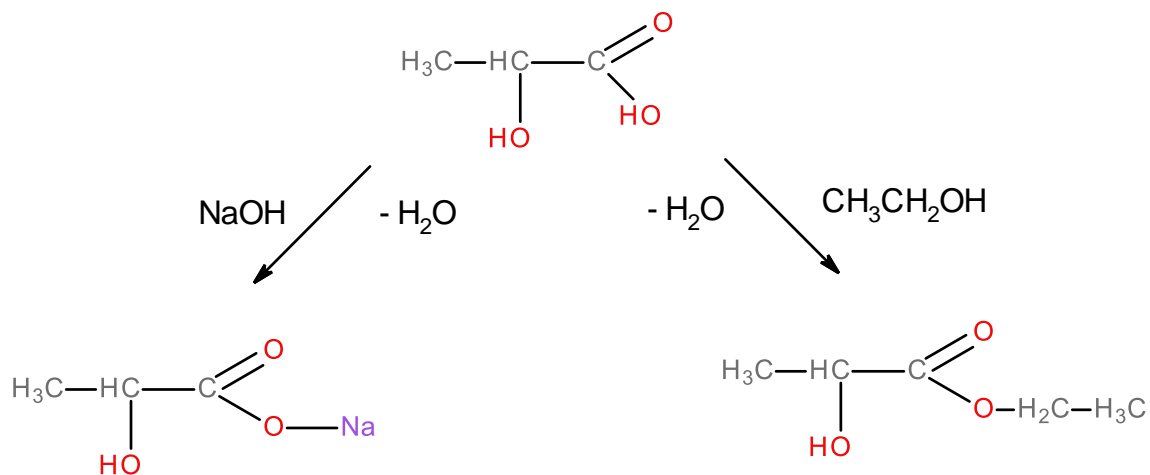


Рис. 1.2 Реакції що відбуваються за карбоксильною групою.

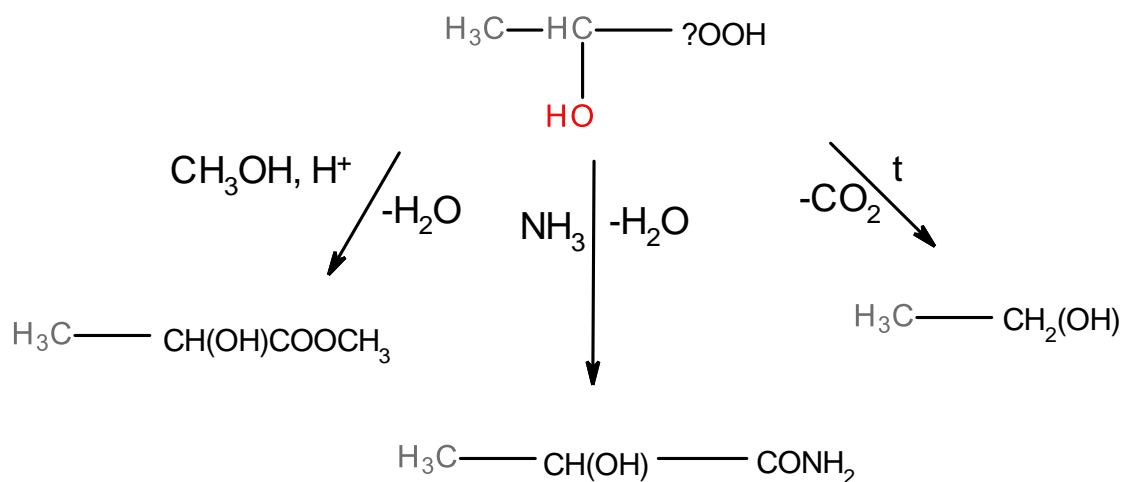


Рис. 1.3 Реакції що відбуваються за карбоксильною групою.

Реакції за гідроксильною групою наведені на рис. 1.4 та рис. 1.5

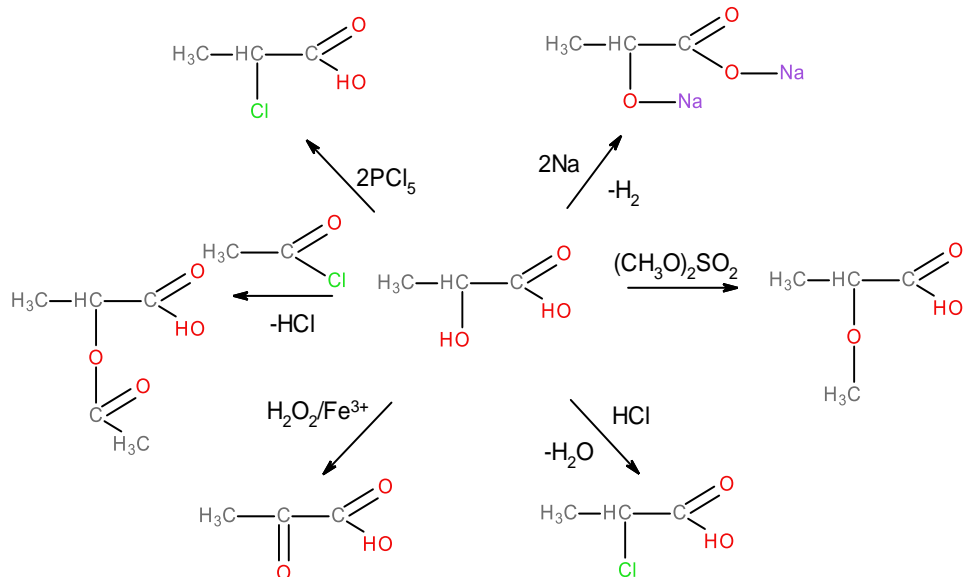


Рис. 1.4 Реакції що відбуваються за гідроксильною групою.

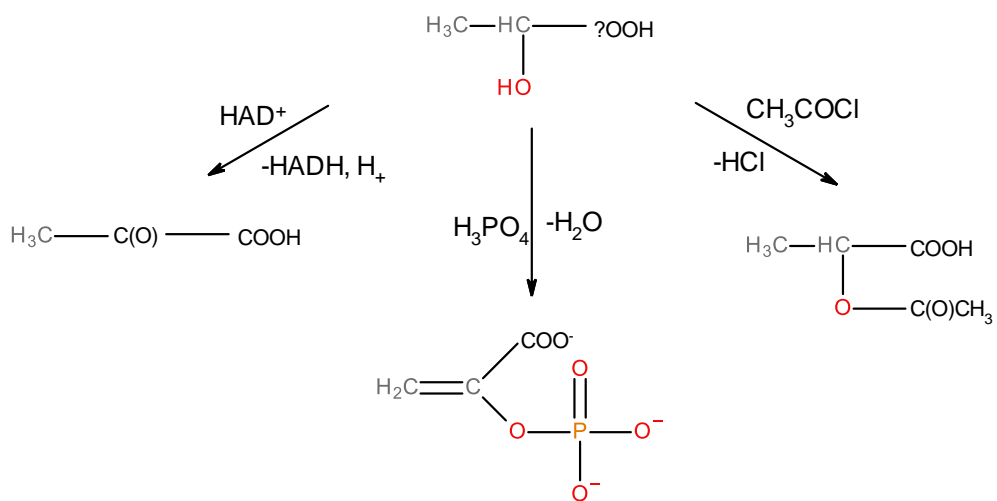


Рис. 1.5 Реакції що відбуваються за гідроксильною групою

Окиснення молочної кислоти при нагріванні з концентрованими мінеральними кислотами, наведений на рисунку 1.6.

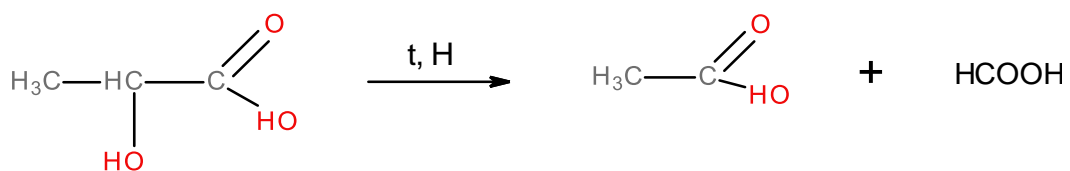


Рис. 1.6 Окиснення молочної кислоти

1.2 Галузі використання молочної кислоти

Молочна кислота знаходить своє застосування у багатьох галузях виробництва завдяки своїм корисним властивостям.

У харчовій промисловості молочна кислота використовується як консервант, регулятор кислотності та смаковий інгредієнт. Вона додається до напоїв, хлібобулочних виробів, кондитерських виробів і м'ясних продуктів для поліпшення смаку та збільшення терміну зберігання. Молочна кислота також використовується у виробництві заквасок для молочних продуктів, таких як йогурт та кефір.

У косметичній промисловості молочна кислота використовується як компонент у складі кремів, лосьйонів, пілінгів і інших засобів догляду за шкірою. Вона допомагає зволожувати шкіру, покращувати її текстуру, відлущувати мертві клітини та стимулювати вироблення колагену. Молочна кислота часто використовується в продуктах для догляду за проблемною шкірою, завдяки своїм антисептичним та протизапальним властивостям.

Молочна кислота є важливим проміжним продуктом у різних галузях хімічної промисловості. Вона використовується для виробництва полімерів, таких як полілактид (PLA), який є біорозкладним пластиком і використовується для виготовлення пакувальних матеріалів, одноразового посуду. Також молочну кислоту застосовують у синтезі розчинників, пластифікаторів та інших хімічних сполук.

У сільському господарстві молочна кислота використовується як добавка до кормів для тварин для поліпшення травлення і підвищення засвоюваності поживних речовин, також використовується як засіб для силосування, що дозволяє зберігати кормові культури без втрати їхньої поживної цінності. Кислоту застосовують для виробництва розчину для бджільництва проти кліщів, що атакують вулики та використовується як компонент у добривах і рідких засобах для захисту рослин від хвороб і шкідників.

У фармацевтичній промисловості кислоту використовують на виробництві мазей та антибактеріальних, протизапальних та протисвербіжних препаратів [1].

1.3 Стан сировинної бази

Молочну кислоту отримують шляхом молочнокислої ферментації (біохімічний метод) та хімічним синтезом.

При ферментативному або біохімічному методі використовують молочнокислі бактерії, що ефективно перетворюють глюкозу, майже повністю, у молочну кислоту шляхом Ембдена-Мейєргофа [3].

Під час проведення даного методу використовують різні джерела сировини, серед яких найпоширенішими є м'яса, сироватка, цукрові буряки, цукрова тростина, як джерело вуглеводів.

Молочна кислота може бути отримана хімічними методами. Молочна кислота може бути синтезована з нафтохімічних джерел, і цей процес включає кілька етапів. Спочатку етен окислюється в присутності хлориду паладію (II), утворюючи ацетальдегід. Далі ацетальдегід у рідкій фазі під високим тиском і в присутності основи перетворюється на лактонітрил. Лактонітрил потім відновлюють та очищують. Для гідролізу лактонітрилу з утворенням рацемічної суміші L- та D-молочної кислоти до реактора додають сірчану кислоту.

Іншим відомим методом хімічного синтезу молочної кислоти є лужне гідротермальне перетворення гліцерину в молочну кислоту та її лактати, що також призводить до утворення рацемічної суміші L- та D-молочної кислоти.

Також існують інші шляхи хімічного синтезу молочної кислоти, такі як:

- Окислення пропіленгліколю при низькій температурі.
- Перетворення пропену в α -нітропропіонову кислоту за допомогою азотної кислоти в присутності кисню, з подальшим гідролізом α -нітропропіонової кислоти в молочну кислоту.
- Хімічний синтез молочної кислоти з целюлози, каталізований іонами свинцю(II), що і описаний та покращений у звіті [1].

1.4 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки

Патент № 35418 «Спосіб приготування молочної кислоти» авторами якого є Дишкантюк Оксана Володимирівна, Капрельянц Леонід Вікторович. був зареєстрований 15.03.2001 року. Даний спосіб виготовлення молочної кислоти вирізняється тим що у ньому використовуються зернові муки, піддані ферментативному гідролізу амілолітичними ферментами. Процес включає в себе такі етапи, як підготовка сировини, зернові муки піддаються ферментативному гідролізу амілолітичними ферментами для розкладання полісахаридів крохмалю на низькомолекулярні цукри; гідроліз, суспензія зернової муки до 65°C та додання розчину амілосубтиліну, проведення гідролізу протягом 60 хвилин до отримання концентрації редуруючих речовин 10%; нейтралізація та бродіння, після гідролізу реакцію припиняють кип'ятінням, потім отриманий гідролізат охолоджують і додають мінеральні солі. Після цього додають культуру молочнокислих бактерій *Lactobacillus acidophilus* та ведуть процес бродіння при температурі 40°C; Молочну кислоту, що утворюється в розчині, періодично нейтралізують карбонатом кальцію. Переваги даного методу включають використання дешевої та доступної сировини, такої як зернові муки, а також отримання молочної кислоти високої якості за рахунок використання відповідної культури бактерій, мінеральні солі що додаються для покращення живильного середовища бактерій, можуть позитивно підвищити вихід молочної кислоти. Однак, недоліками можуть бути складність контролю процесу гідролізу та вплив на навколишнє середовище через велику кількість мінеральних солей, що використовуються [6].

Патент № 43035 «Спосіб приготування молочної кислоти» авторами якого є Ємельянова Ніна Григорівна, Ножкіна Ольга Василівна, був зареєстрований 15.11.2001 року. Спосіб виготовлення молочної кислоти передбачає розчинення цукру в цукромісткій сировині, пастеризацію, зброджування молочнокислими бактеріями *Lactobacillus delbruckii* з введенням сирної сироватки та солодових паростків з ячменю в масовому співвідношенні (0,95-1,05):(6,8-7,5):(17,7-19,6).

Періодична нейтралізація, додавання цукрового сиропу, обробка вапном та розклад лактату кальцію призводять до отримання розчину молочної кислоти, який піддається концентрації та виправленню з освітленням та фільтруванням. Даний метод приготування головного продукту, виділяється своїми перевагами, що включають в себе ефективне використання цукровмістної сировини, підвищення активності молочних бактерій, що збільшує ефективність процесу зброджування та скорочення витрат освітлюючих матеріалів. Однак, процес є складним і вимагає уважного контролю через багатоетапність та потребу у спеціалізованому обладнанні та технічній компетентності [7].

Патент № 32642 «Спосіб виробництва молочної кислоти», авторами якого є Кисла Любов Васильівна, Фефелов Олексій Олексійович, Боровікова Наталія Олексіївна, Ляшенко Людмила Віталіївна, Малиновська Ірина Сергіївна, був зареєстрований 26.05.2008 року. Спосіб отримання молочної кислоти включає наступні етапи: підготовка живильного середовища, одержання посівного матеріалу, зброджування живильного середовища, очищення культуральної рідини й одержання молочної кислоти. Під час підготовки живильного середовища або перед введенням посівного матеріалу вода проходить обробку через низькочастотне імпульсне магнітне поле. Зброджування відбувається з використанням гомоферментативних термофільних бактерій *Lactobacillus delbrueckii*, при цьому застосовується обробка одноправленим магнітним полем зі слабкими постійними магнітами. Перевагами запропонованого методу є підвищення об'ємного виходу молочної кислоти за рахунок впливу на воду і культуральне середовище слабкими магнітними полями. Однак, недоліками можуть бути складність налагодження та контролю процесу обробки магнітним полем, а також можливість впливу на якість та безпеку отриманої молочної кислоти через вплив магнітного поля на мікроорганізми та інші складові процесу [8].

Патент US20040229327A1 «Спосіб отримання молочної кислоти», авторами якого є Фостер Егблевор та Тімоті Еванс був зареєстрований 18.11.2004

року. Даний метод виробництва молочної кислоти починається з вилучення білка з природної сировини, лущиння соєвих бобів. Потім сировину розділяють на рідку та тверду частини. На тверду сировину діють тиском, що створюється насиченою парою. Після цього проводиться гідроліз твердої сировини за допомогою кислот або ферментів, та ферментація отриманого продукту для отримання молочної кислоти. Гідроліз та ферментація можуть проводитись одночасно [9].

Перевагами даного методу є ефективне використання сировини. Адже спосіб дозволяє використовувати природно відновлювану сировину, таку як лущиння соєвих бобів, що сприяє оптимальному використанню ресурсів. Високий вихід продукту, що отримується завдяки комбінації високого тиску та гідролізу зруйнованого вуглеводного субстрату можна досягти високого виходу молочної кислоти. Ефективність процесу, адже проведення стадій гідролізу та ферментації одночасно дозволяє скоротити час виробництва і підвищити продуктивність [9].

Недоліками, є специфічні вимоги до обладнання, потенційна складність регулювання та висока енерговитратність [9].

Патент № 11,382,335 «Спосіб отримання молочної кислоти», був зареєстрований 08.08.2017 році. Даний метод виробництва чистої молочної кислоти починається з нейтралізації сироваткового побічного продукту, формуючи осад з кальцію та фосфатів, який відділяється від освітленого сироваткового побічного продукту. Освітлений продукт піддається ферментації бактеріями для перетворення лактози в молочну кислоту, утворюючи ферментаційний бульйон. Цей бульйон потім підкисляється, осад видаляється, а потім проводиться обробка для відновлення чистої молочної кислоти [10].

Перевагами даної технології є використання побічних продуктів. Адже використовує сироватковий побічний продукт, що дозволяє використовувати ресурси більш ефективно. Висока чистота продукту, завдяки комплексному

процесу очищення та відновлення, можна досягти високої чистоти молочної кислоти, та мінімальна подальша обробка [10].

Недоліками технології є високі технологічні вимоги та залежність від сировини. Молочна кислота також може бути вироблена хімічним шляхом. Хімічний синтез молочної кислоти в основному здійснюється за допомогою гідролізу лактонітрилу сильними кислотами, що призводить до утворення рацемічної суміші L-молочної кислоти та D-молочної кислоти. Різноманітні інші процеси для виробництва молочної кислоти хімічним шляхом включають окислення пропіленгліколю, окислення нітровою кислотою пропілену і т. д. Проте жоден з процесів хімічного синтезу (окрім гідролізу лактонітрилу) не є економічно та технічно доцільним. Основною перевагою ферментаційного процесу порівняно з хімічним синтезом є те, що він потребує дешевої сировини, такої як відходи з крохмалю, патока та інші матеріали, багаті на вуглеводи [10].

Також до списку методів виробництва молочної кислоти, хімічним способом входить метод отримання молочної кислоти з целюлози, що каталізується іонами свинцю (II) у воді. Даний метод включає в себе низку каскадних етапів утворення молочної кислоти, включаючи ізомеризація глюкози, що утворюється внаслідок гідролізу целюлози у фруктозу, селективне розщеплення зв'язку C3–C4 фруктози до тріоз і селективне перетворення тріоз у молочну кислоту [2].

Недоліком використання даного методу є токсичність свинцю (II), та процес відокремлення молочної кислоти від водного розчину через присутність побічних продуктів, таких як глюкоза, фруктоза, тіози та інші [2].

Переваги використання даного методу виробництва молочної кислоти з целюлози включають ефективне використання відновлюваних ресурсів біомаси, зменшення залежності від викопних джерел енергії, підвищення ефективності процесу за рахунок легкої оптимізації робочих умов та каталізаторів, можливість прямого перетворення різних компонентів в хімічні речовини, а також зменшення екологічного впливу порівняно з традиційними методами [2].

26.12.2012 року була подана заявка на патент США, з методом, в якому зазначена технологія, що не використовує ферментацію для переробки вуглеводної сировини та безпосереднього отримання молочної кислоти та її продуктів. Порівняно з традиційним процесом бродіння, цей метод генерує менше відходів та є екологічно чистішим. Крім того, він покращує використання вуглеводної сировини і має переваги спрощених етапів та низького енергоспоживання, тому є економічно та ефективно [11].

Суть методу базується на приготуванні суміші, що містить одну вуглеводовмісну сировину, один спирт, один композитний каталізатор, що містить хлорид металу і олововмісну сполуку, і при щонайменше один розчинник. Потім суміш нагрівають для отримання молочної кислоти та її похідних [11].

1.5 Шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки

Виробництво молочної кислоти з целюлози, що каталізується свинцем (II), потребувало вдосконалення, зокрема щодо очищення розчину молочної кислоти від самого каталізатора — свинцю (II). Цей етап є критично важливим через токсичність свинцю та його шкідливий вплив на здоров'я людей та екологію.

Для покращення якості виробництва та отриманого продукту були встановлені дві іонообмінні колони. Ці колони використовують катіонообмінну смолу, яка ефективно очищує розчин молочної кислоти від токсичного свинцю (II). Це дозволяє отримати чистий і безпечний продукт, який в подальшому буде використовуватися на інших виробництвах.

Проте, вирішивши проблему очищення розчину від токсичного каталізатора, постала ще одна проблема — висока вартість катіонообмінної смоли. Для вирішення цього питання та покращення економічної ефективності виробництва були встановлені апарати для регенерації катіонообмінної смоли. Повторне використання очищеної смоли дозволяє значно знизити витрати на

виробництво, що сприяє економії ресурсів та підвищенню фінансової рентабельності.

Ці удосконалення не тільки забезпечують безпеку та якість молочної кислоти, але й сприяють зниженню виробничих витрат, роблячи процес більш економічно вигідним та екологічно безпечним.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

Целюлозу виготовляють згідно вимогам ГОСТ 5982-84.

В залежності від показників якості целюлоза повинна бути виготовлена у таких сортах: вищий, первинний та вторинний.

Целюлоза повинна виготовлятися у листах розміром 600 x 800 мм. Граничні відхилення за розмірами ± 5 мм.

Целюлоза має бути виготовлена відповідно до вимог стандарту з технологічної документації, затвердженої в установленому порядку.

Показники якості целюлози повинні відповідати нормам, що вказані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Показники якості целюлози за ГОСТ 5982-84

Показники	Норма		
	Вищий сорт	Перший сорт	Другий сорт
Масова частка альфа-целюлози, %, не менше	92,5	92,0	90,0
Динамічна в'язкість, мП	240 \pm 20	240 \pm 25	225 \pm 25
Реакційна здатність CS ₂ /NaOH, %, не більше	80/11	80/11	80/11
Масова частка золи, %, не більше	0,08	0,12	0,12
Масова частка заліза, %, не більше	0,0008	0,0015	0,0015
Масова частка кремнію, %, не більше	0,006	0,009	0,009

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження РОМАНОВА О. О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа МОДЖЕНКОВА М. А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.023.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 13.05.2024	Мова ua	Аркуш 23/78

Масова частка кальцію, %, не більше	0,0075	0,0100	0,0120
Масова частка смол та жирів, %, не більше	0,20	0,30	0,35
Набухання, %	450-550	450-550	450-550
Вологість, %	6-10	6-10	6-10
Масова частка дрібного волокна, %, не більше	10	12	12
Розчинність в 10 % розчині гідроксиду натрію, % не більше	9,3	9,9	11,5
Розчинність в 18 % розчині гідроксиду натрію, % не більше	5,1	5,5	6,5

Відбір проб целюлози відбувається згідно з ГОСТ 7004.

Підготовка проб целюлози для визначення хімічних показників повинна відповідати ГОСТ 19318, фізичних показників повинна відповідати ГОСТ 14363.4.

Для визначення показника білизни допускається застосовувати замість виливків зразки целюлози взяті з листів [12].

$Pb(NO_3)_2$, виготовляється згідно вимогам ГОСТ 4236-77.

$Pb(NO_3)_2$ представляє собою безбарвні кристали що мають білий колір, та можуть розчинятися у воді.

Молекулярна маса - 331,2.

Стандарт відповідає рекомендації РЕВ РС 3265-71 частини, що стосується методів аналізу.

У таблиці 2.2 наведені фізико-хімічні показники $Pb(NO_3)_2$, згідно вимогам ГОСТ 4236-77 [13].

Таблиця 2.2

Фізико-хімічні показники $Pb(NO_3)_2$ за ГОСТ 4236-77

Показники	Норма		
	Хімічно чистий	Чистий для аналізу	Чистий
Масова частка $Pb(NO_3)_2$, %, не менше	99,5	99,0	99,0
Масова частка не розчинних у воді речовин, %, не більше	0,005	0,005	0,020
Масова частка хлоридів (Cl), %, не більше	0,0005	0,0010	0,0050
Масова частка заліза (Fe), %, не більше	0,0005	0,0010	0,0030
Масова частка міді (Cu), %, не більше	0,00025	0,00050	0,00100
Масова частка магнію (Mg), %, не більше	0,002	0,004	0,008
Масова частка суми калію та натрію (K+Na), %, не більше	0,004	0,020	0,040
Масова частка кальцію (Ca), %, не більше	0,005	0,010	0,020
pH 5-% розчину речовини, не менше	3	3	Не нормується

Вода дистильована має бути виготовлена згідно ДСТУ ISO 3696:2003[14]. Досліджувана рідина повинна бути чистою та безкольоровою, це має бути встановлено оглядово.

Даний стандарт охоплює 3 класи води.

1 клас: практично вільна від розчинених або колоїдних іонних та органічних забрудників та відповідна до найсуворіших вимог аналізування, зокрема вимоги високоефективної рідинної хроматографії; повинна бути одержана подальшим оброблянням води класу 2.

2 клас: з дуже низьким вмістом неорганічних, органічних або колоїдних забрудників та придатна для чутливого аналізування.

3 клас: Придатна для більшості лабораторних «вологих» хімічних робіт та готування розчинів реактивів; повинна бути одержана, наприклад, одноразовим дистилуванням, деіонізацією або зворотним осмосом. Якщо не зазначено інше, може бути застосована для звичайної аналітичної роботи [15].

Показники якості води дистильованої повинні відповідати нормам, що вказані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Показники якості води дистильованої за ДСТУ ISO 3696:2003

Параметр	Клас 1	Клас 2	Клас 3
Рівень рН за 25 °С, проміжок	-	-	Від 5,0 до 7,5
Електропровідність за 25 °С, максимальна, мСм/м	0,01	0,1	0,5
Окисноздатний матеріал. Витрати кисню (O), максимальні, мг/дм ³	-	0,8	0,4
Осад після випарення за 110 °С, максимальний, мг/кг	-	1	2

Вбирна здатність за 254 нм та довжині оптичного шляху 1 см, абсорбційні одиниці, максимальна	0,001	0,01	-
Вміст силікатів (SiO ₂), максимальний, мг/дм ³	0,01	0,02	-

2.2 Опис принципово-технологічної схеми

Принципово-технологічна схема виробництва молочної кислоти, що подана на рис. 2.1, складається з двох підготовчих, допоміжної та основної лінії.

Завдання першої підготовчої стадії є подрібнення целюлози до мікрокристалічної целюлози з розміром частинок 200 нм, що передаються далі на стадію синтезу молочної кислоти.

Завдання другої підготовчої стадії є приготування каталізатора. Сировиною для цієї стадії є Pb(NO₃)₂ та дистильована вода. Дана стадія має часову межу 1 годину, далі готовий 15% розчин каталізатору відправляється також на стадію синтезу молочної кислоти.

Основна лінія виробництва складається з шести стадій, а саме синтез молочної кислоти, охолодження молочної кислоти, перша стадія фільтрування, друга стадія фільтрування, охолодження та відстоювання 60%-го розчину молочної кислоти.

На першій стадії відбувається синтез молочної кислоти. Сировиною для цієї стадії є гаряча вода, подрібнена целюлоза та каталізатор. Дана стадія має часову межу 15 годин та проходить при температурі 190 °С, що створюється за допомогою інертного газу, а саме N₂, що подається під тиском 3 МПа та додаткової ємності до якої надходить олія. Під впливом вказаних параметрів компоненти вступають в низку послідовних перетворень, а саме ізомеризація

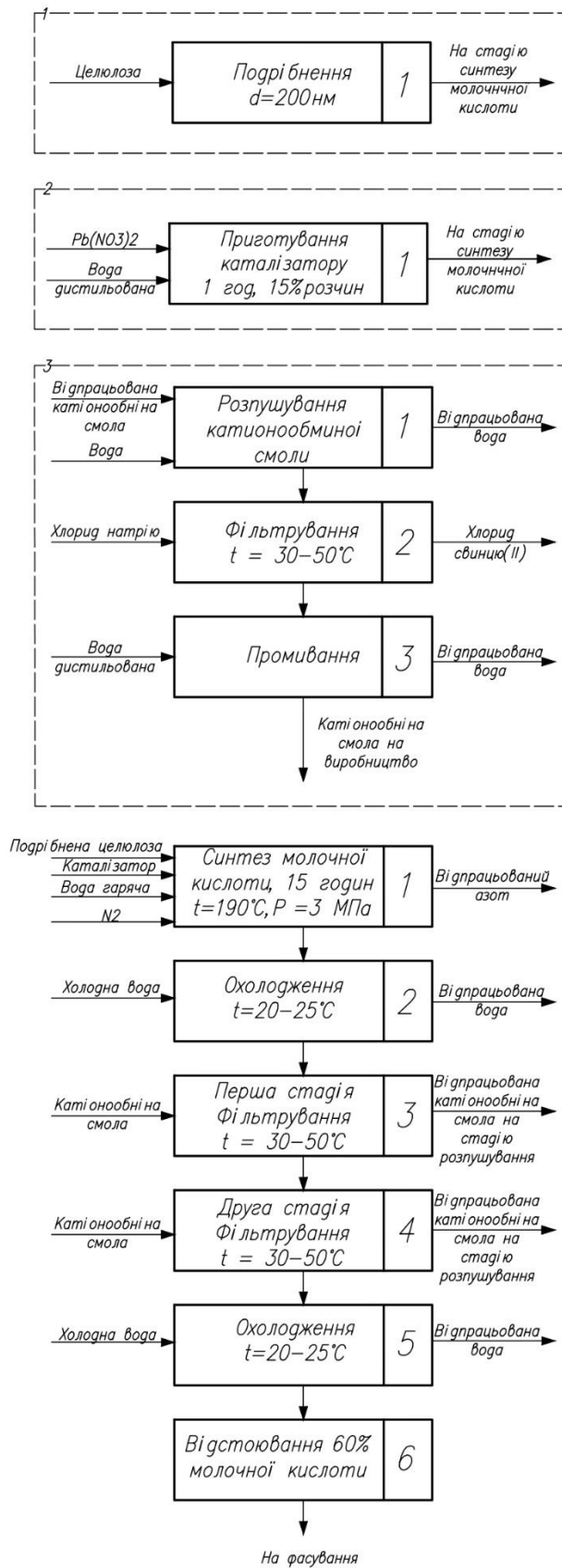


Рис. 2.1 Принципово-технологічна схема виробництва молочної кислоти

глюкози, що утворюється внаслідок гідролізу целюлози у фруктозу, ретро-альдольна фрагментація фруктози з утворенням тіоз та ізомеризація тіоз у молочну кислоту, хімізм реакції наведений на рис 2.2.

Другою стадією є охолодження, що проходить за температури 20-25°C, через різку зміну температур, на даній стадії виходить пара. Охолодження відбувається завдяки ємності з водою.

На першій стадії фільтрування ми пропускаємо через іонообмінну колону в якій вже знаходиться катіонообмінна смола, отриманий розчин молочної кислоти для від фільтрування катіонів Рb, ця стадія має температурний режим 30-50°C. Відпрацьована катіонообмінна смола переходить на стадію розпушування.

На другій стадії фільтрування проводимо ті ж маніпуляції як і в попередній стадій, теж за температури 30-50°C.

Передостанньою стадією є охолодження за температурою 20-25°C. Охолодження відбувається завдяки ємності з водою.

Останньою стадією основної лінії є відстоювання, після продукт відправляють на фасування.

Додаткова лінія виробництва складається з трьох стадій, а саме розпушування, фільтрування та промивання. Завдання цієї лінії є очищення катіонообмінної смоли від катіонів Рb, за для повторного її використання, це дозволить зменшити її витрати, що вплинуть на собівартість цільового продукту.

На стадію розпушування надходить відпрацьована катіонообмінна смола з основних стадій фільтрування та проточна вода, що розпушує смолу.

Далі на стадії фільтрування, що проходить за температурного режиму 30-50°C, завдяки хлориду натрій ми очищаємо смолу від свиню, тому з цієї стадії виводиться небажаний хлорид свинцю (II).

Врешті на стадії промиванні дистильованою водою, ми позбавляємо смолу небажаними домішками та відправляємо на основну лінію виробництва на першу та другу стадії фільтрування.

2. Друга підготовча стадія

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії приготування каталізатора			
Прихід		Витрати	
Pb(NO ₃) ₂	3,8	Каталізатор	28,5
Дистильована вода	25	Втрати (1%)	0,3
Всього	28,8	Всього	28,8

3. Перша основна стадія

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії нагрівання			
Прихід		Витрати	
Мікрокристали та целюлоза	1010	Молочна кислота з домішками	1565
Дистильована вода	1035	Випарні газы	384
Каталізатор	28,5	Втрати (6%)	124
Всього	2073	Всього	2073

4. Друга основна стадія

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії охолодження			
Прихід		Витрати	
1	2	3	4
Молочна кислота з домішками	1565	Молочна кислота з домішками	1463

1	2	3	4
		Випарні гази	71
		Втрати (2%)	31
Всього	1565	Всього	1565

5. Третя основна стадія

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс першої стадії фільтрації			
Прихід		Витрати	
Молочна кислота домішками	з 1463	Молочна кислота домішками	з 1433
		Катіони Рb	1
		Втрати (2%)	29
Всього	1463	Всього	1463

6. Четверта основна стадія

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс другої стадії фільтрації			
Прихід		Витрати	
Молочна кислота домішками	з 1433	Молочна кислота домішками	з 1403
		Катіони Рb	1
		Втрати (2%)	29
Всього	1433	Всього	1433

7. П'ята основна стадія

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії охолодження			
Прихід		Витрати	
Молочна кислота домішками	з 1403	Молочна кислота домішками	з 1382
		Втрати (1,5%)	21
Всього	1403	Всього	1403

8. Шоста основна стадія

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс стадії відстоювання			
Прихід		Витрати	
Молочна кислота домішками	з 1382	Молочна кислота	1000
		Домішки (глюкоза, фруктоза, тіоз)	375
		Втрати (0,5%)	7
Всього	1382	Всього	1382

Матеріальний баланс виробництва молочної кислоти			
Прихід		Витрати	
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	1020	Молочна кислота	1000
Pb(NO ₃) ₂	3,8	Домішки (глюкоза, фруктоза, тіоз)	357
Дистильована вода	1060	Катіони Рb	1
		Випарні газы	475
		Втрати	251
Всього	2084	Всього	2084

2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

2.4.1 Розрахунок змішувача лопатевою мішалкою

Розрахунок змішувача з лопатевою мішалкою, що використовується для приготування каталізатора. Розрахована продикутивність апарату, 30 кг. Змішувач використовується для перемішування сумішей з невеликою в'язкістю до 0,1 Па·с.

Об'єм апарату розраховується за формулою:

$$V = \frac{V_p}{\varphi_{\text{зап.}}} \quad (2.2)$$

де V_p – об'єм даного розчину; $\varphi_{\text{зап.}}$ – коефіцієнт запасу.

$$V = \frac{30}{0,75} = 43 \text{ л}$$

Згідно літератури, стандартні параметри лопатевої мішалки, м: $\frac{D}{d_m} = 1,4 \dots 1,7$.

де d_m – діаметр мішалки.

Припускаємо, що $\frac{D}{dm} = 1,7$, тоді діаметр лопатевої мішалки дорівнює:

$$d_m = \frac{300}{1,7} = 176 \text{ мм}$$

Робочий об'єм розраховується за формулою:

$$V_p = \pi \cdot R^2 \cdot H_p \quad (2.3)$$

Тоді, з цієї формули ми можемо вивести H_p :

$$H_p = \frac{V_p}{\pi \cdot R^2} \quad (2.4)$$

Підставляємо значення у формулу та отримуємо висоту рідини, яка дорівнює:

$$H_p = \frac{30}{3,14 \cdot 150^2} = 424 \text{ мм}$$

Визначаємо загальну висоту мішалки за формулою:

$$H = H_p \cdot \varphi \quad (2.5)$$

$$H = 424 \cdot 0,7 = 296,8 \text{ мм}$$

У зв'язку з тим, що густина перемішуваних компонентів відрізняється більше ніж на 30%, у розрахунках n та Re_m приймаємо густину суміші, яку обчислюємо за формулою:

$$\rho_c = \frac{1}{\frac{X_T}{\rho_T} + (1-X_T)/\rho_B} \quad (2.5)$$

де X_T – масова частка твердої фази; ρ_T , ρ_B – густина твердої фази та рідкої, кг/м.

$$\rho_c = \frac{1}{\frac{0,15}{4530} + (1-0,15)/997} = 1173 \text{ кг/м}^3$$

Об'ємну частку твердої фази в суміші обчислюють за формулою:

$$\varphi = \frac{X_T \cdot \rho_c}{\rho_T} \quad (2.6)$$

де X_T – масова частка твердої фази; ρ_T , ρ_B – густина твердої фази та рідкої, кг/м.

$$\varphi = \frac{0,15 \cdot 1173}{4530} = 0,039$$

Динамічна в'язкість для суспензії з $\varphi > 10\%$ розраховується за формулою:

$$\mu_c = \mu_p \cdot (1 + 4,5 \cdot \varphi) \quad (2.7)$$

Згідно формулі динамічна в'язкість буде дорівнювати:

$$\mu_c = 0,0345 \cdot (1 + 4,5 \cdot 0,039) = 0,041 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Знаходимо частоту обертання мішалки за формулою:

$$n = C_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta\rho \cdot d_r}{\rho_c}\right) \cdot \left(\frac{D^{x_1}}{dy^1}\right)} \quad (2.8)$$

де $\Delta\rho$ – різниця густини часток і середовища, кг/м³; d – еквівалентний діаметр твердих часток, м; D , d – внутрішній діаметр апарата і діаметр мішалки, м; ρ_c – густина середовища або суміші, кг/м³.

Згідно, літературних джерел обираємо для лопатевої мішалки $C_1 = 46,4$ і показники степеня $x = 0$; $y = 1$. То, частота обертання мішалки дорівнює:

$$n = 46,4 \cdot \sqrt{\left(\frac{(4\,530 - 997) \cdot 0,003}{1173}\right) \cdot \left(\frac{0,3^0}{0,42^1}\right)} = 4 \text{ с}^{-1}$$

Число Рейнольдса для мішалки розраховується за формулою:

$$Re_m = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu} \quad (2.9)$$

де ρ – густина суміші, кг/м³; n – частота обертання мішалки, с.

$$Re_B = \frac{1173 \cdot 4 \cdot 0,42^2}{0,041} = 20187$$

Виберемо критерій потужності K_N , величина якого залежить від центробіжного критерію Re_B , відношення $\frac{D}{d}$ типу перемішуючого пристрою і конструктивних особливостей апарату.

Для $Re_B = 20187$ згідно рис. 2.3. $K_N = 0,9$.

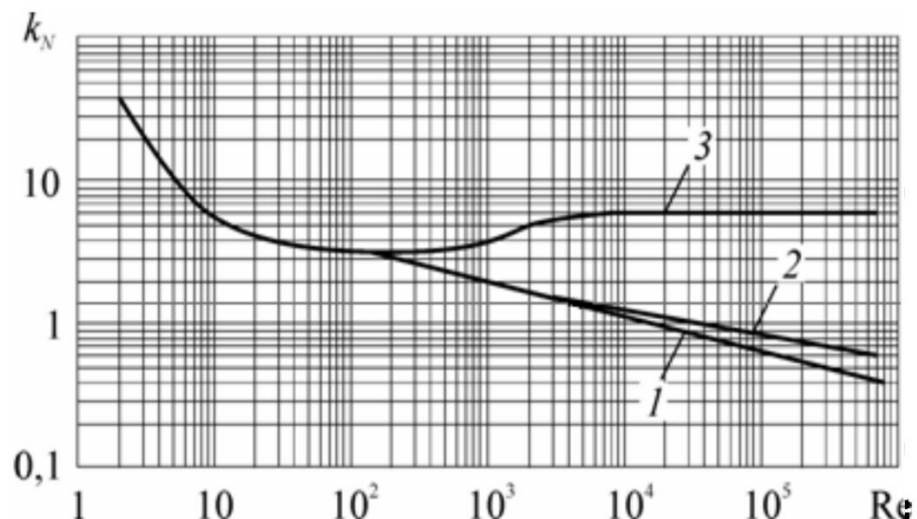


Рис. 2.3 Графік, що показує залежність критерію потужності K_N від числа Re_B для різних типів перемішуючих пристроїв.

$$Eu_m = 0,9$$

У зв'язку з відсутністю геометричної подібності між модельною та обраною мішалкою, до величини Eu_m додаємо поправковий коефіцієнт згідно з формулою:

$$f_D = \left(\frac{D}{a \cdot d}\right)^a \quad (2.10)$$

$$f_h = \left(\frac{H}{D}\right)^h \quad (2.11)$$

$$f_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d}\right)^k \quad (2.12)$$

де a – відношення $\left(\frac{D}{d}\right)$ для модельної мішалки, що дорівнює $a = 1,7$;

β – відношення $\left(\frac{D}{d}\right)$ для модельної мішалки, яке дорівнює $\beta = 0,176$.

Тому, згідно наведених вище даних:

$$f_D = \left(\frac{1,7}{1,7}\right)^{1,1} = 1$$

$$f_h = \left(\frac{1,2}{0,8}\right)^{0,6} = 1,16$$

$$f_b = \left(\frac{0,11}{0,176}\right)^{0,3} = 0,87$$

Потужність, необхідну для мішалки під час робочого періоду, обчислюємо за формулою:

$$N_p = Eu_m \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho \quad (2.13)$$

Згідно формули розраховуємо потужність:

$$N_p = 0,9 \cdot 1,7^5 \cdot 4^3 \cdot 1173 = 1276,7 \text{ Вт}$$

Оскільки висота шару рідини в апараті не дорівнює його діаметру, поправковий коефіцієнт f_H визначаємо за формулою:

$$f_H = \sqrt{\frac{H}{D}} \quad (2.14)$$

Згідно формули, розрахунок:

$$f_H = \sqrt{\frac{0,4}{0,3}} = 1,2$$

З урахуванням пускового моменту $f_n = 1,2$ і ккд передачі $\eta = 0,85$ потужність електродвигуна мішалки визначимо за формулою:

$$N_{\text{дв.}} = \frac{f_n \cdot N_p \cdot f_n}{1000 \cdot \eta} \quad (2.15)$$

$$N_{\text{дв.}} = \frac{1,2 \cdot 1276,7 \cdot 1,2}{1000 \cdot 0,85} = 2,16 \text{ кВт}$$

Отже, розраховано лопатеву мішалку і визначено потужність її електродвигуна, яка складає 2,16 кВт. Відповідно до проведених розрахунків виконано креслення апарату на аркуші формату А1.

2.4.2 Підбір обладнання

Змішувач з лопатевою мішалкою (рис. 2.3)

Змішувач з лопатевою мішалкою - це пристрій, призначений для змішування рідин або рідин з твердими частинками, такими як кристали або порошки. Основний компонент цього пристрою - лопатева мішалка, яка знаходиться всередині спеціальної камери або бака.

Лопатева мішалка зазвичай має форму великого пропелера, прикріпленого до валу. Цей вал приводиться в рух за допомогою електродвигуна або іншого механізму, що створює обертальний рух.

Коли змішувач увімкнено, лопаті починають обертатися, створюючи потік рідини в камері. Цей потік рідини сприяє розподілу твердих частинок у ній та їх однорідному розподілу по всьому обсягу.

Загалом, змішувачі з лопатевою мішалкою є надійними та ефективними пристроями для різноманітних промислових застосувань, включаючи хімічну, фармацевтику, харчову промисловість та інші галузі.[16]

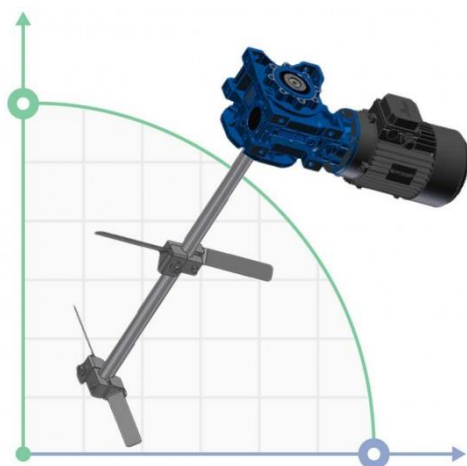


Рис. 2.3 Змішувач з лопатевою мішалкою

Характеристика, змішувача з лопатевою мішалкою:

- Виробництво за стандартами GMP;
- Марка матеріалу деталей: Виробництво з кислотостійкої сталі AISI 316L або з харчової нержавіючої сталі AISI 304;
- Робота під тиском;
- Робота з вакуумом;
- Термоізоляція;
- Датчики для вимірювання температури;
- Датчики для вимірювання тиску;
- Механізм підйому кришки;
- Різні технологічні патрубки;
- Тип резервуара за способом встановлення: вертикальний;
- Тип резервуара за кількістю секцій: односекційний.

Характеристика мішалки:

Потужність, кВт: 2,2;

Матеріал: AISI 304;

Кількість обертів, об/хв: 95 .

Відцентровий насос

Відцентровий насос, що зображений на рис 2.4 працює за принципом перетворення електричної енергії, споживаної двигуном, у статичну енергію потоку, що підвищує тиск рідини.

Рідина потрапляє в центр обертового робочого колеса з радіально зігнутими лопатками. Під дією відцентрової сили напрямок руху рідини змінюється з осьового на радіальний. Рідина рухається вздовж лопаток і збирається у каналі корпусу, розташованому навколо робочого колеса.

У спіральному каналі, який має форму конфузора, кінетична енергія потоку частково перетворюється в статичну. В результаті, рідина з підвищеним тиском виходить через напірний патрубок. [17]

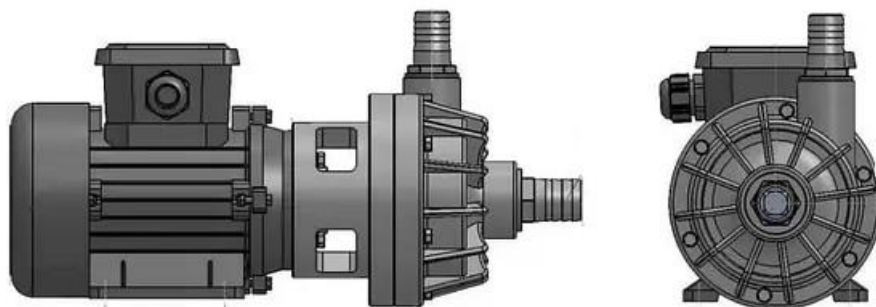


Рис. 2.4 Відцентровий насос

Характеристика відцентрового насосу:

Продуктивність, м.куб / год: 13;

Висота подачі, м.вод.ст: 20;

Потужність, кВт: 2,2;

Матеріал: РР.

Діаметр вхідного патрубку, мм: 50.

Діаметр вихідного патрубку, мм: 40.

Висота подачі (max), м.: 20.

Частота обертання, об/хв: 2 900 [18].

Кульковий млин

Кульковий млин, що зображений на рис. 2.5 складається з горизонтального циліндра, в який завантажуються матеріали для подрібнення через порожнистий вал. Усередині циліндра знаходиться шліфувальне тіло, зазвичай сталеві кульки різного діаметру, які підбираються відповідно до розміру частинок матеріалу, що подрібнюється.

Матеріал завантажуються в циліндр через порожнистий вал. При обертанні циліндра шліфувальні або подрібнюючі тіла, а саме сталеві кульки, піднімаються вздовж внутрішньої стінки циліндра завдяки дії інерції, відцентрової сили та сили тертя. Досягнувши певної висоти, кульки падають вниз під дією гравітації, завдаючи сильного удару по матеріалу, що призводить до його подрібнення, процес може бути контрольований за допомогою регулювання швидкості обертання барабана та кількості наповнення кульками[19].

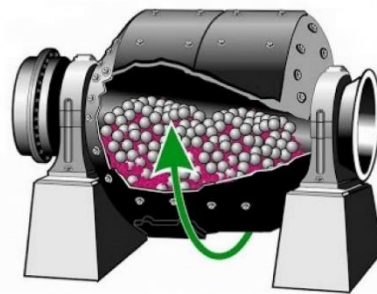


Рис. 2.5 Кульковий млин.

Кульковий млин WIENER, зі сталевими кульками діаметром 9,2мм, може бути застосований для подрібнення целюлози.

Характеристика кулькового млина:

Однокамерний циліндр;

Продуктивність, кг\10 год.: 1300;

Кількість кульок, кг.: 1200;

Габарити :

Ширина (мм): 1100;

Довжина (мм): 1500;

Висота: (мм): 2800;

Потужність, кВт: 33.[20]

Пневмотранспортер

Принцип роботи пневмотранспорту, що зображений на рис. 2.6, полягає в переміщенні сипучих і гранульованих речовин по трубопроводу за допомогою потоку повітря, що може рухатися у вертикальному, горизонтальному чи похилому напрямку. З метою підвищення плинності пиловидних і дрібнофракційних матеріалів, використовують змішування з повітрям, забезпечуючи засипку речовини через похилу нижню решітку. Такі системи часто застосовуються при вивантаженні бункерів. Пневматичні системи широко використовуються у виробничих процесах, будівництві та при вивантаженні вагонів, особливо для транспортування сухих, легко текучих речовин, таких як цемент, вугільний пил, зола, тирса і ливарний пісок. Основні параметри, що характеризують ці системи, включають продуктивність по твердій фазі, довжину траси, висоту підйому, концентрацію матеріалу, масовий коефіцієнт суспензії, надлишковий тиск на початку траси і залишковий тиск в кінці траси. Пневмотранспортні установки можуть бути усмоктувальними, що нагнітають або комбінованими, в залежності від способу створення повітряного потоку і умов руху матеріалу в трубопроводі[22].



Рис. 2.6 Пневмотранспортер

Характеристика пневмотранспорту:

Потужність двигуна 4 кВт;
Напруга 380 В;
Кількість обертів двигуна: 3000 об/хв;
Діаметр сполучного трубопроводу Ø 160 мм;
Діаметр патрубку на забор Ø 127 мм;
Діаметр патрубку на вихід Ø 160 мм.

Автоклав

Конструкція, вертикального автоклаву, що зображений на рис. 2.7, включає відкидну кришку, що кріпиться відкидними болтами, та систему трубопроводів і запірної арматури, яка дозволяє змінювати технологічні параметри обробки в широкому діапазоні.

Принцип роботи автоклаву полягає в створенні та підтриманні умов високого тиску і температури для ефективної обробки матеріалів. Спочатку вироби завантажуються всередину автоклаву, після чого відкидна кришка герметично закривається і фіксується за допомогою болтів. За допомогою електронагріву внутрішня камера автоклаву починає нагріватися, а система трубопроводів забезпечує рівномірний розподіл тепла і контроль температури.

Після досягнення необхідної температури і тиску, які можуть бути змінені в широкому діапазоні завдяки запірній арматурі, починається процес просочення виробів. Цей етап може тривати певний час залежно від вимог технологічного процесу. Підтримання стабільних умов високого тиску і температури забезпечує глибоке проникнення робочої рідини в матеріал.

Після завершення обробки автоклав поступово охолоджується, знижуючи температуру і тиск до безпечних рівнів. Після охолодження відкидна кришка відкривається, і оброблені вироби виймаються. Такий автоклав дозволяє досягати високих технологічних параметрів, що робить його ефективним інструментом для різних промислових процесів [22].



Рис. 2.7 Автоклав

Характеристика автоклаву:

Тип автоклаву: тупиковий;

Потужність, кг/добу: 2120;

Габаритні розміри:

Діаметр, мм: 800;

Робочий тиск, МПа: 0,4 – 0,5;

Робоча температура: 120 – 200;

Матеріал: AISI 321.

Іонообмінна колона

Іонообмінна колона, що зображена на рис. 2.8, використовується для очищення розчинів від іонів через обмін іонами між розчином і матеріалом колони. В колоні зазвичай знаходиться сорбент із зарядженою поверхнею, наприклад, смола, яка може бути катіонною або аніонною. Розчин, що потребує очищення, проходить через колону, де іони з розчину змінюють свої місця з іонами, закріпленими на поверхні сорбенту.

Після проходження через колону розчин виходить очищеним від забруднень іонами. Іонообмінний матеріал у колоні дозволяє ефективно видаляти різні типи іонів, що робить цей метод корисним у водопідготовці,

промислових процесах, лабораторних дослідженнях та біотехнології, та хімітехнології. Іонообмінні колони є ефективними інструментами для забезпечення чистоти рідин у різних галузях завдяки їх здатності цілеспрямовано видаляти іони з розчинів[23].

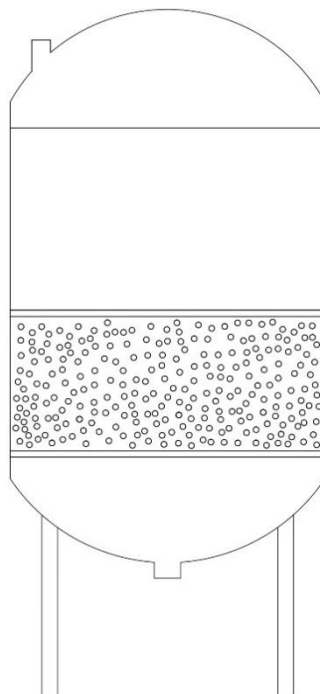


Рис. 2.8 Іонообмінна колона

Характеристика іонообмінної колони:

Потужність, кг/добу: 1500;

Напір води, МПа: 0,6.

Габаритні розміри:

Діаметр, мм: 620;

Висота, мм : 2000.

Реактор з змієвиком

Реактор , що наведений на рис. 2.9, з корпусу, що зроблений з нержавіючої сталі, та змієвика, що проходить в середині реактора. Змієвик - це трубка, яка має спіральну форму і призначена для циркуляції теплоносія, що подається в змієвик через вхідний патрубок. Циркуляція теплоносія забезпечується насосом, що підтримує необхідну швидкість потоку для ефективного теплообміну. Після проходження через змієвик теплоносії виходить через

вихідний патрубок, де він може бути повторно використаний після відповідного охолодження або нагрівання, або ж замінений свіжою порцією агенту [24].

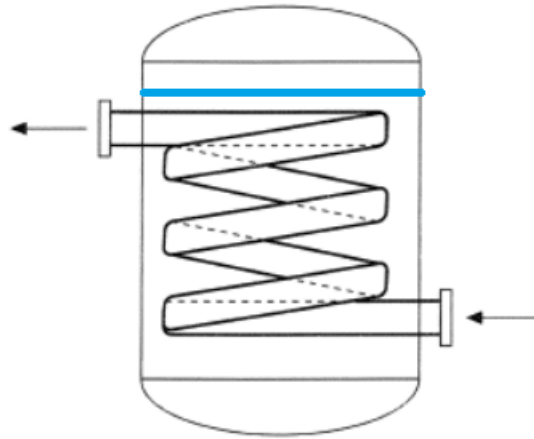


Рис. 2.9 Ректор з змієвиком

Характеристика реактора з системою нагрівання\охолодження, змієвик:

Марка матеріалу деталей, що контактують з продуктом: AISI 316L;

Марка матеріалу деталей, що не контактують з продуктом: AISI 304;

Потужність реактора, кВт: 5.5.

Габаритні розміри:

Діаметр, мм: 1400;

Ширина, мм: 1400;

Висота, мм: 2400;

Маса, кг: 700;

Температура в апараті не більше 250 °С;

Реактор оснащений системою нагрівання\охолодження змієвик.

Збірник

Збірник, що зображений на рис. 2.10 для зберігання молочної кислоти призначений для безпечного зберігання і підтримання якості молочної кислоти протягом тривалого часу. Він виготовляється з корозійностійких матеріалів, таких як нержавіюча сталь або спеціальні полімери, щоб уникнути реакції з молочною кислотою. Збірник має циліндричну форму, конічним днищем та кришкою.

Молочна кислота подається в збірник через вхідний патрубок, оснащений клапаном для контролю потоку, а для вивантаження збірник має вихідний патрубок з клапаном, що дозволяє точно контролювати процес виведення рідини. Збірник оснащений герметичною кришкою і спеціальними ущільнювачами для запобігання потраплянню повітря та забруднень всередину, що важливо для збереження якості молочної кислоти [26].

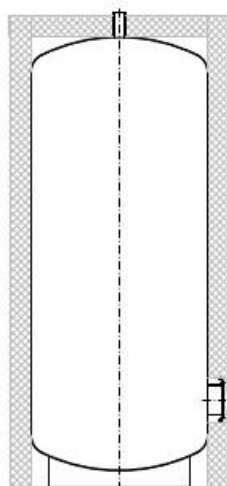


Рис. 2.10 Збірник

Характеристика, збірника:

Збірник не має сорочки;

Має антибактеріальне покриття;

Має антикорозійне покриття;

Має термометр, та манометр для контролю сировини;

Виготовлений з кислотостійкої сталі та харчової нержавіючої сталі: AISI 316L, AISI 304;

Об'єм, л: 1500;

Габаритні розміри:

Діаметр, мм: 1200;

Ширина, мм : 1200;

Висота, мм: 2300.

2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми

Апаратурно-технологічна схема виробництва молочної кислоти подана на рис. 2.11.

У змішувач з лопатевою мішалкою **1** подається дистильована вода та нітрат свинцю (II), після ретельного змішування, утворений 15% розчин, відцентровим насосом **2** переходить до автоклаву **6**.

Тим часом у кульковому млині **3** подрібнюється целюлоза до мікрокристалічної целюлози з розміром частинок 200 нм. Потім пневмотранспортером **4**, дана речовина переноситься до шлюзового дозатору **5**, за допомогою якого здійснюється рівномірна подача целюлози до автоклаву **6** одночасно з каталізатором зі змішувача з лопатевою мішалкою **1**. До подачі до автоклаву **6**, подрібненої целюлози та готового каталізатору, реактор заповнюють гарячою водою. Після подачі всіх компонентів, автоклав поміщають у ємності з гарячою олією **7**, та подають інертний газ, а саме N_2 , під тиском 3 МПа, що створює підвищений тиск в автоклаві **6** та дозволяє протікати цій стадії з температурним режимом $190^{\circ}C$. Перш ніж перенести автоклав до наступної ємності, з нього випускають відпрацьований N_2 .

Після автоклав **6** з сумішшю переноситься до ємності **9** з холодною водою, тим самим різко охолоджуючи наш розчин до $20-25^{\circ}C$, але перед охолодженням, кришку автоклаву відчиняють, для уникнення деформації реактора. Охолоджена суміш, за допомогою відцентрового насосу **10** переходить в іонообмінну колонку **11**, у якій вже присутня каіонообмінна смола, завдяки якій ми видаляємо небажані з розчину катіони свинцю. Очищений розчин, відцентровим насосом **12** переходить до іонообмінної колонки **13**, в якій проходять ті ж самі дії як і в попередньому апараті, обидві стадії проходять за температури $30-50^{\circ}C$.

Після двоетапного фільтрування, розчин переносять відцентровим насосом **14** до реактора зі змієвиком **15**, в якому завдяки холодній воді проходить охолодження розчину до $20-25^{\circ}C$. Та заключним апаратом є збірник **17**, у якому розчин відстоюється, та після відправляється на фасування.

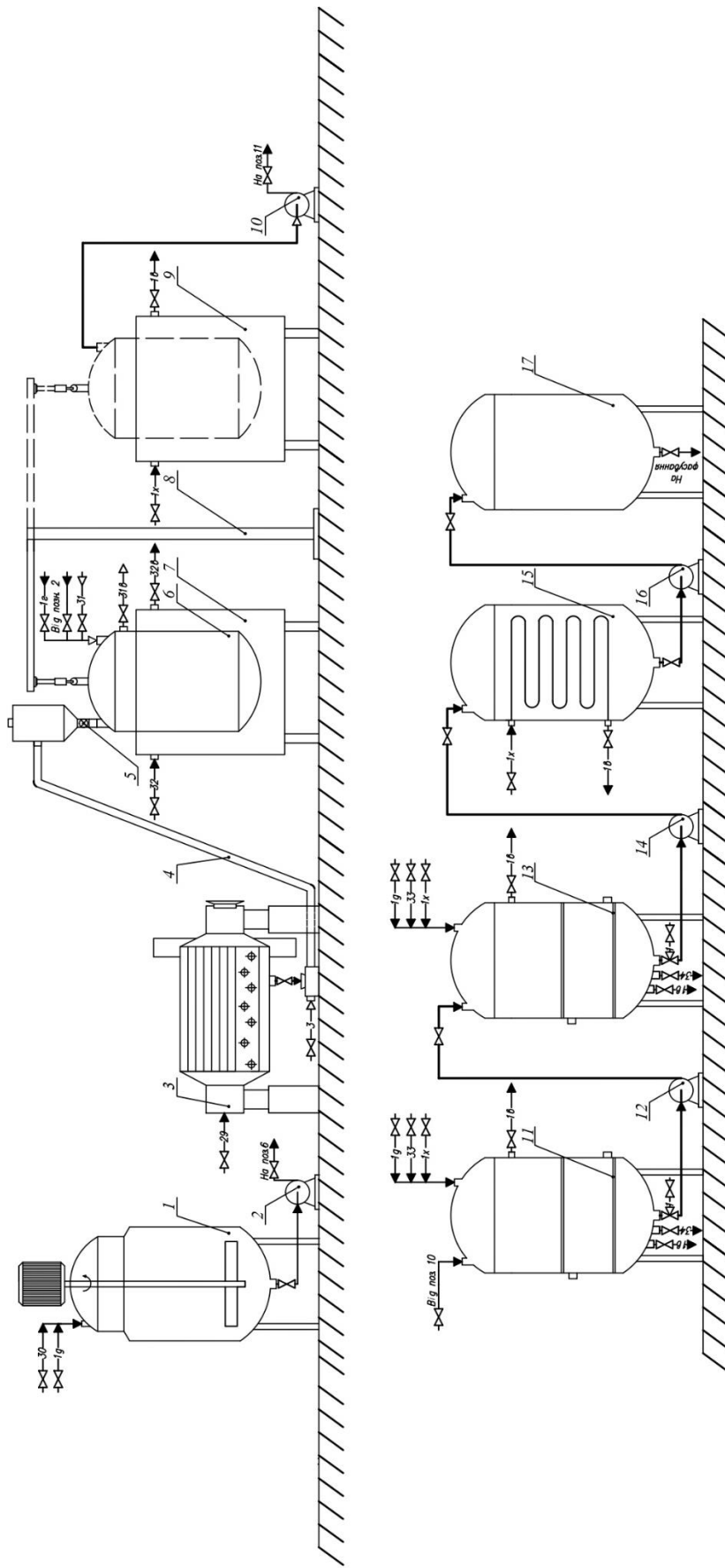


Рис. 2.11 Апаратурно-технологічна схема виробництва молочної кислоти

Удосконаленням цієї лінії було запропоновано очищення катіонообмінної смоли, за для зменшення витрат, що вплинуть на собівартість цільового продукту. До іонообмінної колони **11** та **13** з катіонообмінною смолою, що знаходиться між фільтрувальними пластинами, подається вода, для розпушування смоли, що виводиться потім через патрубок з апарату.

Далі додають натрій хлорид, що проходить через смолу за температурного режиму 30-50°C, завдяки хлориду натрій ми очищаємо смолу від свиню, тому з цієї стадії виводиться небажаний хлорид свинцю (II).

Врешті смолу промиваємо дистильованою водою, ми позбавляємо її від небажаних домішок. Після іонообмінна колонка готова для повторного використання.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Розрахунок собівартості за сировиною

Розрахунок собівартості молочної кислоти є критичним для підприємства, що займається її виробництвом. По-перше, це необхідно для планування виробництва і продажів, адже знання точних витрат допомагає встановити конкурентоспроможну ціну на ринку. Друга причина - контроль витрат: аналіз собівартості дозволяє управляти виробничими процесами та зменшувати витрати. Також, розрахунок собівартості допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації виробництва і використання ресурсів, що впливає на конкурентоспроможність підприємства. Він також визначає ефективність виробництва, допомагаючи порівнювати фактичні витрати з планованими і виявляти можливості для покращення.

Розрахунок для виробництва молочної кислоти розраховуємо за формулою (3.1):

$$V_M = C_c \cdot N_c \quad (3.1)$$

де, N_c – норма витрат одиниці сировини чи матеріалу на виробництво молочної кислоти, продуктивністю 1т/цикл; C_c – вартість одиниці сировини чи матеріалу (грн/т).

Розрахунок собівартості виробництва молочної кислоти з продуктивністю 1 т/доба наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розрахунок вартості сировини та матеріалів на виробництво 1т молочної кислоти

Назва сировини/ матеріалу	Ціна, грн/т, грн/шт.	Норма витрат т/т, шт.	Вартість для виробництва, грн
1	2	3	4
Целюлоза	125 000	1,02	127 500

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження РОМАНОВА О. О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа МОДЖЕНКОВА М. А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.051.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 13.05.2024	Мова ua	Аркуш 51/78

1	2	3	4
Нітрат свинцю(II)	100 000	0,0038	357
Катіонообміна смола	302 640	0,13	39 343
Вода дистильована	1 980	1,06	2098
Допоміжні матеріали			
Скляна банка 100 мл, 20 л	Скляна банка 100 мл, 20 л	Скляна банка 100 мл, 20 л	Скляна банка 100 мл, 20 л
Всього	Всього	Всього	Всього

До розрахунку собівартості виробництва, можна включити, транспортно-заготівельні витрати, тоді вартість виробництва молочної кислоти, можна розрахувати за формулою 3.2.

$$V_B = \sum V_c \cdot K \quad (3.2)$$

де, K – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, беремо за 1,05.

$$V_B = 169\,317 \cdot 1,05 = 177\,782,9 \text{ грн}$$

Собівартість одиниці товару становитиме:

$$V_T = \frac{177\,782,9}{100\,000} = 1,78 \text{ грн}$$

Отже, вартість виробництва 1 т молочної кислоти становить 177 782,9 грн, а собівартість одиниці товару за сировиною та тарою дорівнює 1,78 грн.

3.2 Розрахунок витрат на заробітну плату штату

Обрахунок кількості робітників на підприємстві та фонд заробітної плати є критично важливими аспектами управління будь-якою організацією. Ці два параметри мають прямий вплив на ефективність роботи, фінансову стабільність та загальний успіх підприємства.

По-перше, правильне визначення кількості робітників забезпечує оптимізацію виробничих процесів. Занадто велика кількість працівників може призвести до надмірних витрат на заробітну плату, тоді як недостатня кількість робочої сили може викликати перевантаження існуючих працівників, зниження продуктивності та збільшення помилок. Таким чином, підприємство повинно ретельно аналізувати обсяги робіт, виробничі цикли та необхідні навички для визначення оптимальної кількості персоналу.

По-друге, фонд заробітної плати є важливим елементом фінансового планування. Заробітна плата - це не лише витрати на виплату зарплат працівникам, але й соціальні внески, податки та інші супутні витрати. Недостатнє фінансування фонду заробітної плати може призвести до затримок у виплатах, що негативно впливає на мотивацію працівників та їх лояльність до компанії. З іншого боку, завищені витрати на фонд заробітної плати можуть знизити прибутковість підприємства та обмежити його можливості для інвестицій та розвитку.

Крім того, аналіз фонду заробітної плати допомагає підприємству визначити структуру компенсацій, що є конкурентною на ринку праці. Це сприяє залученню та утриманню висококваліфікованих спеціалістів, що є ключовим фактором у підвищенні якості продукції або послуг та, як наслідок, конкурентоспроможності підприємства.

Наше підприємство працює у дві зміни, одна зміна 8 годин.

Таблиця 3.2

Штат для виробництва борної кислоти

Посада	Потрібна кількість у штаті	Заробітна плата, грн/год
Директор виробництва	1	33,05
Головний інженер	1	31,20
Майстер зміни	4	28,89

Продовження таблиці 3.2

Оператор виробничої лінії	4	28,88
Контролер якості	2	27,41
Технік-наладчик обладнання	3	27,41
Начальник відділу закупівель	1	28,01
Логіст	2	27,09
Головний електрик	2	27,41
Менеджер зі збуту	3	25,77
Аналітик ринку	2	25,98
Бухгалтер	3	27,43
Економіст	2	27,43
Начальник відділу кадрів	1	28,51
Інженер з охорони праці та пожежної безпеки	1	27,41
Прибиральник	4	19,6
Системний адміністратор	1	26,99
Спеціаліст з розробок	2	28,55
Охоронець	4	20,67
Всього	43 робітника	

Середні заробітна ставка на годину у штату складає:

$$C_{\text{сер}} = (33,05 \cdot 1 + 31,20 \cdot 1 + 28,89 \cdot 4 + 28,88 \cdot 4 + 27,41 \cdot 2 + 27,41 \cdot 3 + 28,01 \cdot 1 + 27,09 \cdot 2 + 27,41 \cdot 2 + 25,77 \cdot 3 + 25,98 \cdot 2 + 27,43 \cdot 3 + 27,43 \cdot 2 + 28,51 \cdot 1 + 27,41 \cdot 1 + 19,60 \cdot 4 + 26,99 \cdot 1 + 28,55 \cdot 2 + 20,67 \cdot 4) / 43 = 27,65 \text{ грн/год}$$

Витрати на місячну зарплатню штату виходять:

$$ЗП_{\text{м}} = 27,65 \cdot 43 \cdot 480 = 570\,696 \text{ грн}$$

Витрати на рік з урахуванням преміальних та відпускних виходять:

$$ЗП_{\text{р}} = 570\,696 \cdot 13 \cdot 1,8 = 13\,354\,286,4 \text{ грн}$$

3.3 Розрахунок витрат на обладнання

Обрахунок витрат на обладнання є одним з найважливіших аспектів планування та управління виробництвом. Правильне і точне оцінювання цих витрат сприяє ефективному використанню ресурсів, підвищенню продуктивності та зменшенню ризиків.

По-перше, точний обрахунок витрат на обладнання допомагає скласти реалістичний бюджет. Це дозволяє підприємству планувати фінансові потоки, уникати перевитрат і забезпечувати достатній запас коштів для інших важливих потреб, таких як сировина, заробітна плата працівників та інші операційні витрати.

По-друге, розуміння витрат на обладнання допомагає керівництву приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій. Це включає вибір між купівлею нового обладнання чи ремонтом існуючого, а також оцінку доцільності впровадження нових технологій.

По-третє, регулярний обрахунок витрат дозволяє виявляти та усувати неефективні витрати. Це може включати аналіз витрат на обслуговування та ремонт обладнання, що допомагає знайти способи зниження цих витрат без шкоди для якості продукції.

Окрім цього, обрахунок витрат на обладнання сприяє підвищенню прозорості фінансових операцій і допомагає вчасно виявляти та реагувати на

потенційні проблеми. Зрештою, цей процес забезпечує кращу передбачуваність фінансових результатів і зменшує ризики фінансових втрат.

Таблиця 3.3

Витрати на закупівлю обладнання

Назва апарату	Потрібна кількість апаратів	Ціна за один апарат, грн	Витрати на монтаж 30%, грн	Загальна вартість, грн
Змішувач з лопатевою мішалкою	1	40 000	12 000	52 000
Кульковий млин	1	84 00	25 200	109 200
Шнековий транспортер	1	51 000	15 300	66 300
Автоклав	1	100 000	30 000	130 000
Ємність для води чи олії	2	40 000	24 000	104 000
Кран маніпуляційний	1	30 000	9 000	39 000
Іонообміна колонка	2	75 000	45 000	195 000
Реактор зі змієвиком	1	59 000	17 700	76 000
Збірник	1	30 000	9000	39 000
Відцентрові насоси	5	2 500	750	16 250
Всього				826 750

Також враховуємо витрати на проведення трубопроводів, що сягають 20% від суми нашого обладнання:

$$T = 826\,750 \cdot 0,20 = 165\,350 \text{ грн}$$

Тому витрати на обладнання для виробництва молочної кислоти сягають:

$$B_{об} = 826\,750 + 165\,350 = 992\,100 \text{ грн}$$

3.4 Калькуляція собівартості продукції

Калькуляція виробництва є критично важливою для ефективного управління підприємством. Вона дозволяє точно визначити собівартість продукції, що виробляється, і допомагає ухвалювати обґрунтовані бізнес-рішення. Завдяки калькуляції можна контролювати витрати, виявляти неефективні процеси, а також оптимізувати використання ресурсів. Це забезпечує конкурентоспроможність компанії на ринку, оскільки дозволяє встановлювати обґрунтовані ціни на продукцію, прогнозувати фінансові результати та планувати подальший розвиток підприємства.

Таблиця 3.4

Калькуляція собівартості молочної кислоти

Види витрат	Норма витрат	Сума витрат на рік, грн
<i>Сировина</i>		
Целюлоза	318,24 т	39 780 000
Нітрат свинцю(II)	1,2 т	120 000
Катіонообміна смола	40,56 т	12 275 016
Вода дистильована	330,7 т	89 544
<i>Тара</i>		
Скляна банка 100 мл, 20 л	31 200 000	10 608 000
<i>Заробітна плата штату</i>		
Заробітна плата	відсутні норми	13 354 286

Витрати на обладнання		
Обладнання	відсутні норми	826 750
Трубопровід	відсутні норми	165 350
Всього		77 784 188

Дивлячись на витрати на сировину, тара, закупівлю обладнання та оплату праці штату, можна розрахувати собівартість одиниці продукції, фасуванням 100 мл:

$$V_{\pi} = 77\,784\,188 \cdot 100 / 312\,000\,000 = 6,34 \text{ грн}$$

Вартість молочної кислоти у фасуванні 100 мл в Україні становить в межах 25 - 46 грн. Тобто середня вартість сягає 35 грн. За для більшого попиту саме на наш продукт, ми можемо реалізувати його за найнижчою ціною ринку, тобто 25 грн. За цією інформацією обраховуємо прибуток з однієї одиниці товару:

$$\Pi = 25 - 6,34 = 18,66 \text{ грн}$$

РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Якість та безпека готової продукції є ключовими аспектами для будь-якого виробництва харчових та косметичних продуктів, включаючи виробництво молочної кислоти. Цей розділ буде присвячений питанням організації та проведення експертизи, а також методам контролю якості готової продукції на підприємстві.

Система контролю якості на підприємстві з виробництва молочної кислоти повинна відповідати вимогам державних стандартів та нормативних документів. Її основними завданнями є вихідний контроль, а саме перевірка якості сировини та допоміжних матеріалів, що надходять на виробництво; виробничий контроль, а саме контроль дотримання технологічних параметрів виробництва на всіх його етапах; контроль готової продукції, а саме перевірка відповідності якості готової продукції встановленим вимогам.

Експертиза молочної кислоти може проводитися як силами власної випробувальної лабораторії підприємства, так і залученням акредитованих незалежних лабораторій. Що мають підтверджувати відповідності продукції вимогам державних стандартів та нормативних документів щодо якості та безпеки, виявляти та попереджувати випадків фальсифікації або невідповідності сировини встановленим стандартам, гарантувати безпеку та якість продукції для споживачів.

Виробництво молочної кислоти в Україні регламентується нормативною документацією, яка встановлює вимоги до якості та безпеки продукції, а також правила її маркування, зберігання та транспортування. Цим документом є ДСТУ 4621:2006.

На підприємстві з виробництва молочної кислоти застосовується широкий спектр методів контролю якості, що дозволяють оцінити всі аспекти її відповідності стандартам.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> РОМАНОВА О. О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> МОДЖЕНКОВА М. А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ 4		ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.059.КР.ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.	ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 13.05.2024	<i>Мова</i> ua

Фізико-хімічні методи:

- визначення концентрації молочної кислоти титруванням або спектрофотометрією;
- визначення чистоти продукції за вмістом домішок, золи, сухої речовини та інших показників;
- визначення фізичних параметрів (щільність, в'язкість, рефракційний індекс).

До мікробіологічних методів, можна віднести перевірку на відповідність мікробіологічним нормативам (кількість мікроорганізмів, патогенних мікроорганізмів, токсинів).

Органолептичний аналіз є важливим етапом контролю якості, що проводиться кваліфікованими спеціалістами. Він дозволяє оцінити наступні характеристики:

- колір: залежно від призначення молочної кислоти може бути безбарвною, світло-жовтою або світло-коричневою. Наявність сторонніх відтінків може свідчити про домішки або порушення технологічного процесу;
- запах: характерний запах молочної кислоти повинен бути чистим, кисломолочним, без сторонніх присмаків;
- смак: чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків та гіркоти.

Для більш детального аналізу фізико-хімічних властивостей та визначення домішок можуть використовуватись різноманітні інструментальні методи:

- спектрофотометрія: дозволяє визначити концентрацію молочної кислоти та наявність домішок інших органічних кислот;
- хроматографія: допомагає ідентифікувати та кількісно визначити сторонні домішки та залишки сировини;
- рефрактометрія: дає змогу визначити сухий залишок молочної кислоти за її показником заломлення світла;

- рН-метрія: використовується для вимірювання водневого показника (рН) розчину молочної кислоти.

Крім перерахованих методів, на підприємстві можуть застосовуватися й інші методи контролю якості залежно від специфічних вимог до продукції та її призначення (харчова чи технічна).

Для забезпечення простежуваності виробництва та ефективного управління якістю важливим є ведення чіткої системи документообігу та зберігання даних. Вона повинна включати журнали реєстрації сировини та допоміжних матеріалів, що надходять на виробництво, технологічні інструкції та карти, результати лабораторного контролю на всіх етапах виробництва, протоколи та експертні висновки за результатами експертизи готової продукції, записи про проведення калібрування та перевірки вимірювальних приладів.

Ця система дозволяє відстежити історію виробництва кожної партії молочної кислоти, оперативно реагувати на будь-які відхилення від стандартів та забезпечувати стабільну якість продукції.

Саме за ДСТУ 4621:2006 є деякі приклади випробувань. Відбір проб потрібно виконувати саме піпеткою з однією позначкою 2-2-10, 2-2-20 згідно з ГОСТ 29169, колбою конічною Кн-1-1000 згідно з ГОСТ 25336, банкою скляною згідно з ГОСТ 5717. Точкові проби молочної кислоти піпеткою відбирають із пакувальної одиниці після ретельного перемішування, із цистерн, рівними порціями з верхнього, нижнього та середнього шарів. Об'єм точкової проби повинен бути не менше ніж 0,1 дм³.

Визначення запаху

Молочну кислоту додають до наполовину заповненої хімічної склянки при температурі 20°C і визначають її запах органолептично. Очікується відчутний, але не надто виражений, характерний для молочної кислоти аромат. Відсутній неприємний запах, який може з'явитися внаслідок наявності летких кислот.

Визначення смаку

У хімічну склянку додають 1 см³ молочної кислоти та (масова частка молочної кислоти — 1) см³ дистильованої. Змішану рідину перемішують і проводять органолептичне визначення смаку. Очікується відчутний кислий смак.

Визначання загальної молочної кислоти, прямо титрованої молочної кислоти та ангідридів

Метод полягає у нейтралізації молочної кислоти за допомогою гідроксиду натрію, подальшому омиленні ангідридів під час нагрівання з лугом і збалансованій нейтралізації надлишку лугу сірчаною кислотою з використанням фенолфталеїну для індикації. Спочатку зважують 20 г молочної кислоти, додають дистильовану воду до мітки у 250 см³ мірній колбі, а потім перемішують. Отриманий розчин зводять до об'єму 25 см³, який містить 2 г кислоти, і титрують розчином гідроксиду натрію з використанням фенолфталеїну до слабко-рожевого кольору. До нейтралізованого розчину додають 20 см³ розчину гідроксиду натрію, кип'ятять, охолоджують і титрують сірчаною кислотою до знебарвлення. Паралельно проводять контрольний експеримент з розчином гідроксиду натрію та дистильованою водою, який також титрують розчином сірчаної кислоти та фенолфталеїну до знебарвлення.

Визначання колірності

Метод полягає у визначенні кольору молочної кислоти шляхом порівняння з колірним стандартом, який представлений розчином йоду з молярною концентрацією $(1/2 I_2) = 0,1$ моль/дм³ у дистильованій воді. Колірність вимірюється як співвідношення об'ємів йоду і води.

Для проведення експерименту використовують двокамерний компаратор з матовим склом у задній стінці та двома прямокутними отворами на рівні половини висоти склянок у передній стінці. Отвори мають однаковий розмір і розташовані поруч. Склянки повинні бути однакового діаметра та місткістю не менше 120 см³.

Компаратор розміщують перед джерелом світла на рівні очей спостерігача з тим, щоб задня стінка була обернена до джерела світла. У одну склянку наливають молочну кислоту до рівня, що перевищує рівень отвору компаратора на 1-2 см, а в іншу - 1 см³ розчину йоду, до якого додають дистильовану воду з бюретки, перемішуючи, доки колір рідин у двох склянках не стає однаковим.

Визначання масової частки золи

Метод заснований на вимірюванні залишкової маси після спалювання молочної кислоти у електропечі при температурі від 400 °С до 700 °С.

Спочатку зважують пробу молочної кислоти від 2 г до 5 г з точністю до четвертого десяткового знаку. Потім пробу поміщають у передпічений фарфоровий тигель, який має постійну масу після прожарювання від 600 °С до 700 °С, і знову зважують.

Молочну кислоту у тиглі випаровують на пісковій бані до практичної сухості, а потім тигель з залишком піддають озолуванню в електропечі, збільшуючи температуру від 400 °С до 700 °С. Час озолування триває від 1,2 до 2,5 годин.

Після озолування тигель охолоджують у ексикаторі протягом 20-30 хвилин і знову зважують. Цей процес повторюють доти, доки різниця між двома послідовними зважуваннями не перевищує 0,001 г.

Визначання масової частки заліза

Метод визначення масової частки заліза у молочній кислоті проводиться за допомогою колориметричного або візуального методу. Спочатку зважують пробу молочної кислоти в межах від 1 г до 3 г, після чого пробу поміщають у передпічений фарфоровий тигель та проводять озолування при підвищенні температури від 400°С до 700°С. Потім до золи додають концентровану соляну і азотну кислоти, кип'ятять і розчиняють осад. Отриманий розчин переносять у мірну колбу, додають роданистого амонію та здистильовану воду до мітки, після чого колориметрують у кюветі. Масову частку заліза визначають за допомогою калібрувальної кривої, яку будують на основі серії стандартних забарвлених

розчинів з відомою концентрацією заліза. У ці розчини додають реагенти, вимірюють оптичну густину та побудовують графік залежності оптичної густини від концентрації заліза. На основі цього графіку визначають масову концентрацію заліза у досліджуваному розчині.

Визначання масової частки сульфатів

Сульфати визначають титрометричним методом з використанням індикатора нітхромазо. Метод ґрунтується на реакції сульфат-іонів та іонів барію, що призводить до утворення важкорозчинного сірчаноокислого барію. У присутності індикатора нітхромазо, яке змінює колір під час реакції з вільними іонами барію, визначають кількість сульфатів.

Для аналізу молочної кислоти масою від 2 г до 5 г зважують з точністю до другого десяткового знаку. Потім пробу розчиняють у воді у конічній колбі об'ємом 100 см³, додають 1-2 краплі індикатора нітхромазо та титрують розчином хлористого барію з бюретки.

У початковій стадії титрування нітхромазо може утворювати складний комплекс з іонами барію, тому титрування проводять повільно, додаючи розчин хлористого барію краплями і ретельно перемішуючи. Початкове блакитне забарвлення комплексу переходить у фіолетове, а потім швидко змінюється. Кінець титрування визначають за зміною забарвлення індикатора від фіолетового до блакитного, яке зафіксоване протягом 1-2 хвилин.

Визначання масової частки редукувальних речовин

Метод визначення редукувальних речовин у молочній кислоті базується на їх окисненні міднолужним розчином у присутності калію залістосиньородистого індикатора метиленового блакитного. Коли мідь повністю відновлюється, метиленовий блакитний забарвлюється, що показує кінець реакції.

Для проведення аналізу молочної кислоти масою 10 г, вона розчиняється у мірній колбі до позначки, після чого використовується для титрування 10 см³ міднолужного розчину. Процедура проводиться на простій установці, де

молочна кислота додається до розчинів I і II, що піддаються нагріванню та титруванню. Титрування включає попереднє та основне етапи для точного визначення реагентів, які додаються під час титрування. Кінець титрування визначається зміною кольору рідини від синього до фіолетового, а потім до жовтого. Тривалість процедури становить 5-7 хвилин.

Високий рівень якості та безпеки молочної кислоти є запорукою успішного функціонування виробництва. Для її досягнення необхідна комплексна система контролю якості, що охоплює всі етапи виробництва, від вхідного контролю сировини до експертизи готової продукції. Застосування сучасних методів контролю та дотримання вимог державних стандартів гарантують відповідність молочної кислоти усім необхідним вимогам, а отже, безпеку та конкурентоспроможність продукції на ринку [14].

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона навколишнього середовища

Під час виробництва молочної кислоти деякі етапи супроводжуються викидами стічних вод у поверхневі водойми та газів в атмосферу. Щоб запобігти нанесенню шкоди екології, виробництво суворо дотримується встановлених норм. Ці норми вказані у ДСТУ 461:2006 "Кислота молочна харчова" та включають СанПіН 4630-88, який регулює санітарні правила та норми охорони поверхневих вод від забруднення, а також ГОСТ 17.2.3.02, де зазначені гранично допустимі рівні концентрації шкідливих речовин в атмосфері.

З метою захисту довкілля, виробництво постійно стежить за дотриманням цих норм. На кожному етапі технологічного процесу проводяться ретельні перевірки, щоб запобігти перевищенню допустимих рівнів викидів. Виробництво також активно впроваджує нові технологічні рішення та екологічні заходи, які спрямовані на зменшення викидів шкідливих речовин.

Крім того, підприємство регулярно проводить моніторинг якості повітря та води в зонах свого впливу, співпрацюючи з відповідними державними органами для забезпечення екологічної безпеки. Всі зміни у виробничому процесі та обладнанні обов'язково узгоджуються з органами санітарного та епідеміологічного нагляду, що дозволяє підтримувати високий рівень екологічної відповідальності [26.27].

На виробництві молочної кислоти використовується свинець (II), як каталізатор для проведення хімічного процесу. Однак, цей реактив може мати серйозний негативний вплив на навколишнє середовище і здоров'я людини. За ступенем небезпеки для живих організмів свинець порівнюють з такими отруйними речовинами, як миш'як, кадмій і ртуть. Його вплив може призвести до блокування ферментів, погіршення травлення та навіть спричинити кисневе голодування.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження РОМАНОВА О. О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа МОДЖЕНКОВА М. А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.066.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 13.05.2024	Мова ua	Аркуш 66/78

Згідно з вимогами нормативу, гранично допустимий рівень викидів свинцю (II) у навколишнє середовище не повинен перевищувати 25 г/год. Викиди під час виробництва молочної кислоти потребують особливої уваги та контролю, оскільки надлишок свинцю (II), може викликати серйозні наслідки для здоров'я. Тому виробництво не тільки дотримується всіх встановлених нормативів, а також вживає заходи для зменшення викидів свинцю.

Одним з ефективних методів зменшення викидів є очищення та вторинна обробка свинцю (II).

На виробництві молочної кислоти, де виробляється або використовується свинець у процесах, використовуються спеціальні технології для вилучення його з розчину молочної кислоти. Цей процес реалізується за допомогою катіонообмінної смоли, яка працює як фільтр, утримуючи свинець (II) у своїй структурі.

Але щоб ефективно використовувати як сам свинець (II), так і катіонообмінну смолу для подальших процесів, їх потрібно очистити. Це досягається заміщенням свинцю (II) на інший заряджений катіон, наприклад, на натрій. Цей процес дозволяє не лише використовувати ресурси ефективніше, а й зменшує відходи та негативний вплив на навколишнє середовище.

З метою зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище, сучасні підприємства впроваджують системи збору та переробки конденсату та відпрацьованої води. Ці ресурси збираються у спеціальні збірники, де їх можна піддати подальшій обробці.

Одним із ключових аспектів цього процесу є повторне використання зібраної води. Вона може бути охолоджена або нагріта, в залежності від конкретних потреб виробництва. Це дозволяє ефективно використовувати водні ресурси, зменшуючи тим самим не лише витрати на воду, а й викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Важливою метою є також постійне вдосконалення технологій та пошук нових способів зменшення впливу промислових процесів на навколишнє

середовище. Це допоможе забезпечити стале функціонування виробництва молочної кислоти з мінімальним негативним впливом на екосистему.

5.2 Охорона праці на виробництві

Виробництво молочної кислоти, може бути небезпечним з точки зору безпеки та здоров'я працівників. Робота з хімічними речовинами та обладнанням на виробництві може бути пов'язана з ризиком виникнення небезпечних ситуацій, таких як витік хімічних речовин, пожежа або травми під час роботи. Тому важливо дотримуватися всіх встановлених правил безпеки праці на виробництві. Застосування належних заходів контролю ризиків та впровадження відповідних процедур безпеки може допомогти знизити негативний вплив виробництва на здоров'я працівників.

5.2.1 Повітря робочої зони

Повітря робочої зони на виробництві молочної кислоти, повинно відповідати ГОСТ 12.1.005, згідно ДСТУ 4621:2006.

Щоб забезпечити потрібну температуру на виробництві використовують вентиляції, що повинні забезпечувати нормовані значення параметрів мікроклімату та чистоти повітря.

Дотримуючись ГОСТ 12.01.005, в кабінах, на пультах та постах управління технологічними процесами, у залах обчислювальної техніки та інших виробничих приміщеннях, підтримують температуру повітря 22 – 24°C та відносну вологість 40 – 60% та швидкості руху повітря не більше 0,1 м/с. У цехах, на виробництві, дотримуються таких показників мікроклімату: у холодну пору, температура повітря має сягати 18 – 20 °С, відносна вологість 40 – 60% та швидкості руху повітря не більше 0,3 м/с; у теплий період 21 – 23 °С, відносна вологість 40 – 60% та швидкості руху повітря не більше 0,2 – 0,4 м/с [28].

5.2.2 Виробниче освітлення

На виробництві молочної кислоти освітлення відіграє ключову роль у створенні комфортних та безпечних умов для працівників. Згідно зі стандартами, які встановлені в СНіП П-4-79 «Норми проектування. Природне та штучне освітлення», існує декілька типів освітлення, кожен з яких має свої переваги та використовується в залежності від характеристик приміщення.

Природне освітлення вирізняється своєю натуральністю та економічністю. Світло сонця, що проникає через спеціально розміщені світлові прорізи, не лише освітлює робочі зони, але й сприяє підвищенню настрою та енергії працівників. Однак, це освітлення не завжди доступне або достатньо ефективне у всі часи доби.

Штучне освітлення, навпаки, забезпечує стабільність та контроль над рівнем освітленості у будь-який час доби. Це особливо важливо у виробничих приміщеннях, де потрібно підтримувати постійні умови для ефективної роботи та безпеки персоналу.

Суміщене освітлення, як зазначено в стандартах, є оптимальним рішенням для багатьох виробничих об'єктів, включаючи виробництво молочної кислоти. Поєднання природного та штучного світла дозволяє забезпечити не лише комфортність і ефективність, але й економічність у використанні енергоресурсів.

Таким чином, застосування суміщеного освітлення на виробництві молочної кислоти є не лише практичним, а й раціональним рішенням, яке сприяє якості продукції та задоволенню потреб працівників [29].

5.2.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

На виробництві молочної кислоти вібраційна безпека і санітарні норми вібрації на робочому місці повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.012.

На виробництві машин для молочної кислоти встановлюються норми вібрації згідно зі стандартами, які вказані у технічних документах на конкретні машини або в загальних стандартах для груп машин. Ці норми враховують

технічні характеристики машин та інші фактори, що впливають на рівень вібрації, та встановлюються у вигляді максимально допустимих значень вібраційних характеристик.

Для обмеження впливу вібрації на робочих місцях встановлюються внутрішні режими роботи, що враховують показники перевищення вібраційного навантаження на оператора. Робочий час обмежується до 8 годин з двома регламентованими перервами і обіднім перервою. Контроль за дотриманням цих режимів проводиться адміністрацією підприємства та санітарними службами.

Контроль вібрації на робочих місцях та машин обов'язковий для оцінки їх безпеки. Цей контроль повинен відбуватися в умовах, що відтворюють реальні умови експлуатації. Система контролю має включати докладний опис об'єкта контролю, умови вимірювання, типи використовуваних засобів випробування, контрольовані параметри, та критерії оцінки результатів вимірювань [30].

5.2.4 Рівні шуму на робочих місцях

На виробництві молочної кислоти, звукове середовище відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та комфорту працівників. Згідно з ГОСТ 12.1.012-90, рівень шуму поділяється на кілька категорій за характером та інтенсивністю. Шуми можуть бути широкосмуговими або тональними, залежно від їхнього спектру. Також вони поділяються на постійні та непостійні, враховуючи зміну інтенсивності протягом робочого дня.

Шум на виробництві молочної кислоти може мати негативний вплив на здоров'я та продуктивність працівників, тому важливо вживати заходи для його контролю та зменшення. Один із способів цього досягнення - використання звукопоглинаючих матеріалів, які допомагають знизити рівень шуму в приміщеннях.

Додаткові заходи захисту від шуму включають встановлення звукозахисних бар'єрів або екранів, регулярні перевірки та обслуговування

обладнання, що генерує шум, а також надання працівникам захисного звукового обладнання, наприклад, навушників чи вушних затик.

Важливо проводити систематичний моніторинг рівня шуму на виробництві молочної кислоти та вживати всі необхідні заходи для забезпечення безпеки та комфорту працівників. Такий підхід допоможе знизити ризики та підвищити загальний рівень безпеки на робочому місці [31].

5.2.5 Засоби індивідуального захисту на виробництві

Працівники на хімічних виробництвах, зокрема молочної кислоти, повинні використовувати різні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) для забезпечення своєї безпеки та здоров'я. Відповідно до ГОСТ 12.4.011, загальні рекомендації щодо особистого захисту на таких виробництвах включають:

1. **Захисний одяг.** Застосовуються халати, комбінезони, спеціальні костюми і фартухи, що дозволяють захистити працівників від контакту з хімічними речовинами або іншими небезпечними факторами.
2. **Рукавички.** Використовуються відповідні рукавички залежно від виду роботи, які допомагають запобігти контакту з агресивними хімічними речовинами.
3. **Захисні окуляри.** При контакті з хімічними речовинами працівники носять захисні окуляри або маски з окулярами для захисту очей від потенційно небезпечних речовин і бризок.
4. **Дихальний захист.** У разі необхідності використовуються респіратори або маски для захисту дихальних шляхів від пилу, газів або інших шкідливих речовин.
5. **Слуховий захист.** Якщо на виробництві існує ризик впливу шуму, працівники використовують спеціальні засоби слухового захисту, такі як вушні вати або навушники [32].

5.2.6 Пожежна безпека

На виробництві молочної кислоти встановлені та діють строгі стандарти пожежної безпеки, які спрямовані на запобігання пожеж та зменшення ризику пошкодження майна та загрози життю працівників. Дії щодо пожежної безпеки ретельно спроектовані, і всі співробітники обов'язково навчені засадам безпеки в разі пожежі. Нижче наведені основні положення пожежної безпеки на виробництві молочної кислоти:

- план евакуації та навчання: Кожен співробітник обов'язково проходить навчання з евакуації в разі пожежі. План евакуації регулярно переглядається та оновлюється. Евакуаційні шляхи чисті та вільні від перешкод;
- вогнегасники та інші засоби пожежогасіння: На всіх робочих місцях розташовані вогнегасники відповідно до нормативів. Працівники ознайомлені з використанням вогнегасників та інших засобів пожежогасіння;
- детектори диму та пожежні спостережні системи: У всіх приміщеннях встановлені детектори диму та системи пожежного спостереження, які автоматично спрацьовують у випадку виявлення пожежі. Ці системи підключені до централізованої системи оповіщення;
- план дій у разі пожежі: Кожен співробітник ознайомлений з планом дій у разі пожежі. Цей план включає в себе процедури сповіщення, евакуації, виклику пожежної бригади та використання вогнегасників;
- перевірка та обслуговування обладнання: Все обладнання, що використовується на виробництві молочної кислоти, регулярно перевіряється та обслуговується з метою попередження можливих пожежних загроз;

- контроль над зберіганням матеріалів: Усі легкозаймисті матеріали зберігаються в спеціально відведених для цього приміщеннях відповідно до нормативів щодо пожежної безпеки;
- пожежний ізоляційний матеріал: Будівлі, обладнання та інфраструктура обладнані відповідними пожежно-ізоляційними матеріалами з метою зменшення поширення вогню в разі пожежі.

Ці заходи забезпечують високий рівень пожежної безпеки на виробництві молочної кислоти та допомагають уникнути можливих небезпек та захистити життя та майно співробітників [33].

ВИСНОВКИ

1. Під час роботи був проведений глибокий аналіз науково-технічної літератури щодо властивостей молочної кислоти. Визначено, що молочна кислота існує у вигляді двох оптичних ізомерів: D-(-)-молочної кислоти та L-(+)-молочної кислоти. В індустрії, як харчовій, біохімічній та косметичній, перевага надається L-молочній кислоті. Використання суміші обох ізомерів в процесах виробництва біорозкладної пластмаси, засобів від кліщів для бджільництва та добавок для захисту рослин є загальноприйнятим.

2. Аналізовані методи отримання молочної кислоти включають хімічний та біохімічний підходи. Згідно роботи хімічний метод є більш економічно вигідним у порівнянні з біохімічним. Також було проаналізовано патенти на виробництво кислоти, серед яких був обраний та удосконалений відповідний метод у рамках кваліфікаційної роботи.

3. В роботі наведені шляхи удосконалення технології отримання молочної кислоти, спрямовані на зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище та покращення економічного стану виробництва.

4. У технологічній частині даної кваліфікаційної роботи було проаналізовано нормативні документи щодо вихідної сировини для виробництва молочної кислоти. На основі обраної технології та удосконалення розроблені принципово-технологічна та апаратурно-технологічна схеми виробництва. Також проведений розрахунок матеріального балансу на кожній стадії виробництва, де враховані втрати у розмірі від 1 до 6%, а також витрати виробництва. Також робота включала в себе розрахунок змішувача з рамною мішалкою..

5. У кваліфікаційній роботі було проведено техніко-економічне обґрунтування виробництва, а саме була розрахована собівартість одиниці продукції у фасуванні 100 мл молочної кислоти, яка за калькуляцією собівартості

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження РОМАНОВА О. О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа МОДЖЕНКОВА М. А.	Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.074.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 13.05.2024	Мова ua	Аркуш 74/78

коштуватиме 6,34 грн. Прибуток з однією одиниці продукції 18,66 грн, ми отримуємо враховуючи середню вартість продукції Україні а саме 35 грн. Згідно даних, виробництво можна назвати доцільність і конкурентоспроможним.

6. В рамках кваліфікаційної роботи була розглянута система контролю якості виробництва молочної кислоти, що забезпечує відповідність стандартам, мінімізує виробничі втрати та підвищує якість кінцевого продукту. Регулярний моніторинг дозволяє своєчасно виявляти та усувати відхилення, що покращує загальну продуктивність і рентабельність виробництва.

7. В екологічній частині та охороні праці розглянуто заходи, які мінімізують вплив виробництва молочної кислоти на навколишнє середовище та забезпечують безпечні умови праці для персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ojo, A.O.; de Smidt, O. Lactic Acid: A Comprehensive Review of Production to Purification. *Processes* 2023, 11, 688.
2. Wang, Y., Deng, W., Wang, B. *et al.* Chemical synthesis of lactic acid from cellulose catalysed by lead(II) ions in water. *Nat Commun* 4, 2141 (2013).
3. І.В. Бондар, В.М. Гуляєв Промислова мікробіологія Харчова і агробіотехнологія. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092901 – “Промислова біотехнологія.”. Дніпродзержинськ, видавництво ДДТУ, 2004. – 280 ст.
4. Choudhary, C.K.; Kumari, P. A Study on Lactic Acid Fermentation Properties and Applications. *Int. J. Res. Anal. Sci. Eng.* 2021, 1, 42–47.
5. Dusselier, M.; Van Wouwe, P.; Dewaele, A.; Makshina, E.; Sels, B.F. Lactic Acid as a Platform Chemical in the Biobased Economy: The Role of Chemocatalysis. *Energy Environ. Sci.* 2013, 6, 1415–1442.
6. Спосіб виробництва молочної кислоти: пат. 35418 Україна; заяв. 15.03.2021.
7. Спосіб отримання молочної кислоти: пат. 43035 Україна; заяв. 15.11.2001.
8. Спосіб виробництва молочної кислоти: пат. 32642 Україна; заяв. 26.05.2008.
9. Спосіб отримання молочної кислоти: пат. US20040229327A1 US; заяв. 18.11.2004.
10. Спосіб отримання молочної кислоти: пат. 11,382,335 US; заяв. 08.08.2017.
11. Спосіб синтезу молочної кислоти та її похідних: 13/727,589 US; заяв. 26.12.2012.
12. ГОСТ 5982-84. Целюлоза сульфітна віскозна. Технічні умови. 1986 р. 6с.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження РОМАНОВА О. О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа МОДЖЕНКОВА М. А.	Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.076.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 13.05.2024	Мова ua	Аркуш 76/78

- 13.ГОСТ 4236-77. Реактиви. Свинець (II) азотнокислий. Технічні умови. 1978 р. 13с.
- 14.ДСТУ 4621:2006. Кислота молочна харчова.2007р. с.24.
15. ДСТУ ISO 3696:2003. Вода для застосовування в лабораторіях. Вимоги та методи перевіряння. 2003 р.
- 16.Технологічне обладнання для перемішування та отримання однорідних мас. URL:
https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%20%D0%A1%D0%B0%D0%B9/page11.html.
- 17.Терен: <https://www.ter-en.com/en/princip/nil>. (дата звертання 18.05.2024).
18. BTS Engineering: <https://bts.net.ua/ua/pumping-equipment-distillery/chemical-pumps/50fpz-20-2-pp-c-kh-m-chniy-v-dcentroviy-nasos/>
(дата звертання 18.05.2024).
19. Mechanical System Design, Universiti Malaysia Pahang, *Processes* 30 May 2016 Pekan, Malaysia.
- 20.Screw Conveyors URL: <https://www.iqsdirectory.com/articles/screw-conveyors.html>. (дата звертання 19.05.2024).
21. Mlunok: https://mlunok.com.ua/uk/pnevmatichnij-transporter-pt-360-dlya-vidkhodiv-derevoobrobki.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw97SzBhDaARIsAFHXUWBtALjqyTFkRHhDYaQBfdqILt0LFXVbTX2yAUSfzCFhuAnE80985KEaAiauEALw_wcB (дата звертання 19.05.2024).
- 22.Plant cell technology: <https://plantcelltechnology.com/blogs/blog/blog-autoclave-principle-types-and-precautions> (дата звертання 19.05.2024).
- 23.MICHIGAN ENGINEERING Visual Encyclopedia of Chemical Engineering Equipment: <https://encyclopedia.che.engin.umich.edu/ion-exchange-columns/>
- 24.THERMOPEDIA: <https://www.thermopedia.com/ru/content/1176/>
25. Medium: <https://medium.com/@kuberinternalsort/what-are-industrial-applications-of-liquid-collectors-c465a5bf6cf5> (дата звертання 19.05.2024).

26. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения 1989 р.
27. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. 1978 р.
28. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. 1988 р.
29. СНиП II-4-79. Природне і штучне освітлення. 1979 р.
30. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартов безопасности труда. Вибраційна безпека. Общие требования. 2008 р.
31. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда. Вибраційна безпека. Общие требования. 1990 р.
32. ОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования. 1983 р.
33. Млавець Ю.Ю. Охорона праці (конспект лекцій для студентів математичного факультету і факультету післядипломної освіти та до університетської підготовки). – Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2015. – 56 с.