

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

**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 лимонної кислоти

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

МИХАЙЛЕНКО Дарина Олексіївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник РОМАНОВА Олеся Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Світлана КОВАЛЬОВА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Михайленко Дарина Олексіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання лимонної
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 лимонної 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

A1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу

A1

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

A1

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	24.05.2024-27.05.2024	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.2024-29.05.2024	
8	ВИСНОВКИ	30.05.2024-31. 05.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02. 05.2024-30. 05.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13. 05.2024-19. 05.2024	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20. 05.2024-28. 05.2024	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	03.06.2024-07.06.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Дарина МИХАЙЛЕНКО

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олеся РОМАНОВА

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Михайленко Д.О. Удосконалення технології отримання лимонної кислоти.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 77 С., 19 РИС., 17 ТАБЛ., 3 ДОДАТКИ, 22 ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

В даній кваліфікаційній роботі проведено літературний аналіз та узагальнено інформацію про удосконалення технології отримання лимонної кислоти.

Розглянуто сутність понять «харчова добавка».

Описано основні та додаткові сировинні матеріали для виробництва лимонної кислоти.

Проведено удосконалення технології виробництва лимонної кислоти. Розроблено принципову і апаратурно-технологічну схеми отримання. Проведено розрахунок матеріального балансу хіміко-технологічного процесу, а також надано техніко-економічне обґрунтування запропонованого способу виробництва.

Здійснено підбір основного технологічного обладнання відповідно до виробничої лінії. Наведено розрахунок основного апарату.

Запропоновано заходи з охорони праці та навколишнього середовища для даного підприємства.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХАРЧОВА ДОБАВКА, ЛИМОННА КИСЛОТА, ТЕХНОЛОГІЯ, НАФТАЛІН, ВОДЕНЬ, ІЗОТЕТРАЛІН, ГІДРОКСИД НАТРІЮ.

ABSTRACT

Mykhailenko D.O. Improvement of technology for production of citric acid.

EXPLANATORY NOTE: 77 p., 19 FIG., 17 TABLES, 3 APPENDICES, 22 LITERATURE SOURCES.

In this qualification paper, a literature analysis was carried out and information on the improvement of the citric acid production technology was summarized.

The essence of the concept of "food supplement" is considered.

The main and additional raw materials for the production of citric acid are described.

The technology of citric acid production has been improved. The basic and hardware-technological schemes of obtaining have been developed. The calculation of the material balance of the chemical-technological process was carried out, as well as the technical and economic justification of the proposed production method was provided.

Selection of the main technological equipment according to the production line was carried out. The calculation of the main apparatus is given.

Occupational and environmental protection measures for this enterprise are proposed.

KEYWORDS: FOOD SUPPLEMENT, CITRIC ACID, TECHNOLOGY, NAPHTHALENE, HYDROGEN, ISOTETRALINE, SODIUM HYDROXIDE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1 Властивості харчової добавки.....	10
1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище.....	13
1.3 Галузі використання харчової добавки.....	15
1.4 Стан сировинної бази.....	18
1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки.....	19
1.6 Шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки.....	30
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	31
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	31
2.2 Принципово-технологічна схема виробництва.....	37
2.3 Матеріальний розрахунок.....	38
2.4 Розрахунок та підбір основного обладнання.....	44
2.5 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	56
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	58
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	61
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	67
5.1 Охорона праці на підприємстві.....	67
5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві.....	71
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	75

<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> Михайленко Д.О	<i>Назва, додаткова назва</i> ЗМІСТ	<i>ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/77

ВСТУП

У сучасному світі лимонна кислота відіграє значущу роль у багатьох галузях промисловості, зокрема у харчовій, фармацевтичній, косметичній, а також у виробництві побутової хімії. Її універсальні властивості як натурального консерванту, антиоксиданту та регулятора кислотності зробили лимонну кислоту незамінним компонентом у формулюванні широкого спектра продуктів. Зростаючий попит на лимонну кислоту стимулює наукові дослідження та розробку нових, ефективніших та екологічно безпечних методів її виробництва.

Традиційно лимонна кислота виробляється за допомогою ферментації за участю мікроорганізмів, таких як *Aspergillus niger*, на різноманітних вуглеводних субстратах. Однак цей метод має певні обмеження, пов'язані з тривалістю процесу, вартістю сировини та необхідністю використання великих об'ємів води. У пошуках альтернатив, увага науковців все частіше звертається до хімічного синтезу, зокрема, використання тетраліну як потенційного прекурсора для отримання лимонної кислоти.

Виробництво лимонної кислоти з тетраліну є інноваційним підходом, який відкриває нові можливості для хімічної промисловості. Завдяки своїй унікальній хімічній структурі, ізотетралін може бути ефективно перетворений на лимонну кислоту через ряд хімічних перетворень. Цей метод має потенціал для зниження виробничих витрат, скорочення тривалості процесу та підвищення екологічної безпеки виробництва.

Метою даної кваліфікаційної роботи є детальний аналіз процесу виробництва лимонної кислоти з нафталену з продуктивністю 1000 кг на добу.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, додаткова назва ВСТУП	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 7/77

Робота включає огляд сучасних методів виробництва лимонної кислоти, теоретичне обґрунтування вибору тетраліну як сировини, розрахунок технологічного процесу та оцінку його ефективності з економічної та екологічної точок зору. Особлива увага приділяється визначенню оптимальних умов для кожного етапу процесу, а також аналізу можливих шляхів утилізації побічних продуктів.

Ця кваліфікаційна робота спрямована на розширення розуміння потенціалу хімічного синтезу в виробництві важливих біохімічних сполук та на внесок у розвиток більш сталого та економічно вигідного виробництва лимонної кислоти.

Мета роботи – на основі проведеного огляду науково-технічної літератури запропонувати шляхи удосконалення технології отримання лимонної кислоти.

Об’єкт дослідження – технологія отримання лимонної кислоти.

Предмет дослідження – лимонна кислота.

Завдання:

1. Розглянути існуючі технології виробництва лимонної кислоти.
2. Запропонувати та змістовно обґрунтувати шляхи удосконалення технології отримання лимонної кислоти.
3. Розрахувати матеріальний баланс хіміко-технологічного процесу виробництва лимонної кислоти.
4. Запропонувати принципову і апаратурно-технологічну схеми отримання лимонної кислоти.
5. Зробити підбір основного технологічного обладнання.
6. Розрахувати основний апарат.
7. Запропонувати заходи з охорони праці та навколишнього середовища.
8. Надати техніко-економічне обґрунтування запропонованого способу виробництва.

Апробація. За результатами роботи написано і подано до друку тези доповіді:

Виробництво лимонної кислоти. Михайленко Дарина, Романова Олеся. // Матеріали 90-ї Ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 11-12 квітня 2024 р. – К.:НУХТ, 2024р.

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Властивості лимонної кислоти (E330)

Лимонна кислота (Citric acid), відома також як трикарбонова кислота ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$), є розповсюдженим метаболітом рослин і тварин, і знаходиться у соку цитрусових і ананаса. Чиста лимонна кислота безбарвна та добре розчинна у воді з молекулярною масою 210,14 г/моль.

Зовнішній вигляд: білий кристалічний порошок. Густина: 1,542 см/л. Температура плавлення: 153–154,5°C Температура горіння: 100 °C Розчинність у воді: 750 г/л (при 20 °C). Фізико-хімічні властивості лимонної кислоти наведені у таблиці 1.1:

Фізико-хімічні властивості лимонної кислоти

Таблиця 1.1

Найменування показника	Норма для марки		
	Екстра	Вищий	Перший
1. Зовнішній вигляд та колір	Безбарвні кристали або білий порошок без грудок; для кислоти першого гатунку допускається жовтуватий відтінок		
2. Смак	Кислий, без стороннього смаку		
3. Запах	Розчин кислоти концентрації 20 г/дм ³ в дистильованій воді не повинен мати запаху		
4. Структура	Сипуча та суха, на дотик не липка		
5. Масова частка лимонної кислоти в перерахунку на моногідрат, не менше не більше	99,5-101,0	99,5	99,5

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 10/77

Продовження таблиці 1.1

6. Колір, одиниці показника кольоровості розчину йодної шкали, не більше	4	6	10
7. Масова частка золи, %, не більше	0,07	0,10	0,35
8. Масова частка вільної сірчаної кислоти, %, не більше	0,01	0,01	0,03
9. Масова частка миш'яку, %, не більше	0,00007	0,00007	0,00007
10. Масова частка сульфатної золи, %, не більше	0,1	-	-

Вимоги до безпеки лимонної кислоти наведені у таблиці 1.2:
Вимоги безпеки лимонної кислоти:

Таблиця 1.2

Клас небезпеки за ступенем впливу на організм людини	3
Види небезпеки	-
Вибухо- та пожежонебезпека	Лимонна кислота пожежо- та вибухобезпечна
Небезпека для людини	Лимонна кислота викликає подразнення слизових оболонок та шкірних покривів.
Засоби індивідуального захисту	Респіратори, гумові рукавички, захисні окуляри, халати

Розглянемо структурну формулу лимонної кислоти, яка зображена на рисунку 1.1

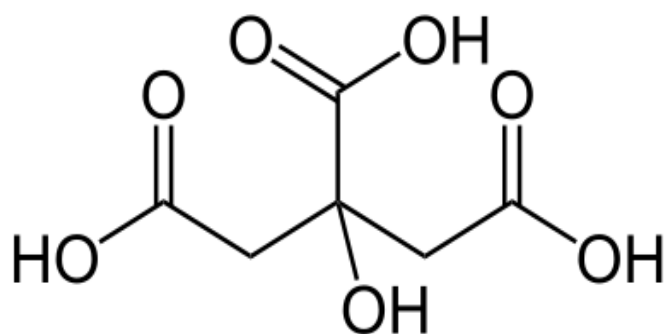


Рисунок 1.1 Структурна формула лимонної кислоти

Лимонна кислота - слабка органічна кислота, яка користується великим попитом у всьому світі через своє широке застосування в домашній сфері, медицині та різних секторах економіки та промисловості (у виробництві лакофарбових матеріалів, фармацевтиці, харчовій промисловості тощо). Близько однієї шостої частини (375 000 тонн) світового виробництва лимонної кислоти використовується у фармацевтичній галузі як допоміжна речовина: для модифікації кислотності, стабілізації, розгублення, регулювання смаку та як консервант. Лимонна кислота має буферні властивості і може використовуватися як фунгіцид, а також має здатність інгібувати тромбін. Її використовують для створення твердих (таблетки, порошки), рідких (ін'єкції, сиропи, розчини) форм медикаментів та інших типів лікарських засобів. Була відкрита та виділена із соку недостиглих плодів лимону в 1784 році шведським аптекарем Карлом Шееле.

При температурі кристалізації 36,6 С і вище виділяється безводна лимонна кислота з молекулярної масою 192 г/моль і температурою плавлення 153°C. При нагріванні до 175°C лимонна кислота розкладається.

Солі лимонної кислоти, відомі як цитрати, характеризуються низькою розчинністю у воді.

Лимонна кислота, органічна речовина, легко розчиняється у воді, спирті та ефірі. У воді вона дисоціює, утворюючи аніон, відомий як цитрат. Лимонна кислота є трьохосновною оксикислотою, із водних розчинів

кристалізується у формі безбарвних прозорих ромбічних призм, у яких міститься одна молекула води.

1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище

На харчових виробництвах найбільшу шкоду довкіллю завдають викиди газів у повітря та забруднення стічних вод. Вуглекислий газ постійно існує у нашій атмосфері. Якщо ліквідувати всі джерела антропогенних викидів CO₂ за ніч, атмосфера може продовжувати нагріватися протягом 100 років або більше. Однак діяльність людини, яка призводить до підвищення концентрації CO₂ в атмосфері, значно посилює цей процес, породжуючи багато негативних наслідків.

Зростання вуглекислого газу в усьому світі збільшує газовий бар'єр у всьому світі, що призводить до глобального потепління. Це призводить до ланцюжка катастрофічних подій, таких як зміна середнього рівня моря або зміна кліматичних умов і режиму опадів. При вдиханні вищих концентрацій CO₂ у людей і тварин також може виникнути задишка. Концентрація вуглекислого газу в атмосфері Землі продовжує зростати. Рослини реагують на зміну концентрації CO₂. Це важлива сировина для фотосинтезу, який є ключовим для підтримки всієї системи життя на цій планеті. Здатність рослин поглинати CO₂ під час фотосинтезу, а потім накопичувати вуглець у своїй структурі може пом'якшити швидкість збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері.

Забруднення спричинене декількома факторами, такими як вибух людського населення, неконтрольована урбанізація, вирубка лісів і технологічний прогрес. У розвинутих країнах громадяни споживають більше їжі, використовують більше пестицидів, інсектицидів, добрив, палива, мінералів, автомобілів та багатьох інших продуктів різного типу. Більшість цих продуктів виготовляється на заводах. Нерегульоване виробництво в останні десятиліття призвело до значного зростання

забруднення навколишнього середовища. Боротьба з ним надзвичайно складна і дорога, але в той же час необхідна. Сьогодні промисловість приділяє все більшу увагу зниженню викидів в атмосферу шкідливих сполук, у тому числі вуглекислого газу . З цією метою компанії вивчають нові альтернативні шляхи зменшення свого вуглецевого сліду , наприклад:

- Використання енергії з відновлюваних джерел – це дозволяє зменшити виробництво електроенергії на вугіллі;
- Використання котлів на біомасі для спалювання побічних продуктів;
- Перехід від традиційних до світлодіодних систем освітлення – цей тип освітлення споживає менше енергії, таким чином зменшуючи кількість парникових газів, що виділяються під час виробничого процесу;
- Заміна транспортних засобів на місці, наприклад, електричних навантажувачів замість дизельних навантажувачів;
- Впровадження низьковуглецевих технологій;
- Оптимізація маршрутів під час транспортування готових матеріалів;
- Модернізація обладнання та обладнання, які відповідають суворим екологічним стандартам;
- Зниження енергоємності процесів.

Для очищення стічних вод необхідно використовувати багатоступеневі системи очищення, що включають механічні, хімічні та біологічні методи. Такі заходи сприятимуть зменшенню екологічного впливу харчових підприємств і покращенню стану довкілля.

Для зменшення викидів у стічні води на харчових виробництвах необхідно вжити наступних заходів:

- Використання механічних фільтрів для видалення великих часток.
- Встановлення сепараторів жиру для видалення масел та жирів зі стічних вод.

- Додавання коагулянтів і флокулянтів для зниження концентрації завислих часток і колоїдів.
- Використання нейтралізаторів для регулювання рН стічних вод.
- Встановлення аеробних і анаеробних біореакторів для біологічного розкладання органічних забруднень.
- Використання активного мулу для ефективного біологічного очищення стічних вод.
- Використання зон відстоювання для осідання твердих часток.
- Організація системи рециркуляції води для повторного використання очищених стічних вод у виробничих процесах.
- Встановлення систем автоматичного моніторингу якості стічних вод.
- Регулярне проведення аналізів для контролю за вмістом забруднюючих речовин у стічних водах.
- Проведення навчань для персоналу з питань екологічної безпеки та методів зниження викидів.
- Впровадження програм з підвищення екологічної свідомості серед працівників.
- Впровадження мембранних технологій для ультрафільтрації та зворотного осмосу.
- Використання новітніх біотехнологій для підвищення ефективності біологічного очищення.

1.3 Галузі використання лимонної кислоти

Використовується як регулятор кислотності та посилення смаку. Лимонна кислота є незамінною помічницею у приготуванні кондитерських виробів, джему, желе, повидла, варення, карамелі та різних напоїв. Цю добавку також використовують при виробництві майонезу, кетчупів, різних соусів та консервів. Для того щоб збільшити

термін придатності багатьох продуктів, її нерідко кладуть як консервант у рибні та інші консерви. Також застосовується при виробництві хлібобулочної промисловості як харчова добавка E330, залежно від технологічної необхідності. За допомогою кислоти з організму виводять шлаки та токсичні речовини. Вона добре впливає на роботу травлення, є помічником при спалюванні вуглеводів.

Лимонна кислоти користуються для схуднення. Також лимонна кислота входить до складу деяких косметичних засобів. Речовину використовують для нігтів. Воно чудово доглядає нігті, надаючи їм блиск і гладкість. Використовують лимонну кислоту для волосся, вона добре звужує пори, що дозволяє запобігти випаданню волосся. Застосовується ще в побуті для очищення від накипу пральних машин, чайників, також ефективно видаляє плями з текстильних та тканинних покриттів. Відмінно себе показує для очищення срібла та очищення кальяних колб. Також використовують для зимового корму бджіл, його кращої кристалізації, і навіть знижує схильність до інфекцій, загальмовує розвиток хворіб бджіл. Якщо Ви застудилися, то лимонна кислота пом'якшить біль у горлі. Ще користь цієї харчової добавки в тому, що вона сприяє появі нових клітин у скороченні зморшок. Лимонна кислота допомагає очистити артерії та кровоносні судини. Максимально допустимий рівень вмісту лимонної кислоти у продуктах становить 60мг/кг.

У промисловості, що займається переробкою олій та жирів, лимонна кислота допомагає зберегти продукцію від псування, що спричинене важкими металами, які можуть міститися в них. Вона утворює комплексні сполуки з цими металами, що запобігає їхньому розкладу. Такий процес значно зменшує ймовірність жирів, маргаринів та рослинних олій піддаються окисленню. У невеликих кількостях застосовується для посріблення та гравіювання, а також для фарбування та ситцевого друку.

Виробництво алкогольних, безалкогольних газованих та негазованих напоїв. Лимонна кислота - це компонент, який наділяє їх свіжістю. Вона посилює роботу вітаміну С(аскорбінової кислоти), тим самим підвищує кислотність, покращує смак, та зберігає колір напою в належному стані.

Виноробство. Лимонна кислота як і будь-яка кислота має освітлюючу здатність, завдяки якій і має великий попит у виноробстві, так як завдякі Е330 можна висвітлювати вино, якщо воно виготовляється з перезрілих плодів. Також вона запобігає появі осаду на дні пляшки вина. За допомогою лимонної кислоти можна скорегувати деякі технологічні нюанси процесу виготовлення вин, такі як: мала концентрація наявних кислот у вихідній сировині, недостаня міцність напою. Додатково лимонну кислоту вводять у деякі сорти вин, які містять підвищену кількість солей.

Підготовка фруктів та овочів - концентрованим розчином лимонної кислоти плоди промивають для збереження кольору та аромату.

Кондитерська галузь - у цій галузі Е330 використовують для надання кислого смаку та аромату у цукерках, пастилі, карамелі та інших кондитерських виробках. Усі желейні вироби виробляють обов'язково із застосуванням солі лимонної кислоти - цитрату натрію. Також цю речовину доволі часто використовують у шоколадному виробництві, де цитратна кислотна знижує в'язкість шоколадної глазури, зменшує загальну витрату какао-олії та не дає цукру, наявному в шоколаді кристалізуватися, через що шоколад зберігає блиск.

Виготовлення хлібобулочних виробів – лимонна кислота не обійшла і цю галузь. Тут її використовують у складі розпушувачів. Додатково через хімічні властивості кислот, лимонна кислота взаємодіє з лугом, завдяки чому виділяється вуглекислий газ, який робить тісто пишним та наповненим повітря.

Олійна промисловість - лимонна кислота має здатність знизити прояв гіркоти у маргаринів. Досягти такого ефекту можна завдяки формуванню

комплексних сполук з важкими металами.

Обробка м'яса, риби та морепродуктів. Якщо обробити лимонною кислотою ці продукти, то це знизить розвиток патогенних мікроорганізмів та дасть продуктам довше зберігатись.

1.4 Стан сировинної бази

Стан сировинної бази для виробництва лимонної кислоти є ключовим аспектом хімічної промисловості. Основною сировиною є цукровмісні речовини, зокрема глюкоза і сахароза, отримані з кукурудзи, цукрового буряка, тростинного цукру та інших рослинних матеріалів. Важливу роль відіграють сільськогосподарські відходи та відновлювані біоресурси, такі як меляса, що дозволяють знижувати витрати і підвищувати екологічність виробництва.

Ферментація з використанням грибів *Aspergillus niger* (дуже поширений цвілевий гриб, який можна зустріти у ванних кімнатах та продуктах харчування) є основним методом виробництва лимонної кислоти. Цей гриб зустрічається у формі чорної цвілі. Колонії ростуть швидко за 37 °С, спочатку білі, потім жовтіють і на 2-3 добу формують повітряний міцелій чорного кольору. Реверс колоній світло-жовтий. За мікроскопії: дворядні конідіальні головки, спори закруглені у ланцюжках, 4-5 мкм у діаметрі.

Для підвищення ефективності використовуються генетично модифіковані штами мікроорганізмів, такі як *Y.Lipolytica*. Важливі параметри процесу включають рН, температуру і концентрацію субстрату. Сучасні тенденції включають впровадження інноваційних біотехнологій і методів переробки.

Економічна ефективність залежить від стабільного постачання високоякісної сировини, а також зниження витрат через використання дешевших відходів. Екологічна безпека забезпечується зменшенням

відходів і раціональним використанням ресурсів. Постійний моніторинг і навчання персоналу допомагають дотримуватись екологічних стандартів і підвищувати обізнаність щодо збереження навколишнього середовища.

1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки

Біохімічний метод

Близько 60 років тому лимонну кислоту виділяли переважно із плодів цитрусових рослин.. Переваги способу отримання кислоти з мікроорганізмів полягає в послідовному ферментативному здійсненні у клітині, навіть значно більшої кількості хімічних реакцій в одну виробничу стадію - ферментацію.

Це спрощує технологію, збільшує вихід кислоти та знижує їхню собівартість. Технологія виробництва кислоти використовує різні джерела вуглецю та методи

культивування мікроорганізмів. Як сировину для ферментативного отримання лимонної кислоти у більшості країн світу використовують мелясу - побічний продукт виробництва цукру з цукрових буряків або цукрової тростини. Раніше, починаючи з 1917 р. виробництво лимонної кислоти було засноване на поверхневому культивуванні мікроба-продуцента; у 1938-1942 рр. освоєно також глибинне культивування у герметичних ферментаторах. Завдяки цьому вдалося механізувати та автоматизувати процес, ефективніше використовувати виробничі площі та знизити собівартість цільового продукту, скоротити загальну тривалість технологічного циклу, полегшити підтримку асептичності у виробничих умовах.

Багато мікроорганізмів можуть утворювати лимонну кислоту, включаючи види *Aspergillus awamori*, *A. fenicis*, *A. fonsecaeus*, *A. luchensis*, *A. fumaricus*, *A. wentii*, *A. saitoi*, *A. usami*, *A. phoenicus*, *A. lanosus*, *A. foetidus*, *A. flavus*. У промисловому виробництві лимонної кислоти широко

застосовують гриби *A. niger*, оскільки вони забезпечують високий вихід цільового продукту, легко обробляються, є відносно недорогими, що робить виробничий процес економічно вигідним. Багато органічних речовин зброджуються мікроміцетами і можуть бути трансформовані в лимонну кислоту, але найбільший вихід продукту отримується при біосинтезі з сахарози або фруктози.

Проте слід зазначити, що *A. niger* має багато штамів, які відрізняються за морфологією та біохімічними характеристиками, такими як колір спор та міцелію, розмір та кількість спор, розмір міцелію, утилізація субстрату, ферментаційний час, здатність продукувати лимонну кислоту на різних субстратах.

Продуцент лимонної кислоти має відповідати певним характеристикам,

зокрема:

- високій швидкості утворення кислоти;
- високому ступеню перетворення джерела вуглецю у лимонну кислоту;
- генетичній однорідності та стабільності;
- стійкості до змін температури та забруднення середовища, зокрема до високих концентрацій вуглеводів.

Приблизно 80% отриманої кислоти отримують через глибинне культивування гриба *A.Niger*. Реальний вихід лимонної кислоти перевищує 70% від теоретичного. Важливою умовою для накопичення лимонної кислоти є доступність поживних речовин, таких як сахариди, яку можна досягти за допомогою попереднього гідролізу субстратів. Повільна швидкість гідролізу полісахаридів обумовлена низькою активністю ферментних систем *A. niger* у кислому середовищі. Популярність промислового використання *A. niger* обумовлена наступними факторами:

- простота складу поживного середовища;

- наявність потенціалу до росту на дешевих субстратах та відходах різних галузей промисловості: цукрової та тростинної меляси, відходах пивоварень, крохмалі, яблучних вичавках тощо;
- характеризується високими показниками виробництва лимонної кислоти.

Дріжджі *Y. lipolytica* мають великий потенціал для використання в промисловості через їхню безпечність для людини та їхню здатність синтезувати різноманітні комерційно важливі речовини, такі як лимонна та ізолимонна кислоти, ліпази і т.д., проте до цього часу вони не були використані в промисловому масштабі. *Y. lipolytica* може перетворювати жирні кислоти, n-парафіни та інші речовини, які *A. niger* не використовує як джерело вуглецю. Ці дріжджі можуть розвиватися на відходах виробництва біодизелю (сирому гліцеролі, стічних водах), відходах закладів харчування (використаній олії), рапсовій олії та інших субстратах. Оскільки попит на лимонну кислоту постійно зростає, проводяться активні дослідження у сфері використання високопродуктивних штамів цих дріжджів.

Деякі з штамів, які здатні до активного росту та продукції лимонної кислоти, включають *Y. lipolytica* VKM Y-2373, *Y. lipolytica* N 1, *Y. lipolytica* NG40/UV7, *Y. lipolytica* SWJ1b, *Y. lipolytica* 57, *Y. lipolytica* 1.31, *Y. lipolytica* UOFS Y-1701 та інші. Найвищий рівень виробництва цільового продукту спостерігається у штаму *Y. lipolytica* NG40/UV7 при вирощуванні на рапсовій олії. Тому подальша технологія буде базуватися на культивуванні цього конкретного штаму.

Дріжджі *Y. lipolytica* представляють собою диморфні організми, здатні формувати міцеліальні структури (септовані гіфи або псевдоміцелії) або дріжджоподібні форми в залежності від умов середовища та стадії росту. Дріжджоподібні клітини мають форму від сферичної до еліпсоїдальної або витягнутої, розміри яких коливаються від 3,0 до 5,0 × 3,3 до 15,0 мкм.

Клітини зазвичай існують окремо, іноді утворюють невеликі групи. У стресових умовах клітини схильні до витягування та переходу до міцеліальної форми. Фактори, що сприяють гіфальному зростанню, включають присутність у середовищі N-ацетилглюкозаміну, лимонної кислоти, вичерпання джерел азоту та рН близький до нейтрального. Синтез лимонної кислоти відбувається у міцеліальній формі. Справжні міцелії складаються з септованих гіф шириною 3-5 мкм і довжиною кілька міліметрів. Апікальні клітини часто перевищують 100 мкм у довжину, а сегменти мають розмір 50-70 мкм. Сегменти є одноядерними, а септи справжніх гіфів мають єдину центральну мікропору без конічних країв, через яку простягаються мембрани ендоплазматичного ретикулу.

Ці дріжджі гетероталічні, здатні формувати аскоспори. Аски некон'юговані та можуть утворюватися з природних диплоїдів або в результаті кон'югації. Зазвичай, вони формуються на гіфальних клітинах, іноді на окремих бластоконідіях. Кожен аска має від однієї до чотирьох аскоспор, які можуть бути різних форм: сферичні, капелюшкоподібні, неправильні, напівсферичні, блюдцеподібні і т.д.. Умови з високою доступністю азоту сприяють утворенню спор, тоді як диплоїдні штами формують спори після вичерпання джерел вуглецю.

Залежно від умов середовища, *Y. lipolytica* може перетворювати жирні кислоти або мобілізувати їх у формі триацилгліцеридів, складних ефірів або ліпідних тіл.

Хімічний синтез

Вперше лимонну кислоту хімічним синтезом отримали Гримо (Grimaux) та Адам (Adam) у 1880 році. Вихідним з'єднанням у цьому синтезі став гліцерин. Первинні гідроксильні групи молекули гліцерину спочатку заміняли на атоми хлору, а потім на нітрильні групи, які при гідролізі давали кінцеві карбоксильні групи. Вторинну ж гідроксильну групу окисляли до кетогрупи, до якої потім приєднували ціановодень; отриманий ціангідрин

також при гідроліз давав карбоксильну групу. Синтез лимонної кислоти зображений на рисунку 1.2:

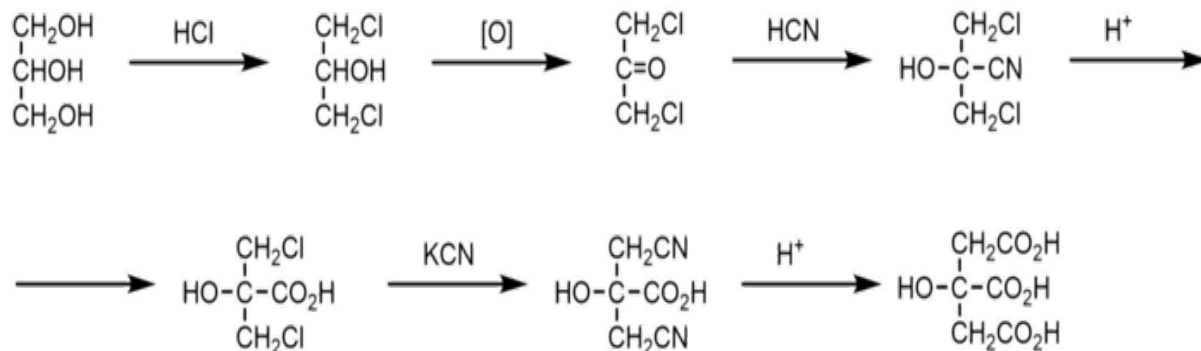


Рисунок 1.2 Синтез лимонної кислоти з гліцерину

Наступний підхід був запропонований у 1890 році. Він був заснований на перетворенні ацетооцтового ефіру, який хлорували, як передбачалося, по кінцевому α -положенню, потім вводили в те ж положення нітрильну групу, яку гідролізували в результаті до карбоксильної групи. На останній стадії створювали замісники при атомі C2, отримуючи ціангідрин і гідролізуючи його в кислому середовищі. Схема цього повного синтезу була поставлена під сумнів: деякі хіміки, наприклад, Шарль Прево, висловили припущення, що хлорується не кінцеве α -положення ацетооцтового ефіру, а середнє, через що утворюється не сама лимонна кислота, а її ізомер. Дискусія, як передбачається, виникла через те, що наприкінці XIX ст. ще немає спектроскопічних методів, які б помітили цю різницю. Синтез лимонної кислоти з ацетооцтового ефіру зображений на рисунку 1.3:

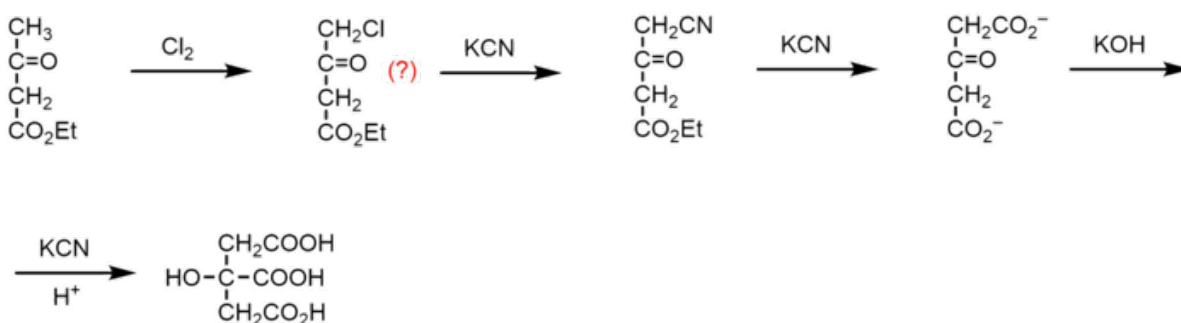


Рисунок 1.3 Синтез лимонної кислоти з ацетооцтового ефіру

З більш пізніх підходів можна відзначити запропоноване в 1973 перетворення щавлевооцтової кислоти, яка при самоконденсації з декарбоксілюванням давала цитроїлмурашину кислоту. Цю кислоту у присутності пероксиду водню або трет-бутилгідропероксиду перетворювали на лимонну кислоту. Синтез лимонної кислоти з щавлевооцтової кислоти зображений на рисунку 1.4:

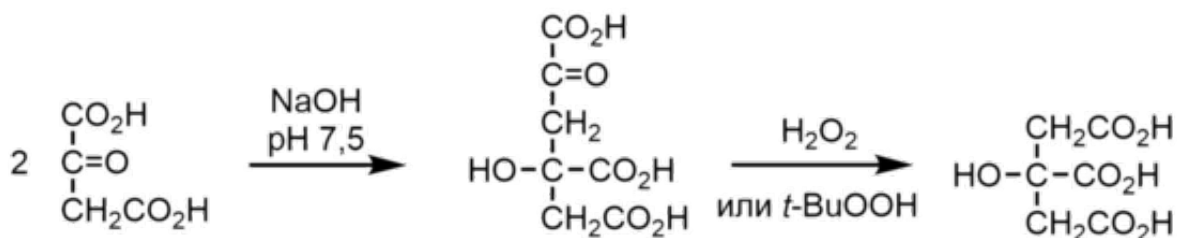


Рисунок 1.4 Синтез лимонної кислоти з щавлевооцтової кислоти

У 1980 році лимонну кислоту отримали за реакцією конденсації 3-метилбутен-3-олу-1 і формальдегіду з подальшим окисненням отриманого продукту діоксидом азоту. Розглянемо синтез лимонної кислоти з метилбутен-3-олу та формальдегіду на рисунку 1.5:

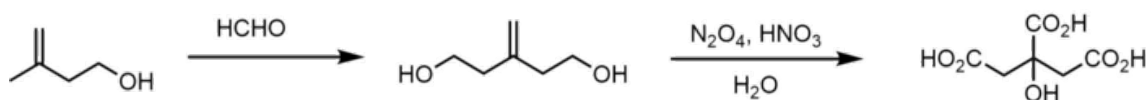


Рисунок 1.5 Синтез лимонної кислоти з метилбутен-3-олу та формальдегіду

Добре відомий ізотетралін використовується в якості сировини для виробництва лимонної кислоти. Відомо, що він утворюється шляхом

відновлення нафталіну за допомогою натрію в рідкому аміаку.

На рисунку 1.6 загальний процес цього винаходу ілюструється наступною послідовністю реакцій:

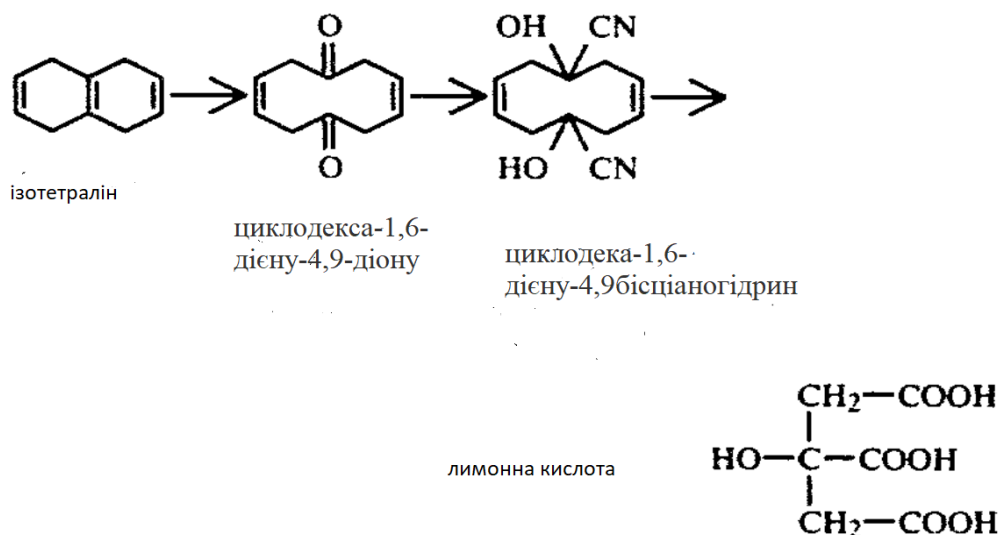


Рисунок 1.6 Схема отримання лимонної кислоти з ізотетраліну

На першому етапі цього нового процесу ізотетралін окислюється з утворенням циклодекса-1,6-дієну-4,9-діону. Існують різні альтернативні процедури для здійснення цього перетворення.

Одна процедура включає ступінчасте перетворення ізотетраліну в 9,10-епоксидну смолу-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталіну, перетворення похідного

епоксидної смоли в транс-9,10-дигідрокси-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталін і перетворення транс-дигідроксипохідного в діон. Це показано покроково в наступній послідовності реакції на рисунку 1.7:

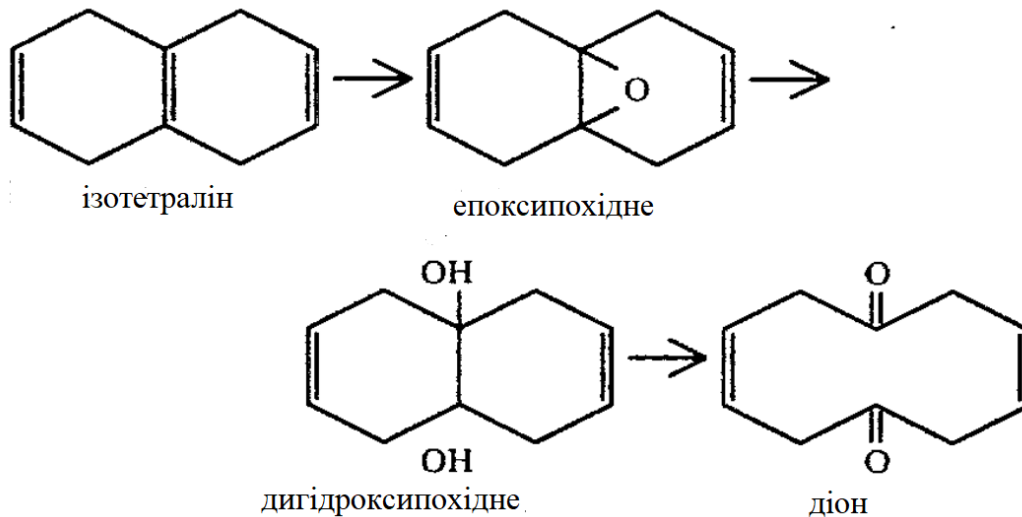


Рисунок 1.7 Схема отримання діону з ізотетраліну

Похідне епоксидної смоли може бути отримано реакцією ізотетраліну з пербензойною кислотою в розчиннику хлороформу при температурі 0°C . Перетворення похідного епоксидної смоли в транс-дигідроксипохідне може бути здійснено ступінчастою реакцією з оцтовою кислотою з подальшим гідроксидом калію при 90°C . Транс-дигідроксипохідне може бути перетворено в діон за допомогою суміші трихлороцтової кислоти, диметоксіетану і тетраацетату свинцю при температурі 20°C .

Альтернативна процедура отримання діону передбачає отримання вищевказаного похідного епоксидної смоли, перетворення похідного епоксидної смоли в транс-9-гідрокси-10-пероксидне похідне, наприклад, транс-9-гідрокси-10-гідро-перокси-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталіну або транс-9-гідрокси-10-т-бутилперокси-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталіну, і перетворення такого транс-9-гідрокси-10-пероксидного похідного в діон.

Про це свідчить наступна послідовність реакцій на римунку 1.8 :

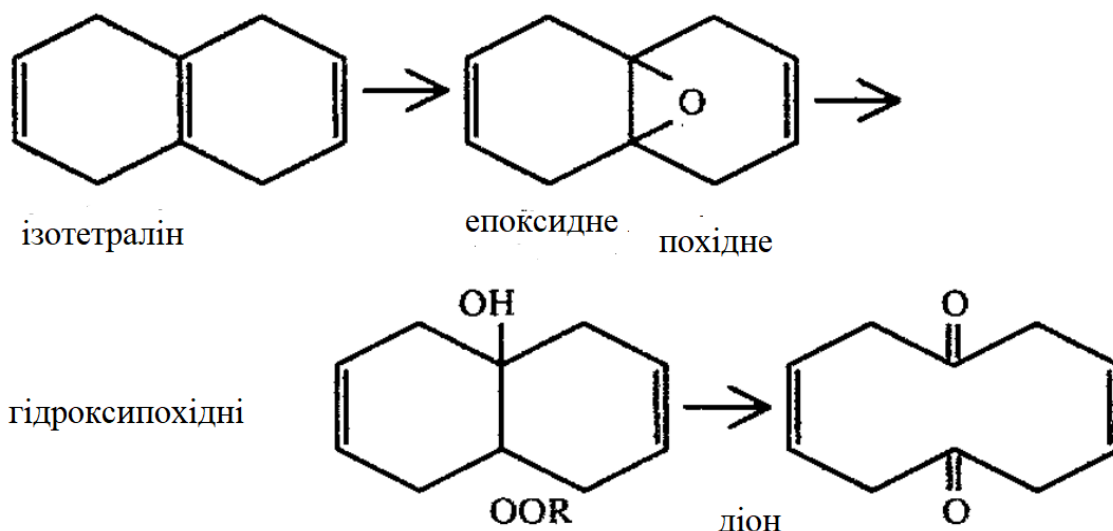


Рисунок 1.8 Отримання похідного епоксидної смоли

Перетворення похідного епоксидної смоли в похідне транс-9-гідрокси-10-пероксиду може бути здійснено за допомогою перекису водню або т-бутилгідроперекису в ефірі плюс трифторид-ефірат бору або п-толуолсульфо кислота.

Похідне транс-9-гідрокси-10-пероксиду може бути перетворено в діон трифторактичної кислотою або трифторидом бору в ефірі. В якості альтернативи можуть бути використані і умови реакції, наведені вище для перетворення транс-дигідроксипохідного в діон.

Мною було обрано метод отримання лимонної кислоти з ізотетраліну. Розглянемо цей метод детальніше:

Порцію ізотетраліну (раніше отриманого відновленням нафталіну), розчинену в хлороформі, змішували з хлороформного розчину пербензойної (пероксибензойна) кислоти. Розчин пербензойної кислоти додавали повільним струменем протягом 0,5 год при температурі трохи вище 0 ° С. Потім отриману суміш перемішують, нагріваючи до кімнатної температури. Потім реакційну суміш екстрагували 20-відсотковим водним розчином гідроксиду натрію, щоб видалити будь-яку пербензойну кислоту, що не прореагувала.

Водна фаза була відкинута. Потім хлороформну фазу концентрували і висушували на тонкоплівковому випарнику під вакуумом. Отриманий концентрований залишок розчиняли в суміші гексанів і фільтрували для видалення невеликої кількості твердих речовин. Потім отриманий розчин охолоджували твердою вуглекисло-ізопропанольною ванною, а кристали, що утворилися таким чином, видаляли фільтрацією. Ці кристали були повторно розчинені в суміші гексанів і перекристалізовані з отриманням 9,10-епоксидної-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталіну. Температура плавлення становила 64°-65°С.

Приготовлену вище похідну епоксидної смоли перемішують протягом 2 ч при 90 ° С в 220 мл 10 вагового процентного водного розчину оцтової кислоти. Суміш охолоджують до 3°С. Отримані кристали, що випали в осад, фільтрують, двічі промивають крижаною водою і перемішують протягом 2 ч при 90 ° С в 220 мл 1 Н гідроксиду калію. Отриману суміш охолоджували до кімнатної температури і проціджували продукт. Тверді речовини розчиняли і рекристалізували з гарячої води, потім сушили у вакуумі над п'ятиокисом фосфору, отримуючи транс-9,10-дигідрокси-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталіну. Температура плавлення становила 80°-83°С.

Порцію вищевказаного похідного транс-дигідроксиду перемішували при температурі близько 20 ° С з трихлороцтовою кислотою в диметоксітану, тоді як повільно додавали тетраацетат свинцю. Потім отриману реакційну суміш перемішують 4 годинах при кімнатній температурі. Було додано кілька мл етиленгліколю, щоб прореагувати з надлишком тетраацетату свинцю.

Отриману суміш охолоджували до -65°С. Продукт темного кольору проціджують, повторно розчиняють в гарячому ацетоні і проціджують, щоб видалити невелику кількість небажаних твердих речовин темного кольору. Фільтрат водяного білого кольору при охолодженні крижаною водою утворює білі кристали. Кристали фільтрували і висушували з отриманням

циклодекса-1,6-дієну-4,9-діону з температурою плавлення 183°-186,5°С.

Порцію діону перемішували протягом 2 год при кімнатній температурі з ацетону ціаногідрину і карбонату калію у метанолі. Потім в реакційну суміш додавали двадцять вісім крапель 85-відсоткової водної фосфорної кислоти. Потім темно-коричневу суміш перемішували протягом 15 хв і концентрують у тонкоплівковому випарнику під вакуумом. Твердий залишок екстрагували киплячим метиленхлоридом, а нерозчинений матеріал видаляли фільтрацією. Жовтий фільтрат випарювали до сухого стану, залишаючи 2 г. Коричневого твердого похідного біс-ціаногідрину. Потім похідне біс-ціаногідрину розчиняли у метанолі і озонували при -65 ° С протягом 1 год.

Потім реакційну суміш нагрівали до кімнатної температури під струменем аргону, отримуючи світло-жовтий розчин, який потім концентрували у тонкоплівковому випарнику під вакуумом. Залишився жовтий сироп розчиняли мурашиній кислоті і вступали в реакцію при 0 ° С з розчином перекису водню. Отриманий розчин зберігали кілька годин при температурі 0°С, а потім давали повільно нагрітися до кімнатної температури при помішуванні протягом 8 год. Прозорий, майже безбарвний розчин нагрівали при температурі 70 ° С протягом 2 годин, а потім концентрували у тонкоплівковому випарнику під вакуумом з утворенням бурштинового скляного осаду. Цей залишок розчиняли в метанолі і обробляли надлишком ефірного діазометану. Утворилася невелика кількість білого липкого осаду. Дану рідину відокремлювали і концентрували до світло-жовтої олії, яку витримували протягом 8 годин під високим вакуумом, її далі переганяли під вакуумом при температурі 90 ° С. Для отримання жовтої олії, яка кристалізувалася. Потім його перекристалізували з метанолу з отриманням триметилцитрату з температурою плавлення 77-80 ° С. Ідентичність триметилцитрату була підтверджена за допомогою газового хроматографічного та ядерно-

магнітно-резонансного аналізів. Лимонну кислоту можна отримати шляхом підкислення перекисом водню вищевказаного триметилцитрату.

1.6 Шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки

Технологія виробництва лимонної кислоти може бути значно покращена шляхом використання ізотетраліну, отриманого шляхом окислення нафталіну воднем. Це удосконалення робить технологію значно дешевшою завдяки більш доступному і дешевому процесу отримання ізотетраліну.

Хімічний синтез лимонної кислоти передбачає пряме окислення ізотетраліну, тоді як біохімічний синтез включає ферментацію цукровмісних речовин грибами *Aspergillus niger*. Хімічний синтез є більш контрольованим процесом, який дозволяє отримувати продукт з високою чистотою і виходом. Також він не залежить від біологічних факторів, таких як активність мікроорганізмів і умови їх культивування.

Переваги хімічного синтезу включають вищу швидкість процесу, меншу залежність від зовнішніх факторів, стабільність виходу продукту та зниження витрат на сировину. Водночас біохімічний синтез потребує складних умов для культивування мікроорганізмів і може бути менш передбачуваним.

Таким чином, використання ізотетраліну, отриманого шляхом окислення нафталіну воднем, у хімічному синтезі лимонної кислоти дозволяє значно знизити витрати на виробництво, підвищити ефективність і стабільність процесу, що є значною перевагою перед традиційними методами біохімічного синтезу.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини

Нафтален

Нафтален — це органічна сполука з хімічною формулою $C_{10}H_8$. Він належить до класу ароматичних вуглеводнів і є найпростішим поліциклічним ароматичним вуглеводнем (ПАВ). Нафталін складається з двох з'єднаних бензольних кілець. Має температуру топлення $80,3^{\circ}C$, температура кипіння $218^{\circ}C$, легко сублимується.

Нафталін має характерний різкий запах і зазвичай використовується у формі білих кристалічних речовин, які легко сублимуються, перетворюючись з твердої форми безпосередньо в газу. Він широко відомий як засіб проти молі та інших комах, але через його токсичність використання нафталіну в побутових умовах з часом зменшилося.

У промисловості нафталін використовують як проміжний продукт у виробництві багатьох хімічних речовин, зокрема фталевого ангідриду, який є сировиною для виготовлення пластифікаторів, фарб, лаків і інших матеріалів. Також нафталін застосовують у виробництві барвників, інсектицидів, синтетичних миючих засобів та інших хімічних продуктів.

Через свою стабільну поліциклічну структуру нафталін часто використовується у наукових дослідженнях для вивчення ароматичних вуглеводнів та їх реакцій.

Методи отримання нафталену:

Реакція конденсації бензену та етину зображена на рисунку 2.2:

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 31/77

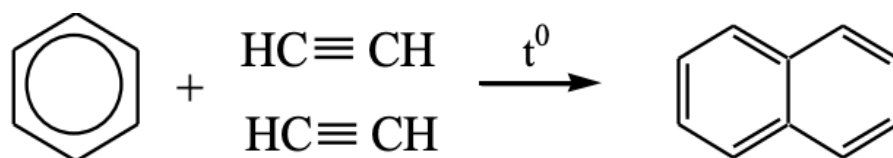


Рисунок 2.2 отримання нафталену з бензину та етину

Реакція дієнового синтезу зображена на рисунку 2.3:

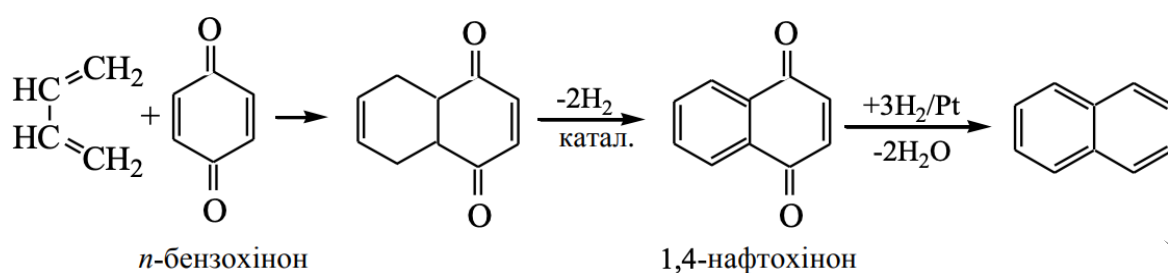


Рисунок 2.3 Отримання нафталіну дієновим синтезом

2.3 1,2,3,4-тетрагідронафталін

1,2,3,4-тетрагідронафталін (*ізотетралін*) – це вуглеводень, який утворює безбарвну рідину із запахом нафталіну, який є важливим похідним продуктом нафталіну. 1,2,3,4-тетрагідронафталін широко використовується у цементованому карбіді, покриттях, друкарській фарбі та фармацевтичній промисловості. Тетралін знаходиться у складі нафти, кам'яновугільної олії. Застосовують в складі знежирювальних засобів, як розчинник в лакофарбовій промисловості, як добавку до моторного палива, в якості сировини при синтезі деяких напівпродуктів для барвників.

Фізико-хімічні властивості ізотетраліну:

- Формула: $C_{10}H_{12}$
- Молекулярна вага: 132.20 г/моль
- Температура кипіння: $207.6^{\circ}C$
- Температура плавлення: $-35.8^{\circ}C$
- Відносна густина (вода = 1): 0.9702 г/м³

- Розчинність у воді: дуже низька
- Тиск пари, kPa при 25°C: 0.05
- Питома щільність пари (повітря = 1): 4.6
- Температура спалаху: 77°C о.с.
- Температура самозаймання: 385°C
- Межа вибуховості, % в об'ємі повітря: 0.8 (при 100°C) - 5.0 (при 150°C)
- Коефіцієнт розподілу октанол-вода (Log Pow): 3.78

У промисловості тетралін отримують каталітичним гідруванням нафталіну. Схема отримання тетраліну зображена на рисунку 2.4:

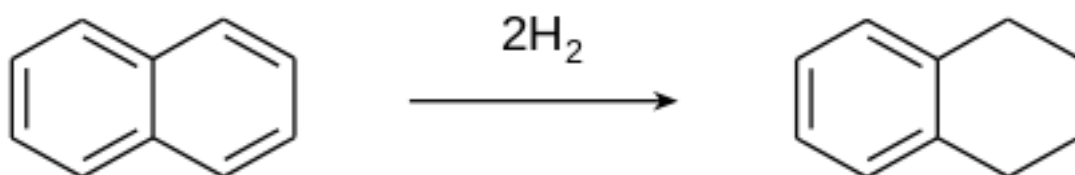


Рисунок 2.4 Отримання тетраліну

Водень H_2

Водень (лат. Hydrogenium, від грец. hydor — вода і genos — рід) (H_2) — проста речовина, що складається з двох атомів Гідрогену. Гідроген належить до I групи першого періоду періодичної системи елементів Менделєєва, має порядковий номер 1 та атомну масу 1,00797. Водень був відкритий Г. Кавендішем у 1766 році, який встановив його властивості, відмінності від інших газів та назвав його горючим повітрям.

Загальний вміст водню у земній корі (літосфері та гідросфері) становить близько 1% за масою, а за числом атомів — 16%. Водень є одним із найпоширеніших елементів у Всесвіті, де його вміст сягає 90%. Водень у вигляді плазми становить майже половину маси Сонця та є основною складовою планет Сатурн і Юпітер. У природі водень зустрічається у вигляді сполук, а у вільному стані — досить рідко, зокрема у вулканічних та природних газах, а також входить до складу повітря, нафти, вугілля,

органічних речовин, глини, а також речовин, з яких складаються рослинні та тваринні організми. Він є складовою частиною всіх біологічних рідин, білків, амінокислот, вітамінів, гормонів тощо. Роль водню та його сполук дуже велика. З деякими елементами Гідроген утворює водневий зв'язок, який зумовлює властивості багатьох органічних та неорганічних сполук. Гідроген утворює внутрішньомолекулярні водневі зв'язки у білках, нуклеїнових кислотах. У молекулах білка виникає багато сотень водневих зв'язків, які скручують молекули і надають їм значної міцності. Іон H^+ (точніше H_3O^+) зумовлює кислотні властивості так званих протонних кислот.

Найпоширенішим із лабораторних способів отримання водню є його виділення з розчинів розведених сульфатної чи хлоридної кислот при дії на них активних металів, таких як цинк, залізо, манган, алюміній. Взаємодія амфотерних металів або силіцію з водними розчинами лугів також виділяє водень. У промисловості водень отримують паровою конверсією метану або легких вуглеводнів нафти над нікелевим каталізатором при температурі 800–850 °С. Після цього у окремому реакторі при 300–350 °С монооксид карбону відновлює воду над залізним та мідним каталізатором. Водень також може бути отриманий газифікацією твердого палива шляхом взаємодії водяної пари з розжареним вугіллям. Водень є побічним продуктом при виробництві хлору і гідроксидів лужних металів електролізом розчинів їх хлоридів.

За звичайних умов водень є безбарвним газом без смаку та запаху. Це найлегший з усіх відомих газів, у 14,32 раза легший за повітря. Він малорозчинний у воді, але краще розчиняється в органічних розчинниках і багатьох металах, зокрема, найкраще розчиняється в паладії. Водень має невисоку хімічну активність через міцність молекули H_2 і реагує лише з найактивнішими неметалами, такими як фтор, а при опромінюванні — з хлором. Його активність зростає з підвищенням температури, і при

нагріванні він реагує з багатьма речовинами, відіграючи роль відновника і окиснюється до H^+ .

Атомарний водень, який має значно вищу активність порівняно з молекулярним воднем, добувають пропусканням H_2 через зону тихого електричного розряду, при термічному розкладі у вольтовій дузі, або при дії металів на кислоти і воду в момент утворення. У великих кількостях водень використовують у хімічній промисловості для отримання аміаку, хлориду гідрогену, у виробництві метилового та інших спиртів, синтетичного бензину. Реакцією гідрогенізації олій отримують маргарин і мила. Водень також використовується як відновник у фармацевтичному та токсикологічному аналізі, зокрема у реакції Марша для якісного виявлення сполук арсену.

Пероксид водню (H_2O_2)

Перекис водню (H_2O_2) — це неорганічна сполука, що являє собою безбарвну рідину з злегка гострим запахом. Хімічно, перекис водню складається з двох атомів водню та двох атомів кисню, зв'язаних у молекулу, де між атомами кисню є слабкий пероксидний зв'язок. Цей зв'язок робить H_2O_2 дуже реактивним окисником. Молекула має кути зв'язків приблизно $94,8$ градусів, що впливає на її фізичні властивості.

Цей процес може бути прискорений каталізаторами, такими як іони металів (наприклад, марганець), або ферментами, такими як каталаза в біологічних системах. Перекис водню в концентрованих розчинах є сильним окисником і може викликати пожежу при контакті з органічними матеріалами.

У водних розчинах перекис водню діє як слабка кислота. Водні розчини перекису водню використовуються як антисептичні засоби завдяки його антимікробним властивостям. Перекис водню також застосовується в хімічному синтезі як окисник, в текстильній промисловості для

відбілювання тканин, у виробництві паперу, а також у ракетній техніці як компонент ракетного палива.

Фізичні властивості перекису водню включають температури плавлення $-0,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ та кипіння $150,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ при нормальному атмосферному тиску. Густина рідини при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить $1,11\text{ г/см}^3$. Водневі зв'язки між молекулами H_2O_2 значно впливають на її властивості, зокрема на високі температури плавлення та кипіння порівняно з водою.

Гідроксид натрію

Натрій гідроксид (NaOH), також відомий як каустична сода або їдкий натр, — це біла кристалічна речовина, що добре розчиняється у воді з виділенням значної кількості тепла. Його хімічна формула NaOH . При розчиненні у воді утворює сильний луг.

NaOH є потужним осушувачем і може поглинати вологу та вуглекислий газ з повітря, утворюючи гідрокарбонат натрію (NaHCO_3). Тому його зберігають у герметичних контейнерах. При взаємодії з кислотами утворює солі та воду.

При роботі з NaOH необхідно використовувати захисні рукавички, окуляри і спецодяг, оскільки речовина є дуже корозійною і може викликати сильні опіки шкіри та очей. Вдихання пилу NaOH може пошкодити дихальні шляхи.

Основні застосування натрій гідроксиду включають використання в хімічній промисловості для виробництва мила, паперу, текстилю, очищення води, а також в харчовій промисловості для регулювання кислотності та як реагент в різних технологічних процесах. NaOH також використовується в нафтовій промисловості для очищення нафтопродуктів і в лабораторній практиці для проведення хімічних аналізів.

NaOH є дуже реактивною речовиною і може взаємодіяти з багатьма металами, утворюючи гідроксиди, та з органічними сполуками, сприяючи їх розкладу.

Зберігання натрій гідроксиду вимагає особливої обережності, включаючи уникнення контакту з кислими речовинами та вологою.

2.2 Принципово-технологічна схема виробництва

Для виробництва лимонної кислоти спочатку оксинюємо воднем нафталін до ізотетраліну, який змішуємо з хлороформним розчином пербензойної кислоти при низькій температурі близько 0°C протягом 0,5 годин. Після цього додатково нагріваємо суміш до 90°C та перемішуємо, нагріваючи до кімнатної температури для проведення реакції.

Далі суміш потрібно осаджували 20% розчином гідроксиду натрію для видалення непрореагованої пербензойної кислоти при 40°C. Після чого розчин фільтруємо. Отриманий розчин концентруємо, а потім охолоджуємо при температурі -65°C для кристалізації при температурі 83-86°C.

Після цього епоксидне похідне потрібно обробити діазометаном при температурі 65°C протягом 1 години, і, нарешті, переганяли для отримання кінцевого продукту.

Кінцевий продукт перекристалізували з метанолу та провели газохроматографічний та ядерно-магнітно-резонансний аналіз для ідентифікації, кінцевим етапом є підкислення триметилацетату для отримання лимонної кислоти. Суміш фільтруємо від залишків метанолу та сушимо. На рисунку 2.5 зображена принципово-технологічна схема виробництва лимонної кислоти:

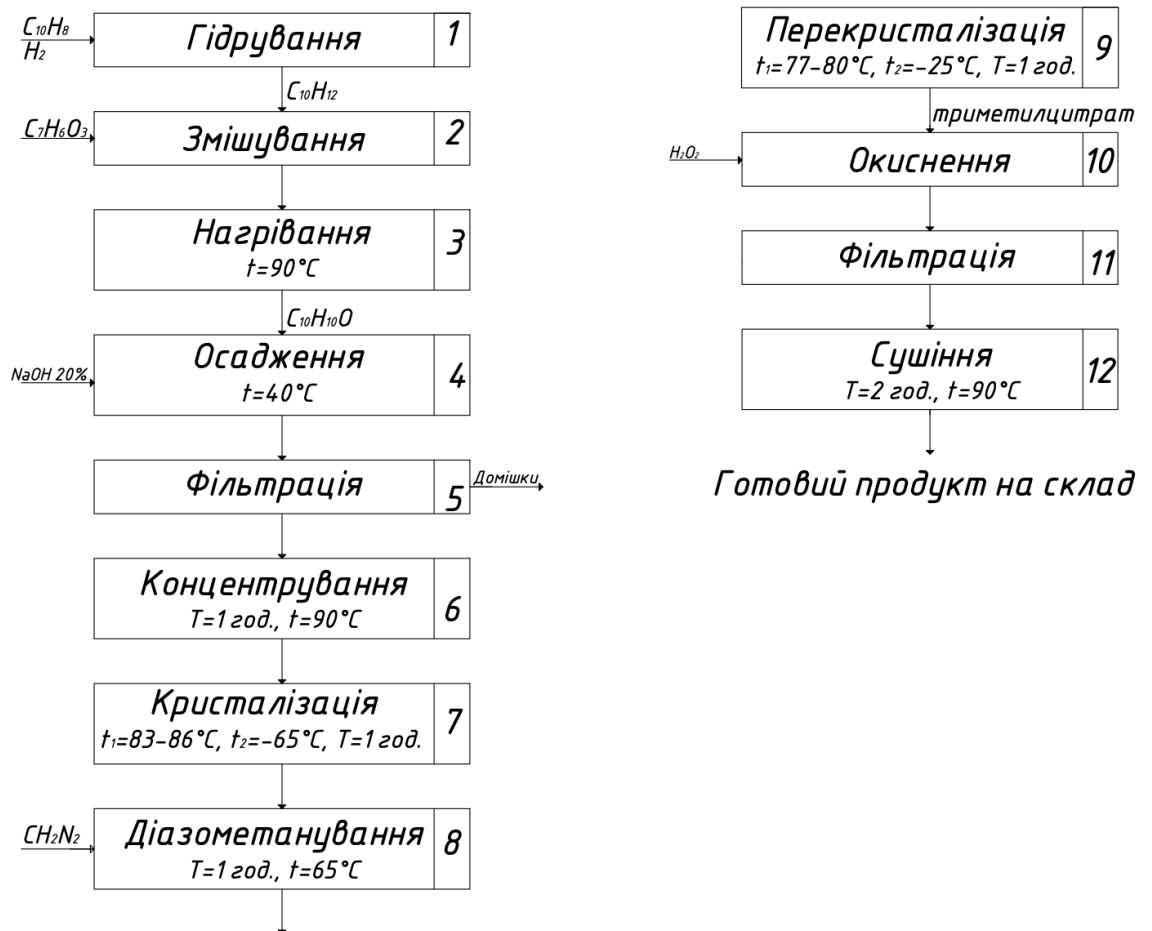


Рисунок 2.5 Принципово-технологічна схема

2.3 Матеріальний розрахунок

Розрахунок будемо проводити на задану продуктивність – 1000 кг/доба, використовуючи значення стехіометричних відношень реагентів.

Гідрування



Втрати під час стадії окиснення становлять 0,05%

Таблиця 2.1

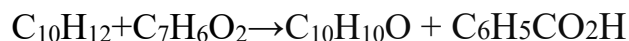
Матеріальний баланс стадії підготовки гідрування

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
$C_{10}H_8$	1600	$C_{10}H_{12}$	1500

Продовження таблиці 2.1

		Водяна пара	330
H ₂	231	Втрати	0,915
Всього	1831	Всього	1831

Змішування



Під час змішування втрати становлять 0,5%

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс стадії змішування

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
C ₁₀ H ₁₂	1500	C ₁₀ H ₁₀ O	1413
		C ₆ H ₅ CO ₂ H	78,75
C ₇ H ₆ O ₂	143	Втрати	8,215
Всього	1643	Всього	1643

Осадження



Втрати під час осадження становлять 0,7%

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс стадії осадження

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
C ₁₀ H ₁₀ O	1413	Розчин C ₁₀ H ₁₀ O	1341
		C ₇ H ₅ NaO ₃	141,8
C ₇ H ₆ O ₂	23	H ₂ O	100,042
		Втрати	11,5
NaOH	158		
Всього	1594	Всього	1594

Фільтрування

Під час фільтрування втрата сировини становить 0.05%

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Розчин C ₁₀ H ₁₀ O	1341	Розчин C ₁₀ H ₁₀ O	1321
Промивна вода	102	H ₂ O	121,27
Всього	1443	Втрати	0,72
		Всього	1443

Концентрування

Під час концентрування втрата сировини становить 0.1%

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії концентрування

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Розчин C ₁₀ H ₁₀ O	1321	Кристали	1299
		H ₂ O	20,679
Всього	1321	Втрати	1,321
		Всього	1321

Кристалізація

Під час кристалізації втрати становлять 1%

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії кристалізації

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Кристали	1299	9,10-епоксид- 1,4,5,8,9,10- гексагідронафталін	1198,3
		Епоксидне похідне	278,78
Суміш гексанів	193	Втрати	14,92

Продовження таблиці 2.6

		Всього	1492
Всього	1492		

Діазометанування

Під час діазометанування втрати складають 1,5%

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії діазометанування

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
транс-9,10-дигідрокси-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталін	1198,3	C ₉ H ₁₄ O ₇	812
		N ₂	230,005
		C ₂ H ₆ O	300,82
CH ₂ N ₂	167	Втрати	20,47
		Всього	1365,3
Всього	1365,3		

Перекристалізація

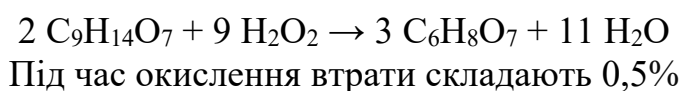
Під час перекристалізації втрати сировини складають 0,05%

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії перекристалізації

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
C ₉ H ₁₄ O ₇	812	C ₉ H ₁₄ O ₇	812
Промивна вода	346,15	Вода	20
		Маточний розчин	345,57
Всього	1158,15	Технологічні втрати	0,58
		Всього	1158,15

Окислення триметилцитрату



1. Розрахуємо молекулярні маси всіх учасників реакції з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів:

$$M(\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_7) = 468 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}_2) = 306 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 576 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 198 \text{ г/моль}$$

Проводимо перевірку розрахунку: $774 \text{ г/моль} = 774 \text{ г/моль}$

2. Знаходимо кількість речовини лимонної кислоти:

$$n = \frac{m \times 1000}{M} = \frac{1000 \times 1000}{576} = 1736 \text{ г/моль}$$

3. За формулою знаходимо масу вхідних та вихідних реагентів:

$$m(\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_7) = n \times M = 1736 \times 468 = 812,44 \text{ кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = n \times M = 1736 \times 306 = 531,21 \text{ кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n \times M = 1736 \times 198 = 343,728 \text{ кг}$$

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс стадії окислення

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
$\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_7$	812	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	1000,21
		H_2O	343,728
H_2O_2	531,21	Втрати	6,715
		Всього	1343,21
Всього	1343,21		

Фільтрування

Під час фільтрування втрати складають 0,5%

Під час фільтрування витрачається найбільше води – 30% від загальної кількості води. За співвідношенням вміст води становить:

$$m_{\text{втрати при фільтруванні}} = \frac{m_{\text{в}} \times 30\%}{100\%} = \frac{343,728 \times 30\%}{100\%} = 103,11 \text{ кг}$$

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
C ₆ H ₈ O ₇	1000	C ₆ H ₈ O ₇	1000
		Вода	103,11
		Фільтрат	300,56
Розчинні домішки	67	Втрати	7,05
Промивна вода	343,728	Всього	1410,728
Всього	1410,728		

Сушіння

Втрати під час сушіння складають 0,5%

На стадії сушіння витрачається 15% вологи від загального вмісту води. За співвідношенням вміст води становить:

$$m_{\text{втрати при сушінні}} = \frac{m_{\text{в}} \times 15\%}{100\%} = \frac{343,728 \times 15\%}{100\%} = 51,55 \text{ кг}$$

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс стадії підготовки сировини

Прихід		Витрата	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Волога C ₆ H ₈ O ₇	1000	Суха C ₆ H ₈ O ₇	1000
		Залишки вологи	46,06

Вода	103,11	Вода	51,55
Всього	1103,11	Втрати	5,5
		Всього	1103,11

2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

Барабанна сушарка — це промисловий пристрій, призначений для видалення вологи з різних матеріалів шляхом нагрівання. Вона складається з великого обертового барабана, встановленого під невеликим нахилом. Матеріал для сушіння завантажується в барабан з одного кінця, де він взаємодіє з гарячим повітрям або газом, що подається через сушарку.

Обертовий рух барабана забезпечує перемішування матеріалу, що сприяє рівномірному розподілу тепла і більш ефективному сушінню. Гаряче повітря або газ може подаватися в барабан протитечійно або прямотечійно по відношенню до руху матеріалу. При протитечійному процесі гаряче повітря надходить з протилежного кінця барабана, що підвищує ефективність теплообміну. У прямотечійному процесі повітря подається з того ж кінця, з якого завантажується матеріал.

Всередині барабана можуть бути встановлені різні лопаті або лопаті для покращення перемішування та підвищення ефективності сушіння. Вихідний матеріал має знижений вміст вологи і вивантажується з протилежного кінця барабана.

Система керування барабанною сушаркою забезпечує контроль температури, швидкості обертання барабана і швидкості подачі матеріалу. Це дозволяє оптимізувати процес сушіння в залежності від властивостей матеріалу і вимог до кінцевого продукту.

Барабанні сушарки широко використовуються в різних галузях промисловості, таких як хімічна, харчова, гірнична та інші, для сушіння зернових, піску, глини, добрив, руд та інших матеріалів.

Для виробництва лимонної кислоти потрібне наступне обладнання: реакційна колона змішувач, екстрактор, ротаційний випарник, фільтр, кристалізатор, окиснювач, охолоджувач, вакуумний насос.

Розрахунок барабанної сушарки

Вихідні данні:

Початкова вологість $w = 20\%$

Кінцева вологість $w=5\%$

Насипна густина, кг/м^3 , $\rho_H = 900$

$G_1 = 1187,4 \text{ кг/год}$

Розрахунок

Розрахунок барабанної сушарки проводимо за аналітичним методом.

Продуктивність барабанної сушарки по висушеному матеріалу шукаємо за формулою: (2.1)

(2.1)

$$G_2 = G_1 \times \frac{100 - w_1}{100 - w_2}$$

Де w_1, w_2 – вологість матеріало до та після сушіння, %

$$G_2 = 1187,4 \times \frac{100 - 20}{100 - 5} = 999,91 \text{ кг/год}$$

Кількість випаруваної води визначаємо за формулою (2.2):

(2.2)

$$W = G_1 - G_2$$

$$W = 1187,4 - 999,91 = 187,49 \text{ кг/год}$$

Час сушіння матеріалу в барабанних сушарках визначаємо за рівнянням (2.3), хв

(2.3)

$$\tau = 120 \times \frac{\beta \rho_H}{A} \times \frac{w_1 - w_2}{200 - (w_1 + w_2)}$$

Де β – коефіцієнт заповнення барабана, $\beta = 0,15 \dots 0,25$

ρ_n – насипна густина, кг/м^3

A – напруження об'єму барабана по волозі, $\text{кг}/(\text{м}^3\text{год})$, $A=50-150 \text{ кг}/(\text{м}^3\text{год})$

$$\tau = 120 \times \frac{0,25 \times 900}{50} \times \frac{20 - 5}{200 - (20 + 5)} = 46,29 \text{ хв}$$

Об'єм барабана розраховуємо за формулою (2.4) або (2.5)

(2.4)

$$V_6 = \frac{\pi D_6}{4} \times L_6$$

(2.5)

$$V_6 = \frac{W}{A} = \frac{187,49}{70} = 3,7 \text{ м}^3$$

Де D_6 та L_6 – діаметр і довжина барабана, м;

Діаметр розраховуємо за формулою (2.6)

(2.6)

$$D_6 = 0,0188 \times \sqrt{\frac{V}{(1 - \beta) \times v}}$$

Де v – швидкість повітря в барабані, м/с : $0,5 - 3,0 \text{ м/с}$

β – коефіцієнт заповнення барабана

V – об'ємна витрата вологого повітря, м^3

$$D_6 = 0,0188 \times \sqrt{\frac{1219}{(1 - 0,25) \times 0,5}} = 1,08 \text{ м}$$

Знайдемо довжину барабана за формулою (2.7)

(2.7)

$$L_6 = \frac{V_6 \times 4}{\pi \times D_6^2}$$

$$L_6 = \frac{3,7 \times 4}{3,14 \times 1,08^2} = 4,04 \text{ м}$$

Відношення довжини барабана до його діаметра становить 3,74, що входить в норми.

Об'єм матеріалу, який заповнює барабан, м³, визначаємо за формулою (2.8)

$$V_M = \frac{G_{\text{ср}} \times \tau}{\rho_H \times 60}$$

Де $G_{\text{ср}}$ – середня маса матеріалу який проходить через барабан, кг/год

(2.9)

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_1 + G_2}{2}$$

$$G_{\text{ср}} = \frac{1187,4 + 999,91}{2} = 1089,65 \text{ кг/год}$$

$$V_M = \frac{1089,65 \times 46,29}{900 \times 60} = 0,93 \text{ м}^3$$

Швидкість витання частинок визначається формулою (2.10):

(2.10)

$$V_{\text{вит}} = \frac{\mu_{\text{ср}}}{d \times \rho_{\text{ср}}} \times \left(\frac{Ar}{18 + 0,575 \times \sqrt{Ar}} \right)$$

Де d – найменший діаметр частинок матеріалу, м 0,3 мм;

$\mu_{\text{ср}}, \rho_{\text{ср}}$ – в'язкість і густина сушильного агента за середньої температури 0,0022 Н*с/м³, 0,955 кг/см³

Ar – критерій Архімеда для газового середовища, який розраховуємо за формулою (2.11)

(2.11)

$$Ar = \frac{g \times d^3 \rho_{\text{ч}} \times \rho_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}^2}$$

Де $\rho_{\text{ч}}$ – густина частинок матеріалу кг/м^3 , $1,66 \text{ кг/см}^3$

$$Ar = \frac{9,8 \times 0,3^3 \times 1,66 \times 0,955}{(0,0022)^2} = 86667 \text{ Н}$$

Знайдемо швидкість витання частинок (2.10)

(2.10)

$$V_{\text{вит}} = \frac{0,0022}{0,3 \times 0,955} \times \left(\frac{86667}{18 + 0,575 \times \sqrt{86667}} \right) = 3,55 \text{ м/с}$$

Частота обертання барабана, хв^{-1} визначається формулою (2.12):

(2.12)

$$n = \frac{m \times k \times L_{\text{б}}}{\tau \times D_{\text{б}} \times \text{tg}\alpha}$$

Де m, k – коефіцієнти, що залежать від типу насадки барабана та характеру руху продукту та сушильного агента в сушарці, відповідно $0,6$ та $k = 1,7$; α – кут нахилу барабана, 3 .

$$n = \frac{0,6 \times 1,7 \times 4,04}{46,29 \times 1,01 \times \text{tg}3} = 0,6 \text{ об/хв}^{-1}$$

Потужність, яка потрібна для обертання барабана, орієнтовно визначається формулою (2.13):

$$N = 0,0013 \times D_0^3 \times L_0 \times \rho_H \times \sigma \times n$$

$$N = 0,0013 \times 1,01^3 \times 4,04 \times 900 \times 0,013 \times 1,72 = 10 \text{ кВт}$$

Розраховану барабанну сушарку зображено на рисунку 2.7:

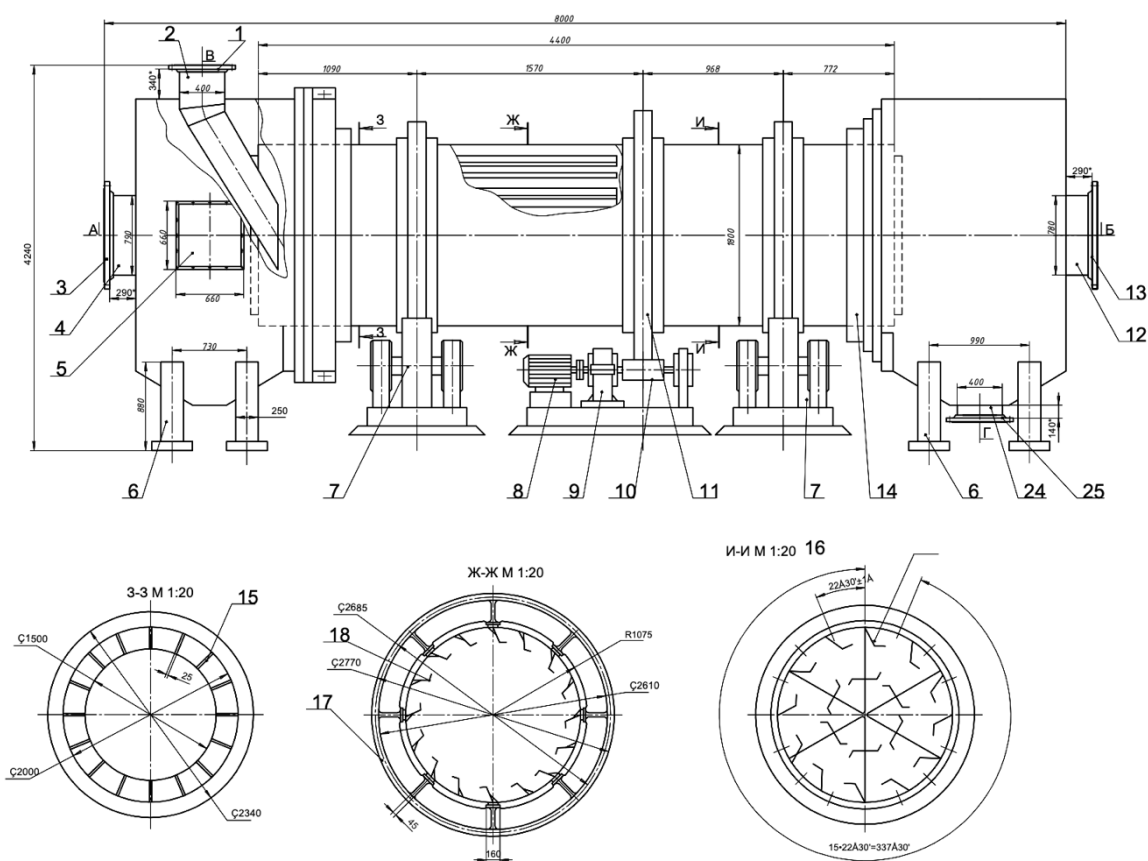


Рисунок 2.7 Барабанна сушарка

Реакційна колона змішувач є високоспеціалізованим обладнанням, призначеним для ефективного проведення широкого спектру хімічних реакцій. Цей апарат застосовується для здійснення множини технологічних операцій у рідкому середовищі, включаючи обробку з використанням агресивних хімічних речовин.

Реакційні колони змішувачі мають критичне значення у виробництві фармацевтичних препаратів і косметичних продуктів, а також

використовуються у багатьох інших секторах сучасної промисловості. Вони забезпечують необхідні ммови для нагрівання, інтенсивного перемішування та зберігання реагентів, що дозволяє досягти оптимальних результатів хімічних перетворень. Це обладнання особливо цінне там, де потрібно точне дотримання температурних режимів та рівномірне змішування компонентів для гарантування якості кінцевого продукту. Реакційна колона змішувач зображена на рисунку 2.8:



Рисунок 2.8 Реакційна колона змішувач

Одним із найпоширеніших і ефективних способів видобутку рослинних олій з насіння олійних культур, що використовуються на промислових підприємствах, сьогодні є технологія екстракції олії за допомогою органічних розчинників. Дана технологія дозволяє отримувати на виході олію та високопротеїновий шрот із залишковою олійністю нижче 1%.

Екстрактор використовується для відділення олії з гранул макухи олійних культур за допомогою органічного розчинника. Залежно від конструкції та принципу роботи екстрактори бувають декількох видів:

– стрічкові;

- шнекові;
- тарілчасті;
- карусельні (іншими словами – роторні).

Екстрактор зображено на рисунку 2.9:



Рисунок 2.9 Промисловий екстрактор

Дія роторного випарювача засноване на зниженні температури кипіння розчинника для створення в його системі зниженого тиску за допомогою водострумінного або вакуумного насоса. Даний підхід дозволяє видаляти розчинник з розчину при більш низькій температурі, уникаючи побічних реакцій, які можуть протікати при нагріванні суміші.

Принцип роботи: випари розчинника відбувається з тонкої плівки на внутрішній поверхні колби. За рахунок повернення колби ця поверхня постійно оновлюється, що значно збільшує швидкість упарювання. Вращенням колби також досягається ефективне зниження перемішування розчину, що підвищує ймовірність його викидання з колби. Нагрів при допомозі водяної бані збільшує тиск пара розчинників і також прискорює

випарення. Швидкість обертання і сила нагріву зазвичай регулюються за допомогою елементів управління роторного випарника.

По мірі того, як розчинник випаровується, його пари конденсуються на холодильнику і стікають у колбу-приймач. Якщо охолодження досить ефективно, то в приймачі вдається зібрати практично весь упарений розчинник. Розчинена речовина при цьому залишається в колбі, з якої відбувається упарювання. Ротаційний випарник зображено на рисунку 2.7:



Рисунок 2.10 Ротаційний випарник

Фільтр-прес ФП-400 призначений для ефективного зневоднювання осадів, які утворюються при очищенні природних та стічних вод. Він також використовується для очищення невеликої кількості стічних вод від грубодисперсних та зважених домішок, забезпечуючи високий рівень очищення.

Результатом роботи фільтр-пресу є фільтрат з мінімальним вмістом зважених речовин та зневоднений осад, який має вологість у межах 70-85%. Це дозволяє значно зменшити обсяг відходів і полегшити їх подальше оброблення та утилізацію.

Фільтрування здійснюється через спеціальну фільтрувальну тканину

типу „бельтинг”, яка надійно закріплюється на пластмасових рамках. Ущільнення рамок досягається за допомогою гідроциліндра з ручним приводом, що забезпечує щільний контакт тканини з рамками і запобігає витіканню рідини. Фільтрпрес зображено на рисунку 2.8:



Рисунок 2.11 Фільтрпрес

Кристалізатор використовується для процесу кристалізації, при якому розчинені речовини перетворюються у тверді кристалічні форми. Цей апарат широко застосовується в хімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях промисловості для отримання чистих кристалів з розчинів. Кристалізатор забезпечує контрольовані умови охолодження, випаровування або хімічного осадження, які сприяють формуванню кристалів певного розміру і форми. Завдяки високій ефективності процесу, промисловий кристалізатор дозволяє отримувати продукти з високим ступенем чистоти та відповідати вимогам щодо якості. Кристалізатор зображено на рисунку 2.9:



Рисунок 2.12 Кристалізатор

Технічна характеристика даного обладнання наведена в таблиці 2.12

Таблиця 2.12

Назва	Призначення	Характеристика
Реакційна колона змішувач	Для змішування вихідних рідин.	Виконаний з нержавіючої сталі, об'ємом 2000 л. Продуктивність мотопомпи – 800 л/хв. <i>Продовження таблиці 2.1</i>
Екстрактор	Дозволяє здійснити поглиблену переробку сировини.	Нержавіючий, сталевий екстрактор, з двома сепараторами, об'ємом 2*12 л. Габарити технологічної шафи – 1620*630*330 мм.
Ротаційний випарник	Для перегонки рідин при зниженому тиску	Діапазон обертового моменту 5-300 об/хв,

		споживна потужність 1500 Вт, частота 50/60 Гц. Потужність нагріву 1350 Вт, розміри 500 x 430 x 440 мм.
Фільтр	Для фільтрації реакційної маси	Тиск фільтрації до 0,4 мПа, площа фільтрування 12 м ² , число фільтрувальних плит – 12.
Кристалізатор	Для утворення кристалів	Нержавіючий, сталевий кристалізатор, об'ємом 350 м ³ , питома поверхня охолодження – 1,87 м ² , площа поверхні охолодження – 640 м ²
Окиснювач	Для окиснення суміші	Циліндр з нержавіючої сталі, об'ємом. 1500 л. Працює в мережі 380В.
Охолоджувач	Для охолодження суміші	Неіржавіючий, сталевий охолоджувач, кількість рядів трубок – 3.
Гвинтовий насос	Для перекачуванн я суміші	Одноступінчати й насос з неіржавіючої сталі, потужністю 60л/хв
Центрифуга	Для фільтрування суміші	Нержавіюча сталева центрифуга, кількістю обретів 2500/хв, розмір ротора 1800 мм, габарити

		5160x3500x4200 мм.
Барабанна сушарка	Для сушіння суміші	Нержавіюча сталева сушарка, потужністю електродивигуна 10 кВт, шириною 8000мм, висотою 4400 мм.

2.5 Апаратурно-технологічна схема

Нафталін та водень входять у реакційну колону **1**, для утворення ізотетраліну, наступним етапом пербензойна кислота змішується з ізотетраліном. Отримана суміш відцентрованим насосом **2** потрапляє у реактор з електропідігрівом **3**, де осаджується водним 20% розчином NaOH, видаляючи залишки кислоти та для видалення водної фази. Наступним етапом суміш епоксид-ізотетраліну відцентрованим насосом **4** потрапляє у фільтрпрес **5**, де суміш профільтровується. Далі отриману суміш подаємо відцентрованим насосом **6** у ротаційний випарник **7** та концентруємо, після чого подаємо відцентрованим насосом **8** у кристалізатор **9** для отримання кристалів з транс-9,10-дигідрокси-1,4,5,8,9,10-гексагідронафталіну, далі мембранним насосом **10** подаємо кристали в кристалізатор **11** та кристалізуємо. Рушійною силою кристалізації є різниця температур $t_1 = 83-86$ градусів $t_2 = -65$ градусів. Охолоджені кристали подають мембранним насосом **12** в змішувач **13** для діазометанування, після чого отриману суміш знову перекристалізовують у кристалізаторі **15**, подаючи її мембранним насосом **14**. Кристали триметилцитрату подають мембранним насосом **16** та повторно фільтрують у центрифугі **17**. Отриманий триметилцитрат подають мембранним насосом **18** у окиснювач **19**, де змішують його з перекисом водню та отримують лимонну кислоту. Апаратурно-технологічна схема наведена на рисунку 2.11:

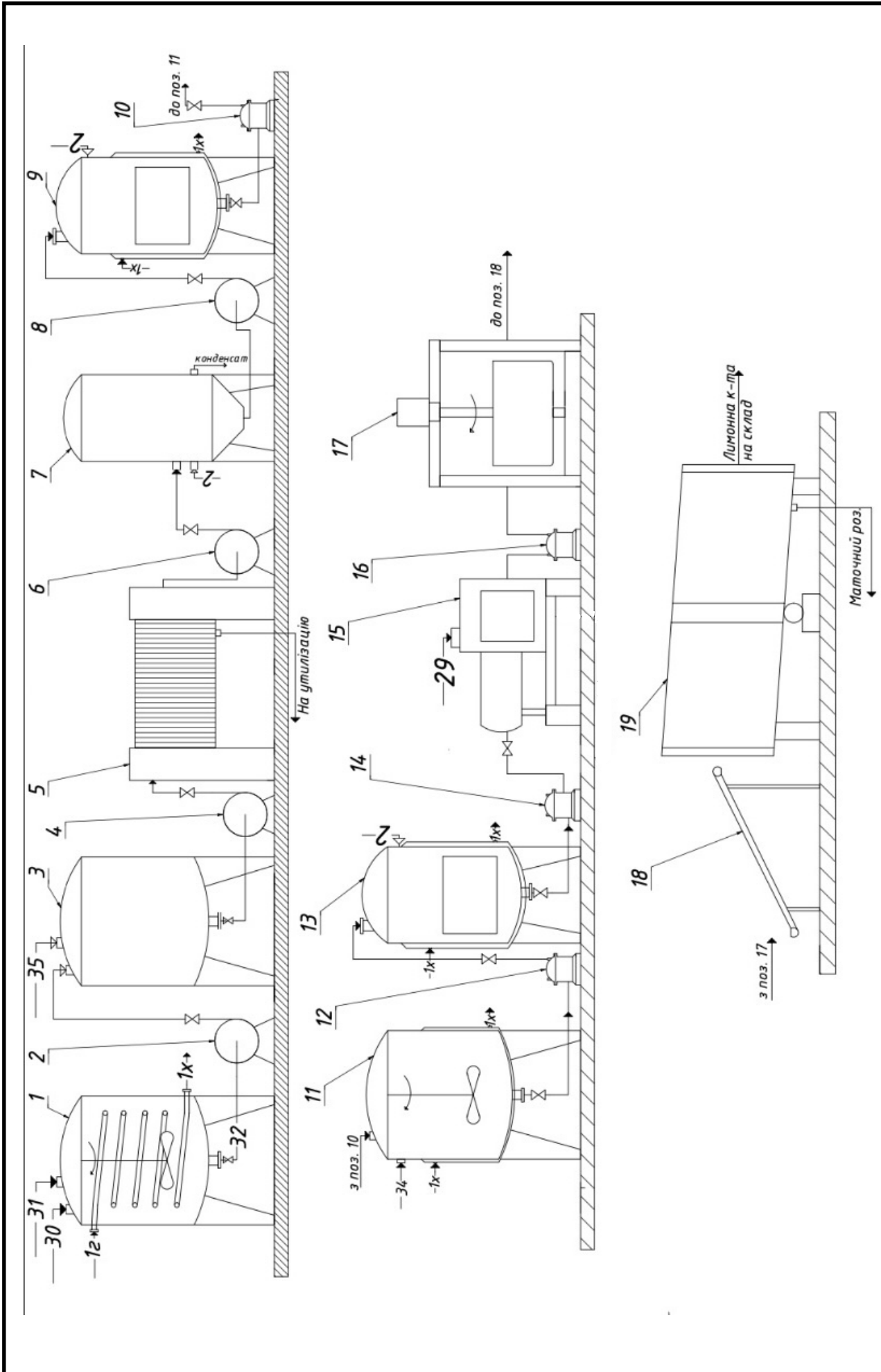


Рисунок 2.13 Апаратурно-технологічна схема

РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Виробничі витрати представляють собою сукупність затрат на виробничі фактори, які були застосовані для створення певного об'єму продукції. Структура формування собівартості продукції охоплює наступні елементи:

- Витрати на сировину та матеріали.
- Витрати на заробітню плату робітникам.
- Експлуатаційні витрати на приміщення та устаткування.
- Витрати на соціальні програми.

1. Для виробництва будь-якого товару необхідно враховувати витрати на придбання сировини та матеріалів. Ці витрати поділяються на дві категорії:

- Прямі витрати: Основні витрати на сировину, які можуть бути чітко відстежені та розраховані. Наприклад, закупівля сировини.

- Непрямі витрати: Витрати на допоміжні матеріали, які важко кількісно визначити.

2. Витрати на персонал включають:

- Прямі витрати: Заробітна плата та надбавки для працівників, безпосередньо залучених у виробничий процес, таких як оператори машин, технічний персонал та лаборанти.

- Непрямі витрати: Оплата праці співробітників, що забезпечують підтримку виробничого процесу, включаючи кадрову службу, адміністрацію, витрати на маркетинг та управлінський персонал.

3. Витрати на будівлі та обладнання відображають кошти, вкладені у підтримку виробничих площ, складських та офісних приміщень.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ца	Аркуш 58/77

Вони включають витрати на оплату комунальних послуг, амортизацію, технічне обслуговування та оновлення обладнання.

4. Витрати на соціальні потреби охоплюють всі види соціальних виплат, які здійснює підприємство, зокрема внески до пенсійного фонду, медичного страхування та податки.

В рамках проєкту проводиться розрахунок собівартості сировини, витрат на оплату праці, а також інших пов'язаних з виробництвом витрат для отримання однієї тонни лимонної кислоти. Розрахунок економічної ефективності наведено у таблиці 3.1:

Таблиця 3.1

Розрахунок собівартості виробництва 1т продукту

Назва	Сумма, тис.грн.	%
Сировина і основні матеріали	170000	78,8
Тара і допоміжні матеріали	9000	4,17
Електроенергія та водопостачання	4500	2,25
Заробітна платня з вирахуваннями	20300	9,4
Поточний ремонт обладнання	3000	1,39
Логістичні витрати	6000	2,78
Інші	2700	1,25
Всього	215500	100

Згідно з проведеними розрахунками, собівартість виробництва 1000 кг лимонної кислоти складатиме 215500 грн.

Вартість 1 кг лимонної кислоти складатиме 215,5 грн.

У середньому вартість харчової лимонної кислоти на ринку складає від 230-470 грн. Тому, підбиваючи підсумки, хімічний синтез лимонної кислоти є вигіднішим та рентабельнішим.

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Назва продукції – кислота лимонна моногідрат харчова за ДСТУ ГОСТ 908:2006 Кислота лимонна моногідрат харчова. Технічні умови та ДФУ Кислота лимонна моногідрат. Продукт призначений для використання в якості основної або допоміжної речовини при виготовленні лікарських засобів як регулятор кислотності та смаку, оскільки володіє кислим смаком та характеризується відсутністю запаху або як антиоксидант. Фізико-хімічні вимоги лимонної кислоти наведені в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Найменування показника	Норма для марки			
	Екстра	Вищий	Перший	
1. Зовнішній вигляд та колір	Безбарвні кристали або білий порошок без грудок; для кислоти першого гатунку допускається жовтуватий відтінок			
2. Смак	Кислий, без стороннього смаку			
3. Запах	Розчин кислоти концентрації 20 г/дм ³ в дистильованій воді не повинен мати запаху			
4. Структура	Сипуча та суха, на дотик не липка			
5. Масова частка лимонної кислоти в перерахунку на моногідрат, % не менше не більше	99,5-101,0	99,5	99,5	
<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> Михайленко Д.О	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	<i>ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ</i>	
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024

6. Колір, показника кольоровості розчину йодної шкали, не більше	одиниці 4	6	10
7. Масова частка золи, %, не більше	0,07	0,10	0,35
8. Масова частка вільної сірчаної кислоти, %, не більше	0,01	0,01	0,03
9. Масова частка миш'яку, %, не більше	0,00007	0,00007	0,00007
10. Масова частка сульфатної золи, %, не більше	0,1	-	-

Вимоги до безпеки лимонної кислоти наведені у таблиці 4.2:

Вимоги безпеки лимонної кислоти:

Таблиця 4.2

Клас небезпеки за ступенем впливу на організм людини	3
Види небезпеки	-
Вибухо- та пожежонебезпека	Лимонна кислота пожежо- та вибухобезпечна
Небезпека для людини	Лимонна кислота викликає подразнення слизових оболонок та шкірних покривів.
Засоби індивідуального захисту	Респіратори, гумові рукавички, захисні окуляри, халати

Вимоги безпеки

Лимонна кислота класифікується як речовина 3-го класу небезпеки згідно з ГОСТ 12.1.007-76 (помірно небезпечні речовини). Цей клас небезпеки означає, що речовина має певний ризик для здоров'я при тривалому або інтенсивному контакті, і вимагає дотримання певних заходів

безпеки під час роботи з нею.

Для лимонної кислоти встановлена гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони. ГДК для лимонної кислоти становить 5 мг/м³. Ця концентрація не повинна бути перевищена, щоб уникнути шкідливого впливу на здоров'я працівників.

Технічна лимонна кислота використовується в промисловості для різних технологічних процесів. Вона може містити домішки, які не впливають на її функціональні властивості, але можуть вимагати додаткових заходів безпеки при роботі.

При роботі з технічною лимонною кислотою необхідно дотримуватися наступних вимог безпеки:

1. Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту, такі як рукавички, захисні окуляри, респіратори і спеціальний одяг для запобігання контакту з шкірою та очима. Респіратори слід використовувати для захисту органів дихання при роботі з порошкоподібною лимонною кислотою або при роботі в умовах підвищеної концентрації пилу.

2. Робочі зони повинні бути обладнані ефективною вентиляцією для забезпечення видалення пилу та випарів лимонної кислоти з робочої зони. Рекомендується використовувати локальну витяжну вентиляцію безпосередньо на місцях утворення пилу.

3. Технічну лимонну кислоту необхідно зберігати в сухих, добре провітрюваних приміщеннях, у герметично закритих контейнерах для запобігання контакту з вологою. Місця зберігання повинні бути позначені та мати доступ лише для уповноважених осіб.

4. При маніпуляціях з технічною лимонною кислотою слід уникати розсипання порошку. Якщо розсипання все ж таки сталося, необхідно обережно зібрати речовину за допомогою спеціального обладнання або методів, які мінімізують утворення пилу.

5. Після роботи з лимонною кислотою працівники повинні ретельно мити руки та інші відкриті ділянки тіла з милом. Рекомендується також користуватися захисними кремами для шкіри. Забороняється приймати їжу, пити чи палити в робочих зонах, де використовують технічну лимонну кислоту.

6. Всі працівники, які мають справу з технічною лимонною кислотою, повинні проходити регулярні інструктажі з техніки безпеки та навчання щодо правильного використання засобів індивідуального захисту.

Правила приймання

Приймання лимонної кислоти на підприємстві є важливим етапом, що забезпечує контроль якості та відповідність продукції встановленим стандартам. Процедура приймання включає кілька основних аспектів, таких як перевірка документації, візуальний огляд, відбір проб для аналізу та зберігання продукції.

Процес приймання лимонної кислоти розпочинається з перевірки супровідної документації. Постачальник повинен надати всі необхідні документи, включаючи сертифікати якості, накладні та паспорти безпеки (MSDS). Ці документи повинні підтверджувати відповідність лимонної кислоти всім вимогам та стандартам, зазначеним у контракті. Особлива увага приділяється перевірці терміну придатності, умов зберігання та транспортування продукції.

Після перевірки документації проводиться візуальний огляд партії лимонної кислоти. Потрібно оглянути стан упаковки, перевірку на наявність пошкоджень, витоків або ознак псування. Упаковка повинна бути цілою, чистою та без слідів вологи чи механічних пошкоджень. Лимонна кислота, що поставляється у вигляді порошку або кристалів, повинна бути без грудок та однорідною за кольором.

Проведення аналізу

Наступним етапом після перевірки продукції є відбір проб для

лабораторного аналізу. Процедура відбору проб включає кілька ключових етапів. Проби відбираються з різних частин партії лимонної кислоти, щоб забезпечити репрезентативність. Якщо лимонна кислота знаходиться в мішках, проби беруться з верхньої, середньої та нижньої частин мішка. У разі зберігання лимонної кислоти в контейнерах або бочках проби відбираються з різних шарів: поверхні, середнього шару та дна.

Для кожного відбору проб використовується окремий стерильний інструмент, щоб уникнути перехресного забруднення. Проби поміщають у стерильні контейнери, які негайно герметично закриваються. Кожен контейнер з пробою маркується для забезпечення простежуваності. На етикетці вказується номер партії, дата відбору, час та місце відбору проби.

Маса кожної проби може варіюватися залежно від вимог лабораторного аналізу, але зазвичай становить близько 100-200 грамів. Це забезпечує достатній об'єм матеріалу для проведення всіх необхідних тестів. Проби можуть аналізуватися на такі параметри, як кислотність, чистота, наявність важких металів та інших домішок.

Лабораторний аналіз проводиться відповідно до затверджених методик, що забезпечує точність та надійність результатів. Використовуються спеціальні реактиви для визначення хімічного складу та чистоти лимонної кислоти. Результати аналізу дозволяють оцінити відповідність продукції встановленим стандартам і вимогам.

Після відбору проби транспортуються до лабораторії для проведення аналізу. Контейнери з пробами зберігаються в умовах, що запобігають змінам їх складу, таких як захищені від вологи, прямих сонячних променів та екстремальних температур приміщення.

Всі етапи процесу відбору проб документуються для забезпечення простежуваності та можливості перевірки при необхідності. Це включає ведення записів про використане обладнання, умови зберігання, дату та час відбору проби, а також результати лабораторного аналізу.

На основі результатів аналізу приймається рішення про прийняття або відхилення партії. Якщо лимонна кислота відповідає встановленим стандартам і вимогам, вона приймається на зберігання. Якщо ж виявлено невідповідності, партія відхиляється і повертається постачальнику або піддається додатковій обробці для усунення недоліків.

Прийнята лимонна кислота зберігається в спеціально відведених місцях, де забезпечуються належні умови зберігання, включаючи контроль температури, вологості та захист від прямих сонячних променів. Приміщення для зберігання повинні бути сухими, добре провітрюваними і чистими. Упаковка з лимонною кислотою повинна бути щільно закрита для запобігання контакту з вологою та забруднювачами.

Під час зберігання проводиться регулярний моніторинг стану лимонної кислоти, включаючи візуальний огляд і періодичний відбір проб для повторного аналізу. Це дозволяє своєчасно виявляти будь-які зміни якості продукції та вживати необхідних заходів.

Пакування

Пакування лимонної кислоти здійснюється у мішки-вкладиші за ГОСТ 19360-74 з поліетиленової плівки за чинним ДСТУ. Маса упаковки 15, 25, 30 або 40 кг з відхиленням у масі не більше 1%.

Транспортна тара (напівпляні або паперові непросочені трьохшарові мішки чи інші види тари залежно від маси) обирається відповідно до ДСТУ ISO 2248:2006 і ДСТУ ГОСТ 908:2006.

Транспортування здійснюється всіма видами транспортних засобів згідно з ДСТУ ГОСТ 908:2006.

Продукт зберігають у добре вентильованих приміщеннях при відносній вологості не більше 70% на дерев'яних стелажах. Термін придатності – не більше років з дати виготовлення

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Охорона праці на підприємстві

Охорона праці – це система заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, здоров'я та добробуту працівників на робочих місцях. Вона включає в себе правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні та інші заходи. Необхідність охорони праці зумовлена потребою захисту працівників від професійних ризиків, зниженням частоти нещасних випадків і професійних захворювань, а також створенням сприятливих умов праці, що сприяють підвищенню продуктивності та загального рівня життя.

Нафтален

Охорона праці та заходи з безпеки при роботі з нафталіном включають низку важливих аспектів, враховуючи його токсичність та потенційну небезпеку для здоров'я працівників. Нафталін належить до другого класу небезпеки, що означає високу небезпеку для здоров'я людини.

Нафталін є твердою речовиною з характерним запахом, яка може випаровуватись і утворювати токсичні пари. Основні ризики включають інгаляцію парів, контакт з шкірою та слизовими оболонками, а також можливе накопичення у жирових тканинах організму. Тому на підприємствах, де використовується нафталін, необхідно дотримуватись таких заходів безпеки.

Робота з нафталіном повинна проводитись у добре вентильованих приміщеннях або з використанням витяжної вентиляції. Система вентиляції повинна забезпечувати ефективне видалення парів нафталіну з робочої зони, щоб уникнути їх накопичення у повітрі.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 67/77

Персонал повинен носити засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як захисні окуляри, рукавички, захисний одяг і респіратори. Важливо забезпечити захист очей і шкіри від контакту з нафталіном. Респіратори або маски з фільтрами повинні використовуватись для запобігання інгаляції токсичних парів.

Зберігання нафталіну повинно здійснюватись у спеціально відведених місцях, що захищені від прямих сонячних променів і мають стабільну температуру. Контейнери з нафталіном повинні бути герметично закриті і марковані відповідно до вимог безпеки.

Приливи або розливи нафталіну повинні негайно ліквідуватись з використанням абсорбуючих матеріалів, а забруднені ділянки необхідно ретельно очистити. Всі відходи, що містять нафталін, повинні бути утилізовані відповідно до чинних нормативних вимог.

Регулярне навчання та інструктаж працівників щодо безпечного поводження з нафталіном є важливою частиною охорони праці. Працівники повинні знати про потенційні ризики та бути в змозі швидко і правильно реагувати в разі аварійних ситуацій.

Моніторинг повітря на робочому місці повинен здійснюватись регулярно для контролю рівня парів нафталіну. Використання спеціалізованих приладів дозволяє вчасно виявляти перевищення допустимих концентрацій і вживати необхідних заходів для забезпечення безпеки працівників.

Водень

Охорона праці та заходи безпеки при роботі з воднем є надзвичайно важливими через його високі пожежо- і вибухонебезпечні властивості. Водень класифікується як речовина 2 класу небезпеки, що означає значний ризик для здоров'я та безпеки.

Водень є безбарвним і без запаху газом, що легко займається і може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям або киснем. Робочі

приміщення повинні бути обладнані ефективною вентиляцією для запобігання накопиченню газу, а також системами детекції витоків водню. Приміщення також мають бути оснащені автоматичними системами пожежогасіння та вибухозахищеними освітлювальними приладами.

Працівники, що працюють з воднем, повинні використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як захисні окуляри, рукавички, антисептичний одяг та взуття з антистатичними властивостями, що знижує ризик виникнення іскор. Всі роботи з воднем слід проводити з використанням спеціально розробленого обладнання, яке мінімізує ризик витоків і запалення. Обладнання повинно регулярно проходити технічне обслуговування для забезпечення його надійності та герметичності.

Зберігання водню здійснюється в спеціально призначених контейнерах, які мають бути розташовані у безпечних зонах, подалі від потенційних джерел займання. Контейнери повинні бути належним чином марковані відповідно до стандартів безпеки.

Регулярне навчання працівників є критичним аспектом забезпечення безпеки. Персонал повинен бути обізнаний про властивості водню, потенційні ризики, заходи безпеки та порядок дій у разі аварії. Крім того, слід проводити регулярний моніторинг концентрації водню у повітрі робочих приміщень за допомогою детекторів газу для своєчасного виявлення витоків і запобігання аварійним ситуаціям.

Вентиляція, шум, освітлення

Шум на виробництві є одним з негативних факторів, що впливає на організм людини. Вплив шуму можна поділити на неспецифічний (впливає на інші органи і системи) та специфічний (спричиняє зміни органів слуху). Вимірювання шуму на робочих місцях проводяться згідно з ГОСТ 12.1.003-83 за допомогою шумомірів ШМ-1 чи ВШВ-003. Допустимі рівні шуму визначаються ДСН 3.3.6.037-99. У виробничих цехах працівники використовують засоби захисту, такі як навушники, які зменшують вплив

шуму.

Освітлення виробничих приміщень на виробництві включає використання природного, штучного та комбінованого світла. Природне освітлення здійснюється через вікна, штучне – за допомогою ламп розжарювання, а комбіноване – поєднує обидва види. Параметри освітлення визначаються нормативним документом ДБН Б.2.5.-28-2006 «Природне та штучне освітлення» і залежать від характеру роботи.

На підприємстві правила вентиляції є важливою частиною забезпечення безпечних та комфортних умов праці для працівників. Вентиляція повинна забезпечувати ефективний обмін повітря в приміщеннях, видалення шкідливих речовин, пилу та парів, які можуть утворюватися в процесі виробництва.

Виробничі приміщення обладнані системами примусової та витяжної вентиляції, які забезпечують постійний приплив свіжого повітря та видалення забрудненого. Системи вентиляції проектується таким чином, щоб забезпечити рівномірний розподіл повітряних потоків, уникати застійних зон і створювати комфортні умови для роботи.

Важливим аспектом є контроль за станом повітря у виробничих приміщеннях. Регулярно проводяться вимірювання рівня концентрації шкідливих речовин, температури, вологості та інших параметрів повітряного середовища. За необхідності, використовуються фільтраційні системи для очищення повітря від пилу та хімічних домішок.

Особлива увага приділяється вентиляції в приміщеннях, де здійснюється робота з леткими та токсичними речовинами. У таких зонах встановлюються локальні витяжні системи, які безпосередньо видаляють забруднення з місця їх утворення. Це забезпечує мінімізацію контакту працівників з шкідливими речовинами і знижує ризик їх вдихання.

Системи вентиляції періодично перевіряються і обслуговуються для підтримання їх ефективної роботи. Це включає чистку фільтрів, перевірку

вентиляційних каналів і обладнання, а також тестування систем на відповідність встановленим нормативам.

Правила пожежної безпеки

Правила пожежної безпеки на хіміко-фармацевтичному заводі передбачають наявність карт евакуаційних шляхів, виділених місць для куріння, правил використання нагрівальних приладів, порядку проведення пожежонебезпечних робіт та утилізації горючого пилу. Проводяться навчальні евакуації, які включають оповіщення, зупинку технологічних процесів та пожежогасіння. На заводі встановлені місця з первинними засобами пожежогасіння, такими як вогнегасники, сухий пісок, внутрішні пожежні водопроводи, гідранти і крани.

5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на підприємстві

На підприємстві охорона навколишнього середовища є важливим аспектом виробничої діяльності. Це зумовлено як необхідністю дотримання національних і міжнародних стандартів, так і бажанням зберегти природне середовище для майбутніх поколінь. Завод впроваджує комплексні заходи для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, що охоплюють управління відходами, контроль викидів в атмосферу, використання ресурсів та енергоефективність.

Підприємство приділяє значну увагу управлінню відходами. Виробничий процес генерує різноманітні відходи, включаючи хімічні, біологічні та побутові. Для кожного типу відходів розроблено спеціальні процедури збору, сортування та утилізації. Хімічні відходи обробляються відповідно до вимог законодавства та міжнародних стандартів, що передбачають їх безпечне зберігання, транспортування та знешкодження. Біологічні відходи проходять стерилізацію та знешкодження для запобігання поширенню інфекцій і забруднень. Побутові відходи сортуються для вторинної переробки, зокрема папір, пластик, скло та

метали відправляються на переробні підприємства.

Контроль викидів в атмосферу є ще одним критично важливим аспектом екологічної політики підприємства. Завод обладнаний сучасними системами фільтрації та очищення повітря, які мінімізують викиди шкідливих речовин у довкілля. Всі процеси, що супроводжуються викидами, контролюються для забезпечення відповідності нормативним вимогам.

Регулярно проводяться вимірювання рівнів викидів і аналіз їх впливу на навколишнє середовище. Це дозволяє оперативно виявляти та усувати можливі порушення, що виникають під час виробництва.

Використання ресурсів є важливим компонентом стратегії з охорони навколишнього середовища на БХФЗ. Завод прагне до раціонального використання води, енергії та сировини. Вода, яка використовується в виробничих процесах, проходить ретельну очистку перед використанням та після нього. Системи рециркуляції та повторного використання води дозволяють значно знизити її споживання. Крім того, впроваджуються заходи з підвищення енергоефективності, включаючи використання відновлюваних джерел енергії та впровадження сучасних енергоефективних технологій у виробничих процесах.

Енергоефективність є важливим пріоритетом на підприємстві. Впровадження стандарту ISO 50001 дозволяє систематично підходити до управління енергією, знижувати енергоспоживання та підвищувати ефективність використання енергетичних ресурсів. Завод використовує пелети та природний газ як основні джерела енергії. З 2017 року на території підприємства функціонує котельня на деревних пелетах, яка забезпечує потреби заводу в теплі при температурі до -5°C без використання природного газу. Це сприяє зниженню викидів парникових газів і підвищенню енергоефективності виробництва.

На території заводу впроваджуються заходи з озеленення та

благоустрою. Підтримується належний стан зелених насаджень, проводяться роботи з озеленення та створення комфортних зон для відпочинку працівників. Це не лише покращує екологічну обстановку на території заводу, але й сприяє створенню приємного робочого середовища для працівників.

Важливою складовою екологічної політики заводу є підвищення екологічної свідомості працівників. На заводі проводяться регулярні тренінги та семінари з питань охорони навколишнього середовища, де працівників інформують про важливість дотримання екологічних норм і стандартів. Це сприяє формуванню відповідального ставлення до навколишнього середовища серед персоналу і підвищенню загального рівня екологічної культури на підприємстві.

ВИСНОВКИ

1. У дипломній роботі було здійснено детальне дослідження та вдосконалення технології отримання лимонної кислоти. Проведена модернізація дозволила значно скоротити витрати на сировину завдяки впровадженню нових технологічних рішень.

2. Були запропоновані удосконалені принципова технологічна та апаратурно-технологічна схеми, які оптимізують процес виробництва. Ці вдосконалення не тільки сприяли зниженню виробничих витрат, але й підвищили екологічну безпеку виробництва за рахунок зменшення кількості відходів та більш ефективного використання ресурсів.

3. Проведено розрахунок матеріального балансу процесу виробництва лимонної кислоти хімічним способом. Загальні втрати становлять 5 %.

4. Здійснено підбір основного технологічного обладнання і проведено розрахунок барабанної сушарки, довжина барабану якої становить 4,04 м, а діаметр барабану складає 1,08 м.

5. Розраховано економічну ефективність виробництва, в результаті якої собівартість становить 215 грн за кілограм лимонної кислоти.

5. Запропоновано заходи з організації контролю якості готової продукції та наведено основні показники якості та безпечності лимонної кислоти відповідно до вимог нормативної документації.

6. Запроновано заходи з охорони праці і навколишнього середовища для запропонованого виробництва.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ	ННІХТ.ХТ-4-14.024.161.020.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 74/77

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. An overview of citric acid production A.R. Angumeenal, D. Venkappaya P. 50–201
2. ХАРЧОВІ ДОБАВКИ ЯК ОБ’ЄКТ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
Т. П. Гончаренко – 19 с.
3. Химия пищевых добавок: Тезисы докл. Всесоюзной конф., г. Черновцы. — К., 1989. – 56 с.
4. ХАРЧОВІ ДОБАВКИ: ВИЗНАЧЕННЯ, РИЗИКИ, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ Малеев В.О., Безпальченко В.М., Семенченко О.О. Херсонський національний технічний університет – 147 с.
5. Біологічна хімія: підруч. для студ. ВНЗ / Л. Ф. Павлоцька, Н. В. Дуденко, Є. Я. Левітін. - Суми: Унів. кн., 2011. - 509 с.
6. Васильченко О.А., П’янкова О.О. Біотехнологічні аспекти отримання лимонної кислоти // Науковий вісник НЛТУ України. - 2012. - Вип. 22.1. - С. 100-110
7. Аналіз виробництва та застосування лимонної кислоти / В.М. Фалес, О.В. Хіврич, А.М. Литвиненко // Харч. пром-сть. - 2009. - N 8. - С. 91-94.
8. *Apelblat A.* Citric Acid. — Springer, 2014 P. 13-154.
9. Kanse N.G. et al. A review on citric acid production and its applications. Int. J.Curr. Adv. Res. 2017. Vol. 6, № 9. P. 5880–5883.
- 10.Nangare S. et al. Pharmaceutical applications of citric acid. Futur. J. Pharm. Sci.2021. Vol. 7, № 1. P. 54.
- 11.Sawant O. Fungal citric acid production using waste materials: a mini-review. J.Microbiol. Biotechnol. Food Sci. 2018. Vol. 8, № 2. P. 821–828.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Михайленко Д.О	Назва, оодаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-14.024.161.020.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова уа	Аркуш 75/77

- 12.Synthesis of citric acid or citrates. Inventor [David Ginsburg, Wilfried J. W. Mayer, Allan Wexler](#). Патент US4249018A. 1999-08-27(статус-довічний):URL: <https://patents.google.com> (дата звернення 25.04.2024)
- 13.Nature Publishing Group. SYNTHESIS OF CITRIC ACID.URL: <https://www.nature.com/articles/022585f0> (дата звернення 25.04.2024)
- 14.Подобій О.В. Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія», денної та заочної форм навчання / О.В.Подобій. – К.: НУХТ, 2019. – 131с.
- 15.Литовченко, І.М. Основи проектування хімічних виробництв [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» ден. форми навч. / І.М. Литовченко – К.: НУХТ, 2014. – 37 с.
- 16.Основи проектування хімічних виробництв [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студ. напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» денної форми навчання / уклад.: І. М. Литовченко, М. Г. Десик. – К.: НУХТ, 2014. – 33 с.
- 17.Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», денної форми навчання / уклад. О.В.Подобій, І.В. Житнецький. – К.: НУХТ, 2018. – 33 с.
18. Thakre N. Reactive Extraction of Citric Acid Using Different Extractants: Equilibrium, Kinetics and Modeling. Chem. Biochem. Eng. Q. 2018. Vol. 31, № 4. P. 437–446.
- 19.Baniel A. et al. Process for the recovery of citric acid: pat. US 7.411,090 B USA. USA, 2008. 16 p.

20. Vishnu D., Dhandapani B., Mahadevan S. Recent Advances in Organic Acid Production from Microbial Sources by Utilizing Agricultural By-Products as Substrates for Industrial Applications. 2020. P. 67–87.
21. Naraiian R., Kumari S. Microbial Production of Organic Acids. Microbial Functional Foods and Nutraceuticals. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. P.93–121.
22. Chidi B.S., Bauer F.F., Rossouw D. Organic Acid Metabolism and the Impact of Fermentation Practices on Wine Acidity: A Review. South African J. Enol. Vitic. 2018. Vol. 39, № 2, 19 p.