

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

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

«__» червня 2024 р.

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

«__» червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення хімічної технології отримання винної
кислоти

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-13
КРАСОВСЬКА Анастасія Русланівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник ФЕСИЧ Ігор Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

(підпис)

Діна НАУМОВА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Здобувач (ка)

(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Красовська Анастасія Русланівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення хімічної технології отримання винної кислоти

керівник роботи Фесич Ігор Володимирович, к.х.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 продуктивність виробництва винної кислоти становить 1000 кг/добу

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

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	13.05.2024	31.05.2024

7. Дата видачі завдання 16 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	13.05.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14.05.2024-18.05.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18.05.2024-25.05.2024	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	25.05.2024-26.05.2024	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	26.05.2024-29.05.2024	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29.05.2024-30.05.2024	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	30.05.2024-31.05.2024	
8	ВИСНОВКИ	31.05.2024-01.06.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2024-01.06.2024	
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	07.06.2024-18.06.2024	

Здобувач

(підпис)

Анастасія КРАСОВСЬКА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ФЕСІЧ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Анастасія КРАСОВСЬКА. Удосконалення хімічної технології отримання винної кислоти.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 62 С., 9 РИС., 14 ТАБЛ., 27 ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

Темою кваліфікаційної роботи є удосконалення технології отримання винної кислоти. В ході роботи було проведено літературно-науковий аналіз та узагальнено інформацію про технологію отримання харчової добавки. У першому розділі описано загальні властивості, фізико-хімічні властивості, сфери її застосування у різних галузях промисловості, а також вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище.

У технологічній частині описано основну вихідну сировину для отримання добавки: винний камінь, кальцій сульфат, кальцій хлорид, кальцій карбонат та сульфатна кислота. Зазначено їх склад, описано фізико-хімічні властивості, формули.

Здійснено підбір основного технологічного обладнання. Розроблено та графічно зображено принципово- та апаратурно-технологічні схеми отримання винної кислоти. Розраховано основне обладнання для проведення реакції виробництва, а саме реактор-змішувач з рамною мішалкою. Розраховано матеріальний баланс по всіх стадіям технології виробництва.

Проведено техніко-економічне обґрунтування та наведено заходи з контролю якості харчової добавки. Також наведено заходи з охорони навколишнього середовища та охорони праці на виробництві.

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: ВИННА КИСЛОТА, АНТИОКСИДАНТ, КОНСЕРВАНТ, ХАРЧОВА ДОБАВКА Е334, ВИННИЙ КАМІНЬ, СУЛЬФАТНА КИСЛОТА, КАЛЬЦІЙ ХЛОРИД, КАЛЬЦІЙ СУЛЬФАТ.

ABSTRACT

Anastasia KRASOVSKA. Improvement of chemical technology for obtaining tartaric acid.

EXPLANATORY NOTE: 62 P., 9 FIGURES ,14 TABLES, 27 LITERARY SOURCES.

The topic of the qualification work is the improvement of the technology for obtaining tartaric acid. In the course of the work, a literary and scientific analysis was carried out and information about the technology of obtaining food supplements was summarized. The first chapter describes the general properties, physical and chemical properties, areas of its application in various industries, as well as the impact on human health and the environment.

The technological part describes the main raw materials for obtaining the additive: tartar, calcium sulfate, calcium chloride, calcium carbonate and sulfuric acid. Their composition, physical and chemical properties, and formulas are described.

The main technological equipment has been selected. The principle and equipment-technological schemes for obtaining tartaric acid are developed and graphically depicted. The main equipment for conducting the production reaction is calculated, namely, a reactor-mixer with a frame stirrer. The material balance is calculated for all stages of production technology.

A technical and economic substantiation has been carried out and measures to control the quality of the food additive have been given. Measures for environmental protection and labor protection in production are also given.

KEY WORDS: TARTAR ACID, ANTIOXIDANT, PRESERVATIVE, FOOD ADDITIVE E334, TARTAR, SULPHATE ACID, CALCIUM CHLORIDE, CALCIUM SULFATE.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Загальні відомості про винну кислоту (Е334).....	9
1.2. Фізико-хімічні властивості винної кислоти.....	10
1.3. Властивості як харчової добавки.....	11
1.4. Галузі застосування харчової добавки.....	13
1.5. Вплив винної кислоти на навколишнє середовище та здоров'я людини.....	17
1.6. Аналіз існуючих технологій отримання винної кислоти.....	18
1.7. Переваги обраної технології отримання винної кислоти.....	21
1.8. Шляхи удосконалення технології виробництва харчової добавки.....	22
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1. Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	24
2.2. Принципово-технологічна схема.....	28
2.3. Матеріальний розрахунок.....	32
2.4. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.....	40
2.5. Опис апаратурно-технологічної схеми.....	47
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	49
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКТУ	50
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	54
5.1. Заходи з охорони навколишнього середовища.....	54
5.2. Охорона праці на виробництві.....	55
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	59

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Фесич І.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
Власник документа НУХТ	<i>Розробник документа</i> Красовська А.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> ЗМІСТ	<i>ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.006.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 16.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/62

ВСТУП

Органічні кислоти – це природні речовини з кислотними властивостями, що знаходяться у вільному стані в рослинах, а також приймають форму солей або естерів. Їх основна функція – це формування смаку та аромату сировини та продуктів переробки, що є основними показниками їх якості. Метою додавання кислот в харчових технологічних процесах є надання органолептичних властивостей, консистенції, що властиві даному продукту, підвищення його стабільності.

Винна кислота (Е334) являється харчовою добавкою і широко застосовується у таких галузях, як: харчова, фармацевтична, косметична та хімічна промисловості.

Актуальність теми полягає у популярності використання харчових добавок у різних галузях та необхідності вдосконалювати методи їх отримання.

Метою роботи є удосконалення технології отримання винної кислоти.

Об'єктом дослідження є технологія отримання винної кислоти.

Предметом дослідження є винна кислота з винного каменю.

Завданням кваліфікаційної роботи є:

- 1) розглянути основні положення про винну кислоту, її фізико-хімічні властивості та застосування у різних сферах промисловості;
- 2) охарактеризувати вихідні речовини для отримання харчової добавки, описати їх властивості та навести хімічні формули;
- 3) розробити принципову технологічну, апаратурно-технологічні схеми та креслення основного апарату в форматі А1;
- 4) провести розрахунок матеріального балансу та розрахунок основного

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.007.КР.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Носенко Т.Т.	ВСТУП	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	7/62

апарату;

- 5) підібрати основне обладнання для виробництва винної кислоти та навести принцип роботи кожного обладнання;
- 6) провести техніко-економічне обґрунтування: собівартість, норми витрат сировини, матеріалів та енергії для виробництва винної кислоти;
- 7) описати варіанти контролю безпеки та якості готової продукції.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальні відомості про винну кислоту (E334)

Винна кислота, C₄H₆O₆, харчова добавка E334, яка використовується як антиокислювач і антиоксидант для продовження терміну придатності і терміну реалізації багатьох харчових продуктів [1;2].

Винна кислота (діоксибурштинова/тартарова кислота) – це органічна сполука, двоосновна карбонова гідроксикислота, солі й аніони якої називають тартратами [1].

Органічні кислоти – це природні речовини з кислотними властивостями, що знаходяться у вільному стані в рослинах, а також приймають форму солей або естерів. Багатоосновні гідроксикислоти містяться в плодах, а естери характерні для інших елементів рослин, наприклад, стебла, листя і подібне. Частіше за все органічні кислоти знаходяться в плодово-ягідних рослинах та овочах [1;2].

Основна функція органічних кислот – це формування смаку та аромату сировини та продуктів переробки, що є основними показниками їх якості. Зміни смаку і аромату під час псування приводять до збільшення концентрації кислот у складі продукту, тобто до збільшення концентрації H⁺ і зміни рН. Формування якості продукту здійснюється на усіх етапах технологічного процесу його одержання. При цьому, багато технологічних показників, які забезпечують створення високоякісного продукту, залежать від активної кислотності (рН) харчової системи. В цілому величина рН впливає на наступні технологічні параметри: утворення смаку і аромату; термічну та колоїдну стабільність харчового продукту; біологічну стійкість; умови росту корисної мікрофлори [1].

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.009.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	9/62

Наявність органічних кислот в продуктах може бути також наслідком спеціального введення кислоти у харчову систему в ході технологічного процесу. У цьому випадку органічні кислоти використовуються у якості харчових добавок

Метою додавання кислот в харчових технологічних процесах є надання органолептичних властивостей, консистенції, що властиві даному продукту, підвищення його стабільності [1].

1.2. Фізико-хімічні властивості винної кислоти

Винна кислота має вигляд кристалічної маси, у якій відсутні забарвлення і запах. Смак – досить кислий. Молекулярна маса: 150,09 г/моль. Після очищення має такі характеристики: рН 2,2 (1,5% водний розчин); щільність — 1,79 г/см³; константа дисоціації при 25 °С — $pK_{a1} = 2,93$, $pK_{a2} = 4,23$; $T_{пл.} = 168–170$ °С; енергетична цінність — 1,20 Дж/г (при 20 °С); розчиняється в гліцерині, воді (1:0,75 та 1:0,5 при 100 °С), 95% етанолі (1:2,5), пропан-1-олі (1:10,5), етері (1:2,5); практично не розчиняється в хлороформі [3].

Винна кислота є оптично активною і може існувати в кількох ізомерних формах (D-винна кислота, L-винна кислота та мезо-винна кислота). Найпоширенішою є L-винна кислота. Оптичний ізомер L-(+) в природі зустрічається у вигляді вільної кислоти або в комбінації з кальцієм, магнезієм та калієм у складі багатьох фруктів. Промислово отримують з калію тартрату (побічного продукту при виробництві вина – винного каменю), обробкою хлоридною кислотою (або кальцієм хлориду) з послідовним додаванням солі кальцію та обробкою осаду, що утворився, 70% сульфатною кислотою до отримання винної кислоти та кальцію сульфату [3].

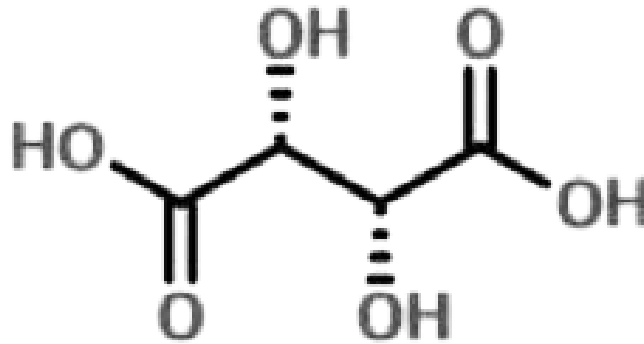


Рис.1.1 Структурна формула винної кислоти

1.3. Властивості як харчової добавки

Основні властивості винної кислоти як харчової добавки (Е 334) включають наступні фактори [4;5]:

1. Регулювання кислотності.

Регулятори кислотності — речовини, які змінюють або регулюють кислотність або лужність харчових продуктів. Винна кислота використовується для зміни рівня кислотності у харчових продуктах, щоб досягти оптимального смаку і консистенції. У сучасних умовах виробництва та переробки харчових продуктів встановлення і підтримання заданого значення рН має важливе значення, оскільки кислотне середовище сприяє продовженню терміну зберігання продуктів, створює непридатні умови для розвитку мікроорганізмів, підсилює дію консервантів тощо.

2. Консервація.

Консерванти — речовини, які здатні збільшувати термін зберігання харчових та інших продуктів (наприклад, косметики) шляхом захисту їх від мікробіологічного псування. Винна кислота є сильною органічною кислотою, яка знижує рівень рН в продуктах. Кисле середовище в свою чергу пригнічує ріст і розвиток багатьох мікроорганізмів, включаючи бактерії, дріжджі та плісняву. Тож вона виступає гарним консервантом для різного типу продуктів.

3. Антиоксидантні властивості.

Антиоксиданти (антиокислювачі) — природні або штучно синтезовані речовини, що сповільнюють чи припиняють окиснення. Винна кислота може захищати продукти від окислення, зокрема таких як жири та олії, сприяти збереженню їхньої свіжості та тривалості зберігання. Це відбувається за рахунок процесу хелатування. Хелатування — це процес утворення стабільних комплексів між органічною молекулою (хелатуючим агентом) і іонами металів. Винна кислота має функціональні групи, які можуть зв'язуватися з іонами металів, наприклад, заліза, міді, кальцію. Цей процес включає в себе формування кільцевої структури, де іон металу «замкнений» молекулою винної кислоти.

Іони металів, такі як залізо і мідь, можуть каталізувати окислювальні реакції, які призводять до утворення вільних радикалів. Тож хелатуючи ці іони, винна кислота зменшує їхню здатність спричиняти окислення, тим самим захищаючи клітини та молекули від пошкоджень.

4. Покращення смаку та текстури.

Додавання винної кислоти може покращити смак і текстуру продуктів, зробивши їх більш приємними для споживачів. Це не менш важлива властивість як для харчової добавки. Також винна кислота може взаємодіяти з іншими компонентами, такими як желатин та пектин, що сприяє формуванню та стабілізації гелів та желе. Це допомагає зберігати текстуру продуктів, надаючи їм бажану консистенцію.

5. Стабілізація продуктів.

Вона може використовуватися для стабілізації емульсій та інших змішань у продуктах, покращуючи їхню структуру та вигляд. Багато емульгаторів працюють ефективніше у кислому середовищі. Це забезпечує краще змішування та стабілізацію водної та жирової фаз в емульсії. Також вона може надавати частинкам в емульсії електричний заряд, що сприяє їх взаємному відштовхуванню. Це запобігає агрегації (злипання) частинок жирової фази, що підтримує стабільність емульсії. Винна кислота може забезпечити підвищення

в'язкості системи, а таке середовище також сприяє кращому розподілу частинок та зменшує швидкість їх осадження. Всі ці фактори та деякі описані попередні властивості (антиоксидантні, хелатування) харчової добавки відповідно обумовлюють стабілізацію продуктів.

1.4. Галузі застосування харчової добавки

Винна кислота (Е 334) має різноманітні застосування у різних галузях. Ось найвідоміші з них [4].

1. Харчова промисловість.

Винна кислота широко використовується в харчовій промисловості завдяки своїм багатофункціональним властивостям. Вона допомагає запобігти окисленню жирів і олій, що покращує збереження харчових продуктів та подовжує їх термін придатності. Використовується для регулювання кислотності різних харчових продуктів, забезпечуючи стабільний смак і текстуру. Це особливо важливо в безалкогольних напоях, кондитерських виробках та джемах.

Винна кислота допомагає стабілізувати емульсії, що робить її корисною у виробництві соусів, майонезу та інших продуктів, де необхідна однорідна консистенція.

Вона використовується для надання кислинки напоям, желе, цукеркам і маринадам. Винна кислота забезпечує приємний смаковий профіль продуктів.

Завдяки своїм антимікробним властивостям, винна кислота допомагає запобігати росту бактерій і грибків у харчових продуктах, що сприяє їх збереженню.

У хлібобулочних виробках винна кислота допомагає покращити текстуру і структуру тіста, сприяючи підвищенню об'єму і пухкості готових виробів.

У виноробстві винна кислота природним чином присутня в винограді та використовується для корекції кислотності вина, що впливає на його смак і стабільність.

Також може використовуватися для стабілізації піни в різних харчових продуктах і напоях, забезпечуючи більш привабливий зовнішній вигляд.

2. Фармацевтична промисловість.

Застосовується у виробництві медичних препаратів як регулятор кислотності, стабілізатор, антиоксидант або розчинник. Входить до складу пероральних, парентеральних фармацевтичних препаратів та препаратів для місцевого використання як підкислювач, а також як ізолюючий агент та носій ароматичних речовин. У складі шипучих гранул, порошків і таблеток винна кислота використовується в комбінації з бікарбонатами як кислотний компонент.

Винна кислота використовується у фармацевтичній промисловості завдяки своїм властивостям, які роблять її корисною для різних медичних і терапевтичних застосувань.

Винна кислота часто використовується для створення буферних розчинів, які допомагають підтримувати стабільний рівень рН у лікарських препаратах. Це важливо для забезпечення ефективності та стабільності активних інгредієнтів. Як хіральний агент, вона застосовується для синтезу енантімерно чистих сполук, які мають важливе значення у виробництві лікарських засобів, особливо у фармацевтичній хімії для отримання біологічно активних енантіомерів.

Винна кислота також використовується як допоміжна речовина у виготовленні таблеток і капсул. Вона допомагає покращити властивості порошків, зокрема їх текучість і компресійні властивості. А завдяки своїм антиоксидантним властивостям, винна кислота допомагає стабілізувати активні інгредієнти в фармацевтичних препаратах, запобігаючи їх окисленню і розкладанню.

Винна кислота може входити до складу вітамінних і мінеральних комплексів як хелатуючий агент, покращуючи біодоступність мікроелементів, таких як залізо, кальцій і магній. В фармацевтичних сиропях та інших рідких

формах ліків використовується для поліпшення смаку препаратів, роблячи їх більш прийнятними для пацієнтів.

Винна кислота часто використовується у складі шипучих таблеток разом з бікарбонатом натрію. Реакція між цими компонентами при розчиненні у воді створює шипіння, що допомагає прискорити розчинення таблетки і покращує її засвоєння.

3. Косметична промисловість.

Винна кислота, або тартарова кислота, використовується в косметичній промисловості завдяки своїм корисним властивостям для шкіри. Вона є альфа-гідроксикислотою (АНА), яка допомагає в ексfolіації шкіри. Вона видаляє відмерлі клітини шкіри, стимулює оновлення клітин та покращує текстуру шкіри. Також завдяки своїм антиоксидантним властивостям, допомагає захищати шкіру від пошкодження вільними радикалами. Це сприяє зменшенню ознак старіння, таких як зморшки та пігментні плями.

Винна кислота допомагає регулювати рН рівень косметичних продуктів, забезпечуючи їх оптимальну дію та стабільність. Також вона покращує проникнення інших активних інгредієнтів у шкіру, підвищуючи ефективність косметичних засобів.

Винну кислоту часто включають до складу очищуючих засобів, тоніків, масок для обличчя, сироваток та кремів. Вона є ключовим інгредієнтом в продуктах, що спрямовані на вирівнювання тону шкіри, покращення її текстури та боротьбу зі старінням. І безпосередньо використовується у виробництві косметичних засобів для забезпечення консервування, регулювання рН та збереження якості продуктів.

4. Хімічна промисловість.

Використовується у синтезі різних хімічних сполук, таких як ефіри, естери, солі тощо. Також використовується у якості промислового розчинника. Винна кислота використовується як хіральний агент у синтезі хіральных сполук.

Її здатність до утворення енантімерно чистих сполук робить її цінною промисловості.

Винна кислота здатна утворювати комплекси з металами, що використовуються у різних галузях, включаючи виробництво антикорозійних засобів та стабілізаторів для пластику. Завдяки своїм кислотним властивостям, винна кислота використовується для регулювання рН у різних хімічних процесах.

Винну кислоту застосовують у виробництві електролітів для батарей, де вона допомагає поліпшити ефективність і стабільність електрохімічних процесів. Також вона використовується як каталізатор у деяких органічних реакціях, таких як реакції естерифікації та полімеризації. Винна кислота використовується у процесах очистки і полірування металів, особливо алюмінію і його сплавів. Вона допомагає видаляти оксиди і інші забруднення з поверхні металів.

Таким чином, винна кислота є важливим інгредієнтом у різних хімічних процесах завдяки своїм хімічним властивостям та здатності до утворення стабільних комплексів з різними речовинами.

5. Сільське господарство.

Винна кислота знаходить застосування в сільському господарстві завдяки своїм властивостям, які сприяють покращенню росту рослин та захисту культур. Вона використовується для корекції рН ґрунту, особливо в тих випадках, коли ґрунт має надмірно лужну реакцію. Оптимальний рівень кислотності допомагає покращити доступність поживних речовин для рослин. Завдяки своїй здатності зв'язувати метали, утворює хелатні комплекси, що робить мікроелементи більш доступними для поглинання рослинами. Це особливо важливо для таких елементів, як залізо, магній, цинк та мідь.

В свою чергу обробка насіння розчином винної кислоти може покращити схожість та початковий розвиток рослин. Вона сприяє активізації ферментативних процесів у насінні. Також використовується як компонент біостимуляторів, які покращують ріст і розвиток рослин, сприяючи кращому

засвоєнню поживних речовин та підвищенню стійкості до стресових умов. Завдяки своїм природним антибактеріальним та антигрибковим властивостям, винна кислота може використовуватися для обробки рослин з метою захисту від шкідливих мікроорганізмів.

Врешті, винна кислота є корисним інструментом у сільському господарстві, сприяючи покращенню росту рослин, підвищенню ефективності використання поживних речовин та захисту від патогенів.

1.5. Вплив винної кислоти на навколишнє середовище та здоров'я людини

Винна кислота є природною органічною сполукою, яка легко розкладається в природних умовах. Це зменшує її вплив на навколишнє середовище порівняно з синтетичними хімікатами.

Винна кислота має низький рівень токсичності для рослин і тварин, що зменшує ризик негативного впливу на екосистеми. Вона також не накопичується у водних системах і не сприяє евтрофікації, що зменшує ризики для водних організмів.

Щодо впливу винної кислоти на здоров'я людини. Винна кислота є м'язовим токсином, який у високих дозах спричиняє параліч і смерть. Летальна доза для людини становить 7,5 г/кг тіла людини. З урахуванням цієї цифри можна підрахувати, що для того, щоб "вбити" людину, необхідно одноразово вжити понад 500 г винної кислоти. Оскільки в промисловості добавка E334 використовується в значно менших дозах, її відносять до класу безпечних. Тож винна кислота є безпечною для більшості людей при використанні в низьких концентраціях, що характерно для харчових продуктів, косметичних засобів та фармацевтичних препаратів [5].

У деяких людей винна кислота може викликати алергічні реакції або подразнення шкіри, особливо при високих концентраціях. Ці реакції можуть включати почервоніння, свербіж або висипання.

Винна кислота широко використовується як харчова добавка (E334). У низьких дозах вона є безпечною і навіть корисною, сприяючи поліпшенню смаку і збереження продуктів. Проте, надмірне споживання може призвести до шлунково-кишкових розладів, таких як печія або дискомфорт у шлунку. Через свою кислотність, винна кислота може сприяти ерозії зубної емалі при тривалому і частому вживанні, особливо у складі кислих напоїв і продуктів.

Загалом можемо зробити такі висновки. Винна кислота є відносно безпечною для навколишнього середовища і здоров'я людини при правильному використанні. Її природне походження і біорозкладаність роблять її екологічно безпечною, а низький рівень токсичності зменшує ризики для здоров'я. Однак, як і з будь-якою хімічною речовиною, важливо дотримуватися рекомендованих доз і виявляти обережність у випадках підвищеної чутливості або алергії.

1.6. Аналіз існуючих технологій отримання винної кислоти

Існує декілька різних способів отримання винної кислоти.

1. Виннокислий метод [6].

Отримання винної кислоти шляхом гідролізу ацетатів етилену або ізобутилену в присутності кислот є процесом, що базується на хімічних реакціях. Основні етапи цього процесу можуть бути наступними:

Отримання ацетату етилену або ізобутилену. Цей компонент може бути отриманий хімічними методами, наприклад, шляхом реакції етилену або ізобутилену з кислотою у присутності каталізаторів.

Гідроліз ацетату. Ацетат етилену або ізобутилену піддається гідролізу в присутності кислоти. Гідроліз полягає у розкладанні хімічних зв'язків в молекулі ацетату з водою за утворення винної кислоти.

Реакційна сепарація. Отримана винна кислота відокремлюється від реакційної суміші за допомогою різних методів, таких як дистиляція або використання розчинників.

Очищення і концентрування. Отримана винна кислота може потребувати додаткового очищення та збільшеного концентрування для отримання бажаної чистоти та концентрації.

Цей метод може бути ефективним для виробництва винної кислоти у великих масштабах і може мати значний вплив на промисловість, що використовує винну кислоту як сировину для своєї продукції[6].

2. Отримання з винного каменю [7].

Винна кислота може бути виготовлена реакцією винного каменю (гідротартрату калію) з сірчаною кислотою.

Спочатку подрібнюють сировину, а саме винний камінь. Далі за допомогою реакції з хлоридом кальцію та крейди отримують виннокисле вапно, яке проходить фільтрацію. Тоді розчин має прореагувати з сірчаною кислотою для отримання розчину винної кислоти. Після повторної фільтрації винну кислоту можна кристалізувати і використовувати як сировину у відповідних цілях.

3. Шляхом електродіалізу [8].

Винна кислота може бути отримана методом електродіалізу, використовуючи при цьому мембрани для розділення іонів у розчині.

Процес електродіалізу використовується для розділення речовин у розчинах за допомогою мембран. В основі лежить взаємодія електричних полів і мембрани з розчинами різних іонів.

У випадку отримання винної кислоти, розчин з винною кислотою потрапляє у внутрішність електродіальних камер, які розділені мембранами. Ці мембрани можуть бути катіонно-обмінними або аніонно-обмінними, в залежності від типу іонів, які потрібно розділити.

Під час подачі струму через систему, іони винної кислоти рухаються через мембрани у напрямку, що визначається їхніми зарядом і типом мембрани. На кожному з електродів утворюється концентрований розчин винної кислоти. Цей процес триває, доки винна кислота не буде вичерпана з розчину.

Основна перевага цього методу полягає в тому, що він дозволяє отримувати винну кислоту в чистому вигляді без застосування хімічних реакцій з використанням реагентів. Крім того, він може бути використаний для відновлення та очищення відходів, що містять винну кислоту, що робить його екологічно чистим методом[8].

4. Біосинтез [9].

Деякі мікроорганізми можуть бути використані для біосинтезу винної кислоти з відповідних підходящих сировинних матеріалів, таких як цукор або виноград.

Отримання винної кислоти методом біосинтезу базується на використанні таких мікроорганізмів, як дріжджі або бактерії, які виробляють винну кислоту у процесі життєдіяльності. Основними етапами цього процесу є:

Вибір мікроорганізмів. Визначаються оптимальні види дріжджів або бактерій, які здатні виробляти винну кислоту з доступних сировинних матеріалів.

Підготовка середовища. Створюється оптимальне середовище для росту та розвитку мікроорганізмів. Це може включати в себе відповідні поживні середовища та регулювання фізико-хімічних параметрів, таких як температура, рН і доступність поживних речовин.

Тоді відбувається процес ферментації. Мікроорганізми ростуть і розмножуються у ферментерах або біореакторах, де вони перетворюють сировинні матеріали, такі як глюкоза або етиленгліколь, на винну кислоту у процесі біохімічних реакцій.

Виділення винної кислоти. Після закінчення ферментації винна кислота може бути виділена з ферментера шляхом фільтрації або інших методів очищення і концентрування.

Переваги методу біосинтезу включають його високу ефективність, біологічне різноманіття і можливість використання відновлювальної сировини. Крім того, цей метод є екологічно чистим, оскільки він не вимагає великої кількості хімічних реагентів і не виробляє шкідливі відходи [9].

1.7. Переваги обраної технології отримання винної кислоти

Було обрано дослідити та удосконалити метод отримання винної кислоти з винного каменю. Він має кілька переваг як з економічної, так і з екологічної точки зору. Ось основні переваги цього методу:

Економічні переваги:

1. Використання побічного продукту. Винний камінь є побічним продуктом виноробства. Його використання для отримання винної кислоти дозволяє знизити витрати на утилізацію відходів і підвищити загальну ефективність виробництва вина.

2. Зниження загальних витрат. Видобуток винної кислоти з винного каменю є відносно недорогим процесом, оскільки сировина вже доступна як частина виноробного процесу. Це зменшує потребу в дорогих хімічних реагентах та матеріалах.

3. Додатковий дохід для підприємств. Виноробні підприємства можуть отримувати додатковий дохід від продажу винної кислоти, отриманої з винного каменю, що підвищує загальну рентабельність їхнього бізнесу.

Екологічні переваги

1. Зменшення відходів. Використання винного каменю для виробництва винної кислоти допомагає зменшити обсяг відходів, що генеруються

виноробними підприємствами. Це сприяє більш сталому виробництву та знижує навантаження на довкілля.

2. Біорозкладаність. Винна кислота є біорозкладною речовиною, що робить її екологічно безпечною. Вона не накопичується в навколишньому середовищі і не спричиняє значних екологічних проблем.

Технологічні переваги

1. Чистота продукту. Винна кислота, отримана з винного каменю, має високу чистоту, що робить її придатною для використання в харчовій, фармацевтичній і косметичній промисловості.

2. Висока ефективність. Процес видобутку винної кислоти з винного каменю є високоефективним з точки зору виходу продукту, що забезпечує стабільне виробництво винної кислоти у великих кількостях.

3. Низька енергомісткість. Видобуток винної кислоти з винного каменю потребує відносно низького енергоспоживання порівняно з деякими іншими методами синтезу органічних кислот.

Висновки:

Отримання винної кислоти з винного каменю є економічно вигідним, екологічно безпечним та ефективним методом, що дозволяє використовувати наявні ресурси з максимальною користю. Цей метод не тільки підтримує сталий розвиток виноробної промисловості, але й сприяє виробництву високоякісної винної кислоти для різних галузей промисловості.

1.8. Шляхи удосконалення технології виробництва харчової добавки

Зробивши детальний аналіз технології виробництва харчової добавки, було виявлено її слабкі місця та моменти, які можна покращити. Удосконалена технологія має наступні зміни:

1) В основному реакторі, в якому проходить процес отримання розчину винної кислоти було замінено мішалку на рамну. Рамна мішалка забезпечить

краще розподілення компонентів по всьому об'єму реактора та зменшить кількість мертвих зон, що гарантує якісніше проведення реакції. Також дана мішалка добре працює з рідинами різної в'язкості. Так як в процесі отримання цільового розчину постійно змінюється в'язкість середовища, вона забезпечить рівномірну взаємодію усіх компонентів до завершення реакції. Що в свою чергу зменшить кількість непрореагованої сировини та збільшує продуктивність. Крім того, завдяки ефективному перемішуванню, рамна мішалка сприяє кращому теплообміну між рідиною і стінками реактора, що необхідно для збереження відповідної температури. Загалом, вона має просту конструкцію, що полегшить її обслуговування та очищення, а також має низьке енергоспоживання порівняно з іншими мішалками.

2) На стадії фільтрування 2 відфільтровується залишковий гідротартрату калію (винного каменя), який ми знову подаємо на першу стадію подрібнення сировини. Таким чином проходить процес рекуперації, що забезпечує зменшення відходів на стадії.

3) Остання і не менш важлива стадія – сушіння. Винна кислота в процесі висушування при високих температурах може зазнавати дегідратації та руйнуватися. З метою запобігання даного процесу і збереження цілісності нашого продукту, було вирішено замінити сушарку на вакуумну. Вакуумне сушіння відбувається у герметичних камерах за тиску нижчого від атмосферного, за рахунок цього процес проходить при менших температурах. Через це вакуумна сушка вважається більш м'якою та не спричинить руйнування винної кислоти.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика вихідної сировини для виробництва

Винний камінь

Гідротартрат калію ($KC_4H_5O_6$) білі кристали або порошок без грудочок і запаху. Молярна маса 188,177 г/моль. Розчинний у воді та розведений мінеральною кислотою. Нерозчинний у спирті [10].

Фізико-хімічні властивості:

- ✓ Температура плавлення $267^\circ C$ (розклад.)
- ✓ Точка кипіння $318^\circ C$
- ✓ Щільність 1,954 г/мл при $25^\circ C$
- ✓ тиск пари 30,69 гПа при $25,2^\circ C$
- ✓ Температура спалаху $210^\circ C$
- ✓ розчинність 5,7 г/л
- ✓ Питома вага 1,954
- ✓ Діапазон рН: 3,4 - 3,7 при $20^\circ C$
- ✓ рН 3,4-3,7 (H_2O , $20^\circ C$) (насичений розчин)

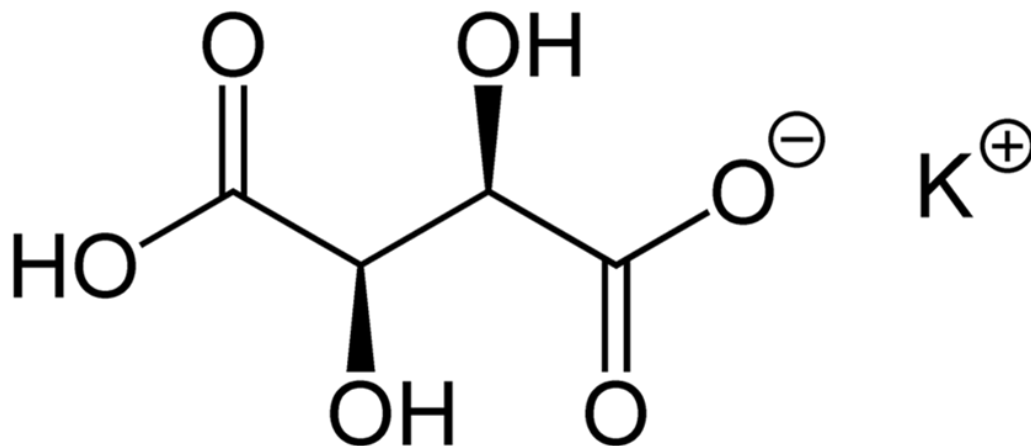


Рис.2.1 Структурна формула винного каменю

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.024.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 16.04.2024	Мова ua	Аркуш 24/62

Міститься в соках багатьох рослин і плодів, значною мірою у винограді. Це побічний продукт виноробства. Маленькі безбарвні кристали, кислі на смак. Калій бітарtrat кристалізується у винних бочках під час бродіння виноградного соку, і може випадати у пляшках вина. Кристали часто утворюються на нижній стороні пробки у заповнених вином пляшках, які зберігалися при температурі нижче 10 °C (50 °F).

Ці кристали також випадають зі свіжого виноградного соку, який був охолоджений або залишений на деякий час. Для запобігання формування кристалів у домашньому варенні або виноградному желе, свіжий виноградний сік повинен бути охолодженим протягом ночі, щоб сприяти кристалізації. Кристали калію бітарtrату видаляються шляхом фільтрації через два шари марлі.

Хлорид кальцію

Хлорид кальцію (CaCl_2) є білим порошком без запаху. Сполука легко розчиняється у воді, виділяючи велику кількість тепла. Максимальна розчинність становить близько 75% (при температурі понад 175 °C). Володіє високими гігроскопічними властивостями: поглинає вологу з повітря і утворює кристалогідрати, зв'язуючи 1, 2, 4 або 6 молекул води [11].



Рис.2.2. Структурна формула хлориду кальцію

Властивості [11]:

- ✓ рН 4,5–9,2 (5% водний розчин),
- ✓ $T_{\text{кип}}$ понад 1600 °C (ангідрид),
- ✓ $T_{\text{пл}} = 772$ °C (ангідрид), 176 °C (дигідрат), 30 °C (гексагідрат);
- ✓ насипна густина, до усадки – 0,835 г/см³ (дигідрат),
- ✓ $T_{\text{затверд.}}$ = 28,5–30,0 °C;

- ✓ легко розчиняється у воді та етанолі (95%), не розчиняється в діетиловому етері.

Хлорид кальцію має відповідати вимогам ДСТУ 7274:2012 Національного стандарту України про Хімічні реактиви: «Реактиви, розчини для аналізу та матеріали допоміжні».

Карбонат кальцію

Карбонат кальцію – найважливіша і найпоширеніша сполука кальцію. Хімічна формула CaCO_3 . В природі він зустрічається у вигляді кількох різновидів: вапняк, крейда, мрамур, кальцит, арагоніт [12].

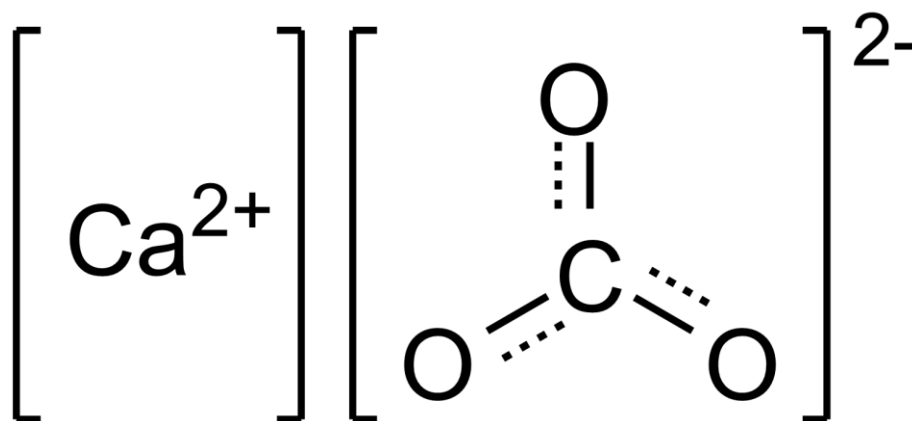


Рис.2.3. Структурна формула кальцію карбонату

Кальцій карбонат являє собою твердий кристалічний білий порошок, сіль вугільної кислоти (H_2CO_3) і кальцію (Ca). Запах і смак відсутні. У воді та етанолі нерозчинний, в кислотах розчиняється добре, при цьому утворюється вуглекислий газ. Кальцій становить 40 % від речовини.

Одержують реакцією взаємодії вапнякового молока з двоокисом вуглецю або кальцію хлориду з натрію бікарбонатом у водному розчині.

Кальцій карбонат має такі властивості [12]:

- ✓ рН 9,0 (10% водний розчин);
- ✓ насипна густина до усадки — 0,8 г/см³;
- ✓ насипна густина після усадки — 1,2 г/см³;
- ✓ $T_{\text{пл}}$ — 825 °С (розкладається);

- ✓ показник заломлення $n_D^{20} = 1,59$;
- ✓ питома вага — 2,7; питома поверхня — 6,21–6,47 м²/г.

Практично нерозчинний в етанолі (95%) та воді. Розчинність у воді збільшується за наявності солей амонію й двоокису вуглецю (внаслідок утворення добре розчинного у воді кальцію гідрокарбонату) та зменшується за наявності лугів. Також розчинний у хлоридній та азотній кислотах та реагує з кислотами з виділенням CO₂. За наявності аспірину та подібних за складом речовин, а також іонів заліза може викликати зміну кольору суміші. Містить 40% кальцію [12].

Він має відповідати вимогам ДСТУ 3262-6:2020 Національного стандарту України про «Наповнювачі для фарб. Специфікації та методи випробування. Частина 6. Хімічно осаджений карбонат кальцію».

Сульфатна кислота

Сульфатна кислота – сполука сірки з формулою H₂SO₄. Безбарвна масляниста, дуже в'язка і гігроскопічна рідина. Сірчана кислота одна з найсильніших неорганічних кислот і є дуже їдкою та небезпечною [13].

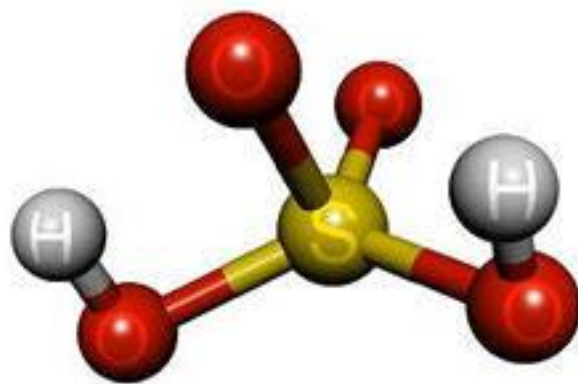
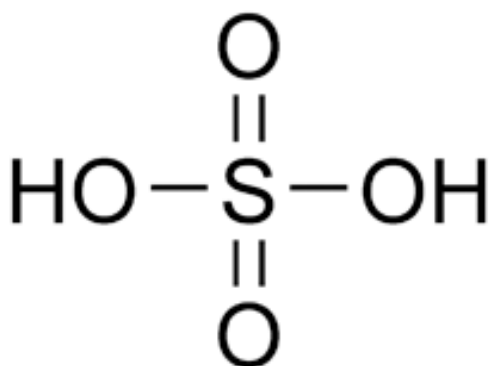


Рис.2.4. Формула сульфатної кислоти

Властивості [13]:

- ✓ Молярна маса: 98,079 г/моль
- ✓ Щільність: 1,83 г/см³
- ✓ Температура кипіння: 337°C

✓ Температура плавлення: 10,31°C

Сульфатна кислота технічна 1-го сорту має відповідати ДСТУ ГОСТ 2184:2018.

Технічні вимоги:

- Фізико-хімічна характеристика реагенту – формула H_2SO_4 ;
- Агрегатний стан – рідина;
- Концентрація основної речовини (масова доля моногідрату H_2SO_4), не менш – 92,5%
- Масова доля заліза, не більше – 0,02 %;
- Масова доля залишку після прожарювання, не більше – 0,05 %;
- Колір в см3 розчину порівняння, не більше – 6 см³.

2.2. Принципово-технологічна схема

Удосконалена принципово-технологічна схема складається з дев'яти основних стадій [14;15].

1. Подрібнення сировини.

Цей етап включає подрібнення винного каменю. Цей процес відбувається за допомогою валкової дробарки, розмір подрібнення сировини приблизно 0,1-0,3 мм.

2. Отримання виннокислого кальцію.

З подрібненої сировини, «нейтральним» способом з додаванням кальцій хлориду і кальцій карбонату, отримують виннокислий кальцій.

Хімізм стадії показано реакцією:



При цьому проводять інтенсивне нагрівання та збільшують концентрацію винного каменю до оптимальної кількості, задля уникнення зниження виходу вапна.

Спочатку реактор завантажується промивною водою десь на 50%. При перемішуванні, в реактор спочатку додають підготовлений винний камінь. Потім цю реакційну суміш нагрівають та завантажують кальцій хлорид, а тоді вже кальцій карбонат.

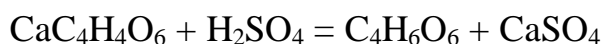
Розпад винного каменю займає декілька годин, після завершення перемішування триває ще півгодини. Всього процес триває 3,5-4 години при температурі до 90 °С.

3. Фільтрування.

Далі суміш подають на фільтр для відділення маточкового розчину, де міститься калій хлориду та промивання виннокислого кальцію. Фільтрування відбувається у вакуум-фільтрах з електропідігрівом.

4. Отримання розчину винної кислоти.

Винну кислоту отримують за допомогою реакції розпаду виннокислого кальцію з сульфатною кислотою. Процес відбувається за наведеною реакцією:



Процес відбувається в реакторі, при включеній мішалці. Завантажують спочатку воду для промивання від гіпсового шламу, після чого обережно додають 30% сульфатну кислоту. Цю масу нагрівають до температури 90 °С, після чого поступово вводять виннокислий кальцій. Під час реакції в'язкість суміші буде змінюватися. Якщо вона досягає критичного значення для процесу, в апарат добавляють промивну воду. Не допускається повна нейтралізація вільної сульфатної кислоти та наявність надлишку вапна. Це буде сприяти утворенню мілкового гіпсу, що ускладнить його відфільтрування.

5. Фільтрування.

Відфільтровується гіпсовий шлам на барабанному вакуум фільтрі, при цьому промиваючи нагрітою водою. Також в осаді залишається винний камінь, який ми теж відфільтруємо. Температура води має бути не нижче 80°С.

6. Очищення.

Для очистки розчину використовують нерухомий шар активованого вугілля в апараті. Відбувається адсорбція домішків та очищення розчину винної кислоти. Процес триває 2,5 години при 70 °С. після чого подають на наступну стадію.

7. Кристалізація.

Після очищення розчин теплим подається на кристалізацію. Процес відбувається в періодично діючих кристалізаторах обладнаних мішалкою, при цьому знижуючи температуру з 70 °С до 14-15 °С. Кристалізація триває близько 10 годин.

8. Центрифугування.

Утфель центрифугують на періодично діючих центрифугах. Після відділення маточного розчину, кристали винної кислоти промивають холодною водою і закінчують центрифугування. Триває процес близько 30-40 хвилин. Фактор розділення для нашої центрифуги буде становити 2500.

9. Сушіння.

Кристали винної кислоти, сушать гарячим повітрям при температурі не вище 60°С при тиску 3 кПа у вакуумній сушарці з електропідігрівом. Після закінчення сушіння їх вологість має складати не більше 0,5%.

Далі готовий продукт йде на пакування.

Винну кислоту запаковують у ламіновані трьох, чотирьох шарові мішки. Маса одного мішка має становити не більше тридцяти кілограм. При відвантаженні не великими порціями, кислоту можна розфасувати в дерев'яні ящики для харчових продуктів, масою нетто не більше 30 кг. . При упаковці в мішки та коробки допустиме відхилення від маси становить не більше $\pm 5\%$.

При упаковці кислоти в паперові пакети всередину мішка необхідно вкладати вкладний мішок з нестабілізованої поліетиленової плівки марки Н товщиною 0,1 мм. Після заповнення кислотою поліетиленові пакети-вкладиші необхідно щільно закрити [7].

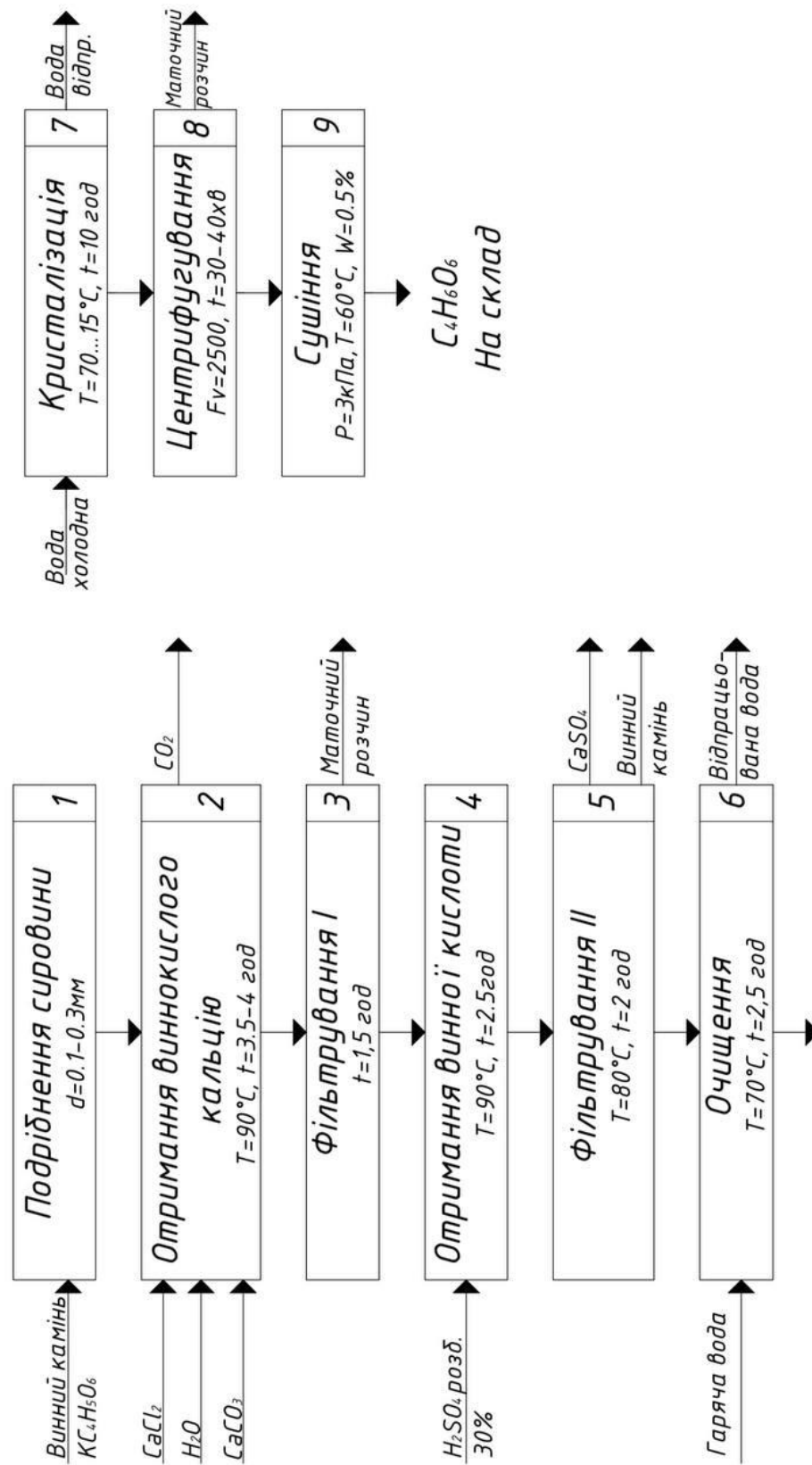


Рис.2.5. Удосконалена принципово-технологічна схема

2.3. Матеріальний розрахунок

Розрахунок матеріального балансу процесу виробництва підлягає закону: маса вихідних продуктів має дорівнювати масі його кінцевих продуктів за формулою: $\Sigma G_{\text{вихідні}} = \Sigma G_{\text{кінцеві}}$, де $\Sigma G_{\text{вихідні}}$ – сума мас вихідних продуктів процесу; $\Sigma G_{\text{кінцеві}}$ – сума мас кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру [16].

Матеріальний баланс першої стадії – подрібнення сировини

Втрати на цій стадії будуть становити приблизно 0,5 %.

$$m(\text{втрат}) = (1000 * 0,5) / 100 = 5 \text{ кг}$$

Табл.2.1

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Винний камінь	1000	Подрібнений винний камінь	995
		Втрати	5
Всього	1000	Всього	1000

Матеріальний баланс другої стадії – отримання виннокислого кальцію



Молекулярні маси речовин реакції:

$$M(\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6) = 188 * 2 = 376 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6) = 188 * 2 = 376 \text{ г/моль};$$

$M(\text{KCl}) = 149 \text{ г/моль};$

$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль};$

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}.$

Винний камінь відноситься до виннокислого кальцію як 1:1.

Тоді з 995 кг винного каменю буде отримано виннокислого кальцію:

$$m(\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6) = (995 \cdot 376) / 376 = 995 \text{ кг}$$

Тоді ж для отримання 995 кг виннокислого вапна необхідно кальцій хлориду:

$$m(\text{CaCl}_2) = (995 \cdot 111) / 376 = 293,74 \text{ кг}$$

Для отримання 995 кг виннокислого вапна необхідно кальцій карбонату:

$$m(\text{CaCO}_3) = (995 \cdot 100) / 376 = 264,63 \text{ кг}$$

Визначимо яка кількість калій хлориду утвориться:

$$m(\text{KCl}) = (995 \cdot 149) / 376 = 394,3 \text{ кг}$$

Визначимо яка кількість вуглекислого газу утвориться:

$$m(\text{CO}_2) = (264,63 \cdot 44) / 100 = 116,44 \text{ кг}$$

Визначити яка кількість води утвориться в реакції:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (995 \cdot 18) / 376 = 47,63 \text{ кг}$$

Табл.2.2

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Винний камінь	995	Виннокислий кальцій	995
Кальцій хлорид	293,74	Калій хлорид	394,3

Кальцій карбонат	264,63	Вуглекислий газ	116,44
		Вода	47,63
Всього	1553,37	Всього	1553,37

Матеріальний баланс третьої стадії – фільтрування

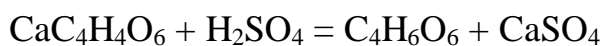
На цій стадії втрати виннокислого кальцію становлять близько 2%.

$$m \text{ (втрат)} = (995 \cdot 2) / 100 = 19,9 \text{ кг.}$$

Табл.2.3

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Суміш виннокислого кальцію та калій хлориду	1389,3	Виннокислий кальцій	975,1
		Калій хлорид (відфільтрований)	394,3
		Втрати	19,9
Всього	1389,3	Всього	1389,3

Матеріальний баланс четвертої стадії – отримання розчину винної кислоти



Молекулярні маси речовин реакції:

$$M (\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6) = 188 \text{ г/моль}$$

$$M (\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$M(C_4H_6O_6) = 150 \text{ г/моль}$$

$$M(CaSO_4) = 136 \text{ г/моль}$$

На стадію поступило 975,1 кг виннокислого кальцію. Втрати винної кислоти на стадії складають 1%.

Визначимо, яка кількість сульфатної кислоти має прореагувати в реакції з виннокислим вапном.

$$m(H_2SO_4) = (975,1 \cdot 98) / 188 = 508,3 \text{ кг}$$

Визначимо, яка кількість винної кислоти утвориться під час розпаду.

$$m(C_4H_6O_6) = (975,1 \cdot 150) / 188 = 778 \text{ кг}$$

Визначимо, які будуть втрати винної кислоти після реакції.

$$m(\text{втрати}) = (778 \cdot 1) / 100 = 7,78 \text{ кг}$$

Визначимо, яка кількість кальцій сульфату утвориться на стадії.

$$m(CaSO_4) = (508,3 \cdot 136) / 98 = 705,4 \text{ кг}$$

Табл.2.4

Матеріальний баланс стадії отримання винної кислоти

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Виннокисле вапно	975,1	Винна кислота	770,22
Сульфатна кислота	508,3	Кальцій сульфат	705,4
		Втрати	7,78
Всього	1483,4	Всього	1483,4

Матеріальний баланс п'ятої стадії – фільтрування

ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.035.КР.ПЗ.

Інд. змін.

Дата видання

Мова

Аркуш

16.04.2024

ua

35/62

На цій стадії втрати винної кислоти становлять близько 2%.

$$m(\text{втрат}) = (770,22 \cdot 2) / 100 = 15,4 \text{ кг}$$

Табл.2.5

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Суміш винної кислоти та кальцій сульфату	1475,62	Розчин винної кислоти	754,82
		Кальцій сульфат (відфільтрований)	705,4
		Втрати	15,4
Всього	1475,62	Всього	1475,62

Матеріальний баланс шостої стадії – очищення

На цій стадії відбувається очищення розчину винної кислоти за рахунок адсорбації активованим вугіллям. Домішки будуть становити 1,5-2%. Тоді втрати винної кислоти становитимуть:

$$m(\text{втрат}) = (754,82 \cdot 1,5) / 100 = 11,32 \text{ кг}$$

Табл.2.6

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Розчин винної кислоти	754,82	Розчин винної кислоти	743,5

		Втрати (домішки)	11,32
Всього	754,82	Всього	754,82

Матеріальний баланс сьомої стадії – кристалізація

Розчин винної кислоти подають на кристалізацію. Втрати на стадії складають 2%.

$$m(\text{втрат}) = (728,6 \cdot 2) / 100 = 14,6 \text{ кг}$$

Табл.2.7

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Розчин винної кислоти	728,6	Винна кислота (кристали)	714
		Втрати	14,6
Всього	728,6	Всього	728,6

Матеріальний баланс восьмої стадії – центрифугування

На цій стадії відбувається відділення маточного розчину. Втрати на стадії складуть 1%.

$$m(\text{втрат}) = (714 \cdot 1) / 100 = 7,14 \text{ кг}$$

Табл.2.8

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4

Винна кислота (кристали)	714	Винна кислота (кристали)	706,86
		Втрати (маточний розчин)	7,14
Всього	714	Всього	714

Матеріальний баланс дев'ятої стадії – сушіння

На стадії сушіння загальні втрати становитимуть 2%.

$$m (\text{втрат}) = (706,86 \cdot 2) / 100 = 14,14 \text{ кг}$$

Табл.2.9

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Винна кислота (кристали)	706,86	Готовий продукт (винна кислота)	692,72
		Втрати	14,14
Всього	706,86	Всього	706,86

Додатковий матеріальний баланс етапу пакування

На ці етапі допустимі втрати до 0,5%.

$$m (\text{втрат}) = (692,72 \cdot 0,5) / 100 = 3,5 \text{ кг}$$

Табл.2.10

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4

Готовий продукт (винна кислота)	692,72	Готовий продукт (винна кислота)	689,22
		Втрати	3,5
Всього	692,72	Всього	692,72

Зведений матеріальний баланс виробництва винної кислоти

Табл.2.11

ПРИХІД		ВИТРАТИ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Винний камінь	1000	Калій хлорид	394,3
Кальцій хлорид	293,74	Вуглекислий газ	116,44
Кальцій карбонат	264,63	Вода	47,63
Сульфатна кислоти	508,3	Винна кислота	692,72
		Кальцій сульфат	705,4
		Втрати	110,18
Всього	2066,67	Всього	2066,67

2.4. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

Основне обладнання було підібране відповідно до умов та технологією проведення кожної стадії [17-21].

Табл.2.12. Підбір основного обладнання для виробництва винної кислоти

Назва обладнання	Призначення	Кількість
Валкова дробарка	Призначена для подрібнення сировини валками, що обертаються назустріч один одному, або валками і нерухомою щогою.	1
Транспортер Норія	Призначений для вертикального транспортування сипучих матеріалів, дрібно та середньо зернистих, а також розсипом в грудочках з нижчого рівня на вищий.	1
Реактор-змішувач	Призначений для проведення різного ряду хімічних процесів, використовується для виконання технологічних процесів в рідкому середовищі, в тому числі в агресивних умовах.	2
Вакуум-фільтр	Використовується для відділення твердих частинок із суспензії та гідросуміші.	2
Сорбційний фільтр	Призначений для очищення розчину за рахунок нерухомого шару активованого вугілля.	1
Відцентровий насос	Використовується при перекачуванні рідких продуктів. Діє за допомогою відцентрових сил.	2
Шестерінчастий насос	Призначений для перекачування в'язких рідин, таких як суспензія.	3

Кристалізатор	Призначений для виділення твердих речовин під час охолодження розчинів або розплавів.	1
Вакуумна сушарка	Використовується для сушіння термочутливих матеріалів та сировини. Завдяки нижчому тиску, матеріал не зазнає руйнування через високу температуру.	1
Шнековий транспортер	Призначений для переміщення сипучих матеріалів в горизонтальному, діагональному і вертикальному напрямках. Добре транспортує і напіввологі матеріали.	2
Центрифуга	Використовується для розділення гідросумішей на тверду та рідку фази під дією відцентрових сил.	1

Конструктивний розрахунок реактора з рамною мішалкою

Метою конструктивного розрахунку реактора є визначення розмірів апарата та його конструктивних елементів, які необхідні для виконання подальшого креслення [22].

Визначаємо робочий об'єм реактора:

$$V_p = \frac{G}{\rho} = \frac{1483,4}{1817 + 1830} = 0,41 \text{ м}^3$$

де G – разове завантаження реагентів в реактор, кг;

ρ – густина реагентів, кг/м³.

$G = 1483,4$ кг

ρ (виннокислий кальцій) = 1817 кг/м³

ρ (сульфатна кислота) = 1830 кг/м³

2. Тоді номінальний об'єм реактора визначається за формулою:

$$V_H = \frac{V_p}{K_3} = \frac{0,41}{0,75} = 0,55 \text{ м}^3$$

Де K_3 – коефіцієнт заповнення. K_3 для фізичних та хімічних реакцій та процесів без піноутворюючих ефектів дорівнюватиме 0,75-0,80.

Тоді, округляємо отримане значення V_H до найближчого більшого значення відповідно до ГОСТ 6533-78 та обираємо стандартний об'єм реактора з еліптичною кришкою та днищем який буде найближчим за значенням номінального об'єму.

$$V_H = 0,55 = 0,6 \text{ м}^3 \text{ (обраний стандартний об'єм)}$$

Діаметр внутрішньої частини апарата $D = 1000$ мм.

Розраховуємо дійсний коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = \frac{V_p}{V_H} = \frac{0,41}{0,60} = 0,68$$

Визначаємо висоту рідини в реакторі за формулою:

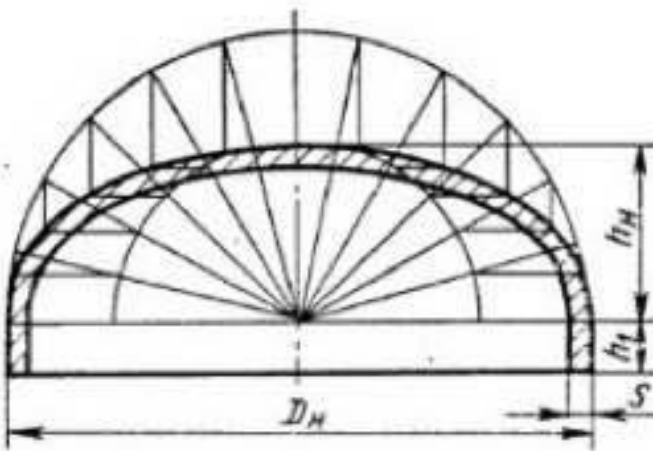
$$H_p = \frac{4(V_p - V_{дн})}{\pi D} + h_1 + h_H$$

де $V_{дн}$ – об'єм рідини в днищі, м^3 ;

h_1 – висота відбортованої частини днища, м;

h_H – висота еліптичної частини днища, м.

Рис.2.6. Розміри частин днища реактора



Значення величин знаходять відповідно ГОСТу

$$D_H = 1000 \text{ мм} \quad s = 60 \text{ мм}$$

$$V_{дн} = 0,18 \text{ м}^3 \quad h_1 = 60 \text{ мм} \quad h_H = 250 \text{ мм}$$

Висота рідини в реакторі:

$$H_p = \frac{4 \times (0,41 - 0,18)}{3,14 \times 1,0} + 0,06 + 0,25 = 0,6 \text{ м}$$

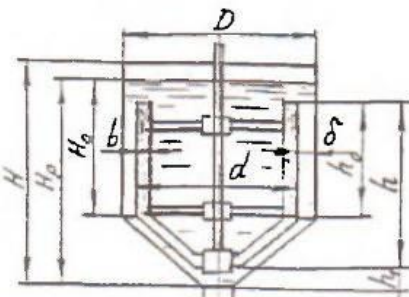
Об'єм циліндричної частини днища:

$$V_{ц} = V_p - V_{дн} = 0,41 - 0,18 = 0,23$$

Висота циліндричної частини :

$$H_{ц} = \frac{4 \times V_{ц}}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0,23}{3,14 \times 1^2} = 0,3 \text{ м}$$

Таблиця 2.13 Співвідношення розмірів для рамної мішалки [22]

4. Рамна	$\frac{H_p}{H} = 0,75 - 0,85;$ $\frac{h}{H} = 0,6;$ $\frac{b}{d} = 0,07;$ $\delta = 25 - 40.$	Для перемішування рідин в'язкістю до $20 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ в апаратах з теплообмінними сорочками $\omega = 1 - 3 \text{ м}/\text{с}$
		

Відповідно до співвідношень для апарату з рамною мішалкою розраховуємо необхідні величини.

Висота реактора:

$$H = \frac{H_p}{0,75} = \frac{0,6}{0,75} = 0,8 \text{ м}$$

Висота мішалки:

$$h = H \times 0,6 = 0,8 \times 0,6 = 0,48 \text{ м}$$

Діаметр робочого органа:

$$d_M = \frac{D}{\Gamma_D} = \frac{1}{1,1} = 0,9 \text{ м}$$

Де $\Gamma_D = 1,05 - 1,3$ – для рамної мішалки.

Ширина лопаті мішалки:

$$b = d_M \times 0,07 = 0,9 \times 0,07 = 0,063 \text{ м}$$

Відстань від лопаті до стінки реактора:

$$\delta = \frac{D - d_M}{2} = \frac{1 - 0,9}{2} = 0,05 \text{ м}$$

Енергетичний розрахунок реактора з рамною мішалкою

Для того, щоб визначити потужності реактора необхідно провести енергетичний розрахунок [22].

Частота обертів рамної мішалки буде становити 65 об/хв

Потужність електродвигуна для приводу робочого органа мішалки визначається за формулою:

$$N_{ед} = \frac{k_1 \times k_2 \times N \times N_c}{\eta}$$

Де k_1 – коефіцієнт, що враховує заповнення ємності перемішувальною рідиною;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення потужності при пуску, або підвищення опору середовища в процесі перемішування, здебільшого приймається як 1.

N – потужність, що затрачується на перемішування

N_c – потужність, що втрачається в сальниках;

η - коефіцієнт корисної дії приводу (0,85-0,9)

Розрахуємо k_1 :

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

Розраховуємо потужність, що затрачується на перемішування:

$$N = K_N \times \mu \times n^2 \times d_M^3$$

Де K_N – критерій потужності;

μ - в'язкість перемішувального середовища;

n – частота обертання робочого органа, с.

Критерій потужності для рамної мішалки при $Re_B = 10^2 - 3 \times 10^3$ має вигляд:

$$K_N = C \times Re_B^{0,77} \times \left(\frac{h}{d_M}\right)$$

Де $C = 12$ для мішалки з двома лапатами;

Re_B – відцентровий критерій Рейнольдса.

$$Re_B = \frac{n \times d_M^2 \times \rho}{\mu} = \frac{1,08 \times 0,9^2 \times 1760}{3} = 513$$

$$K_N = 12 \times 513^{0,77} \times \left(\frac{0,48}{0,9}\right) = 781,6$$

Отже, потужність що затрачується на перемішування дорівнює:

$$N = 781,6 \times 3 \times 1,08^2 \times 0,9^3 = 1994 \text{ Вт} = 2 \text{ кВт}$$

Розраховуємо потужність, що втрачається в сальниках:

$$N_C = 9,84 \times (P + 0,98 \times 10^5) \times f \times l \times n \times d_B^2 = 9,84 \times (25 \times 10^5 + 0,98 \times 10^5) \times 0,2 \times 0,16 \times 0,045^2 = 1656,6 \text{ Вт} = 1,66 \text{ кВт}$$

де $P = 25 \times 10^5$ - надмірний тиск в апараті, Н /м²;

$f = 0,2$ – коефіцієнт тертя набивки сальнику;

$l = 0,16$ – довжина набивки сальнику, м;

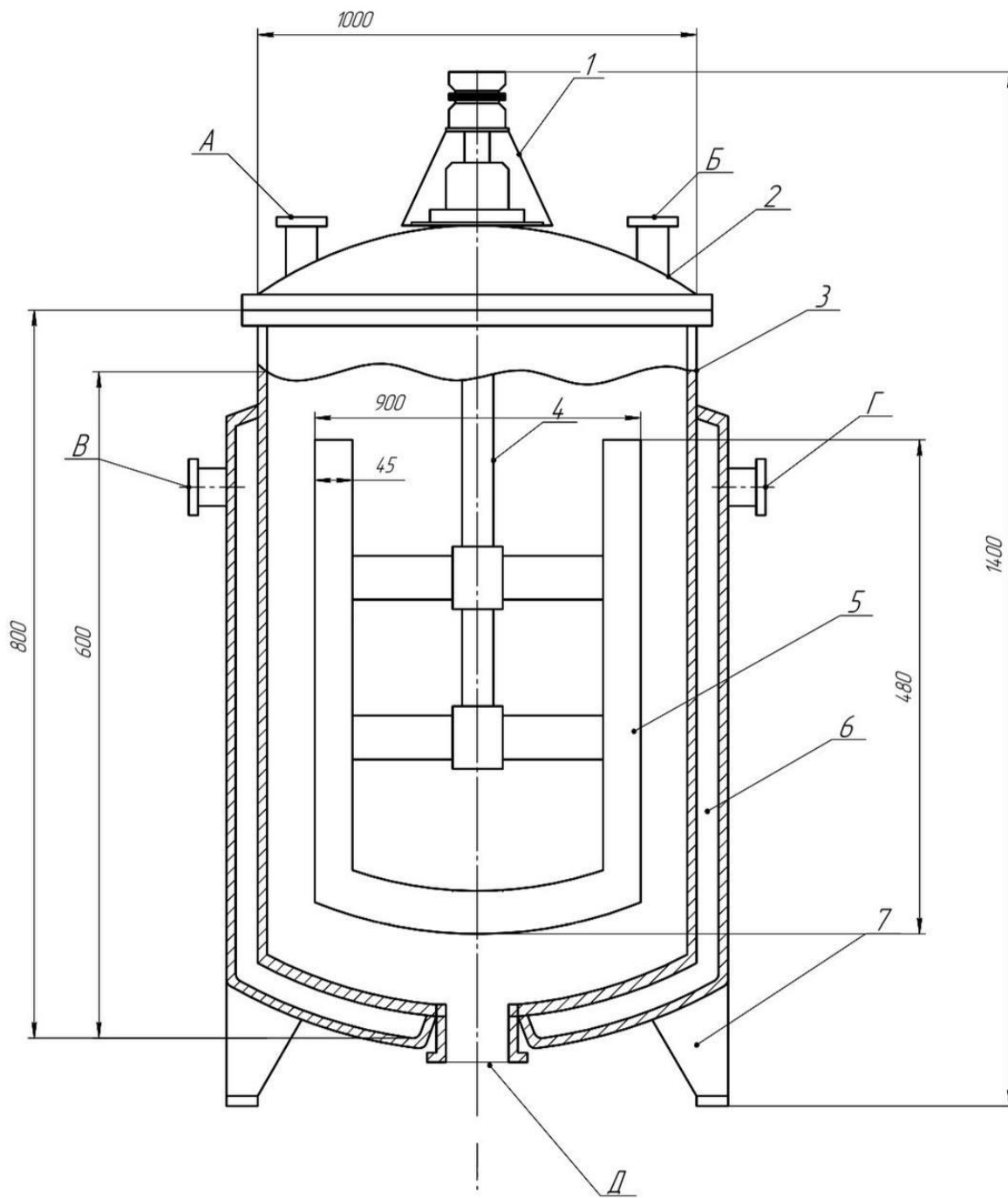
d – діаметр валу мішалки, м.

Значення діаметру валу мішалки можна розрахувати:

$$d_B = C \times d_M = 0,05 \times 0,9 = 0,045 \text{ м}$$

$$N_{ед} = \frac{0,6 \times 1 \times 2 \times 1,66}{0,9} = 2,21 \text{ кВт}$$

Схема реактор-змішувача з рамною мішалкою наведена на рисунку 2.7.



1 – електродвигун, 2 – кришка, 3 – корпус реактора, 4 – вал мішалки, 5 – рамна мішалка, 6 – теплообмінна сорочка, 7 – опори реактора;
 А – вхід реагенту 1, Б – вхід реагенту 2, В – вхід теплоносія, Г – вихід теплоносія, Д – вихід продукту.

Рис.2.7. Схема реактор-змішувача з рамною мішалкою

2.5. Опис апаратурно-технологічної схеми

Винний камінь подається на подрібнення у валкову дробарку **1**, далі через транспортер Норію **2** йде в реактор-змішувач **3**. В реактор спочатку подається вода з підготовленим винним камнем, а потім кальцій хлорид, тоді кальцій карбонат по чергову. Протягом 3,5-4 годин відбувається реакція при 90 °С, а саме утворення виннокислого кальцію. Далі реакційна суміш через шестерінчастий насос **4** йде на вакуум-фільтр **5** для очищення від маточного розчину, де міститься калій хлорид. Після цього через шестерінчастий насос **6** поступає в реактор-змішувач з рамною мішалкою **7**. Туди ж подають сульфатну кислоту і при 90 °С відбувається утворення винної кислоти. Далі речовина подається через шестерінчастий насос **8** на вакуум-фільтр **9** для фільтрування. Процес відбувається при 80 °С близько двох годин. Відфільтрований винний камінь подається на рекуперацію. Тоді речовина прямує через відцентровий насос **10** на очищення в апарат **11**. В апараті з нерухомим шаром активованого вугілля відбувається адсорбація домішок та очищення розчину винної кислоти. Очищення проходить при температурі 70°С, приблизно 2,5 години. І після цього розчин подається теплим на кристалізацію через відцентровий насос **12**. В кристалізаторі **13** утворюються кристали винної кислоти. Цей процес проходить при температурі від 70 до 15 °С і триває до 10 годин. Далі подається через шнековий транспортер **14** в центрифугу **15**. Процес центрифугування, а саме відділення маточного розчину від кристалів відбувається близько 30-40 хвилин. Фактор розділення в даній центрифуги буде складати 2500. Після цього подається через шнековий транспортер **16** на барабанну сушарку **17** для сушіння кристалів винної кислоти, при 60 °С при тиску 3 кПа. Після сушіння кристали вологістю до 0,5% готові до використання. Готова речовина йде для пакування на склад.

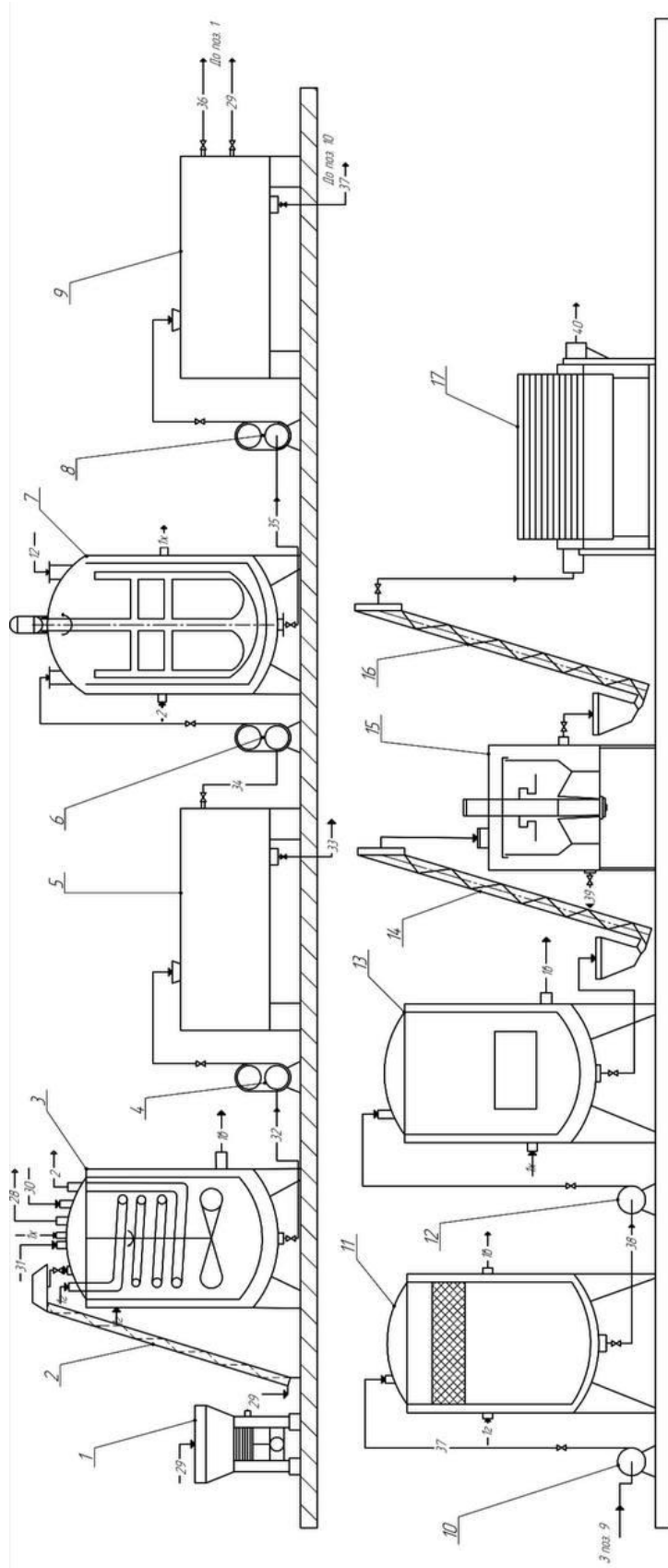


Рис.2.8. Удосконалена апаратурно-технологічна схема виробництва

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для виробництва досліджуваної речовини за обраною технологією було визначено необхідну сировину. Після розрахунку матеріального балансу визначено кількість витрат сировини на 1 тону. Розрахунок собівартості винної кислоти наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Економічний розрахунок собівартості продукту

Сировина та основні речовини	Норми витрат на 1 т, кг	Ціна сировини, грн/кг	Вартість сировини та основних матеріалів, грн
Винний камінь	1000	1000	1 000 000
Кальцій хлорид	295,21	19,2	5 668,03
Кальцій карбонат	265,96	3,35	890,97
Сульфатна кислота	510,85	80	40 868
Всього:			1 047 427

Було проведено розрахунок, з якого собівартість винної кислоти складатиме 1 047 427 грн/т. Витрати на виробництво і допоміжні матеріали становить 5% від вартості основної сировини – 52 371,35 грн.

Тобто повна собівартість готової винної кислоти складатиме 1 099 798,35 грн.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.049.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	49/62

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Контроль якості винної кислоти включає різні методи, які дозволяють забезпечити її чистоту, відповідність стандартам і відсутність шкідливих домішок. Основні методи контролю якості винної кислоти включають [23]:

1. Титриметричний аналіз:

- Ацидиметричне титрування: Визначення кислотності винної кислоти за допомогою стандартного розчину лугу (NaOH). Результати виражають у вигляді концентрації кислоти в зразку.

- Алкаліметричне титрування: Визначення залишкової кількості лугів у винній кислоті.

2. Спектрофотометрія:

- Вимірювання поглинання ультрафіолетового або видимого світла зразком для визначення його концентрації та чистоти. Спектрофотометричний аналіз дозволяє виявити наявність домішок, які можуть впливати на чистоту винної кислоти.

3. Хроматографія:

- Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ): Використовується для визначення чистоти винної кислоти та виявлення домішок. ВЕРХ дозволяє розділяти компоненти зразка і визначати їх концентрацію.

- Газова хроматографія (ГХ): Виявлення летких домішок у винній кислоті.

4. Спектроскопія:

- ІЧ-спектроскопія (Інфрачервона спектроскопія): Використовується для визначення функціональних груп у молекулі винної кислоти, що допомагає

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.050.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	50/62

підтвердити її структуру та чистоту.

- ЯМР-спектроскопія (Ядерний магнітний резонанс): Дає можливість вивчати молекулярну структуру і виявляти домішки на основі магнітних властивостей атомів у молекулі винної кислоти.

5. Термогравіметричний аналіз (ТГА):

- Визначення стабільності винної кислоти при нагріванні і її термічного розкладання. ТГА дозволяє оцінити чистоту зразка, оскільки домішки можуть мати інші температури розкладання.

6. Рентгенофазовий аналіз (РФА):

- Визначення кристалічної структури винної кислоти. РФА допомагає встановити поліморфні форми винної кислоти, що може впливати на її фізико-хімічні властивості.

7. Методи електрохімічного аналізу:

- Вимірювання електропровідності або потенціалу для визначення концентрації та чистоти винної кислоти.

Ці методи можуть використовуватись окремо або в комбінації, що дозволяє досягти високого рівня точності та надійності в контролі якості винної кислоти.

Процес контролю якості продукції [24]

Приймання сировини для виробництва

- Перевірка показників сировини;
- Відбір проб зразків з кожної партії, випробування та перевірка відповідності фізико-хімічних властивостей, безпеки продукції, яку закупають по встановленим вимогам;
- Перевірка безпеки (відсутність пошкоджень під час транспортування, збереження упаковки);

- Кількісна перевірка (зважування, перерахунок кількості місць, комплектність поставки);
- Встановлені методи та порядок вхідного контролю регламентуються робочими інструкціями. Вся інформація записується в формах контролю.

Упаковка, маркування, оформлення (бракераж, дефект)

- Оформлення, упаковка та транспортування продукції проводиться відповідно встановленим вимогам;
- Упаковка та маркування готової продукції є невід'ємною частиною виробничого процесу та виконується відповідно до технічних вимог до них, з подальшим контролем виконання;
- У разі виникнення дефектів в процесі виробництва продукції (на заводі або складі готової продукції) з'ясовуються причини дефектів, робляться нові аналізи та оформляється протокол невідповідності.

Допоміжні матеріали, закупівля матеріалів, ідентифікація

- Компанія оцінює постачальників та купує тільки у тих, хто може задовольнити вимоги до рівня якості та безпеки. Показники якості постачальників перевірені та оцінені. Документи на закупівлю чітко та повністю описують замовлену продукцію, включаючи вимоги до характеристик якості та безпеки. Закуплена продукція перевіряється перед використанням;
- Оцінка постачальників проводиться підрозділами, відповідальними за закупівлю продукції (сировини, енергетичних ресурсів, товарно-матеріальних цінностей) та послуг (технічне обслуговування обладнання,

окремих видів випробувань, метрологічного забезпечення, будівельних робіт) за критеріями, встановленими для оцінки та вибору постачальників;

- Вибір проб зразків, випробування, перевірка відповідності фізико-хімічних властивостей та безпеки закупленої продукції встановленим вимогам;
- Перевірка безпеки (відсутність пошкоджень під час транспортування, збереження упаковки);
- Кількісна перевірка (зважування, перерахунок кількості місць, комплектність поставки);
- Сировина і продукція ідентифікується на предмет відповідності встановленим вимогам, викладеної в нормативній документації;
- Ідентифікація товарно-матеріальних цінностей здійснюється в процесі приймання, зберігання, експлуатації та утилізації;
- Ідентифікація сировини здійснюється в процесі приймання та його зберігання, а продукції в процесі приймання, процесі виробництва, остаточного приймання, зберігання та відвантаження.

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

Екологічні заходи на хімічному виробництві є важливою складовою для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основні напрями таких заходів включають [25;26].

1. Зменшення викидів забруднюючих речовин:

- Впровадження фільтраційних систем. Використання сучасних фільтрів для очищення викидів в атмосферу.

- Каталітичні реактори. Застосування каталітичних перетворювачів для зниження викидів оксидів азоту та інших токсичних речовин.

2. Очищення стічних вод:

- Біологічні та хімічні методи очищення. Використання біофільтрів, аеротенків та хімічних коагулянтів для очищення промислових стоків.

- Рециклінг води. Запровадження систем повторного використання води після її очищення.

3. Зменшення твердих відходів:

- Рециклінг відходів. Переробка відходів виробництва для повторного використання в технологічному процесі.

- Безвідходні технології. Розробка та впровадження виробничих процесів, які мінімізують утворення відходів.

4. Енергоефективність:

- Використання енергоефективних технологій. Встановлення сучасного обладнання з високим коефіцієнтом корисної дії.

- Відновлювані джерела енергії. Інтеграція сонячних, вітрових та інших

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.054.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	54/62

відновлюваних джерел енергії у виробничий процес.

5. Моніторинг і контроль:

- Автоматизовані системи контролю. Встановлення систем для постійного моніторингу викидів і стоків у реальному часі.

- Аудит і сертифікація. Регулярні екологічні аудити та сертифікація за міжнародними стандартами, такими як ISO 14001.

6. Освіта і підготовка персоналу:

- Навчання. Регулярні тренінги для працівників щодо екологічної безпеки та найкращих практик.

- Пропаганда екологічної культури. Створення програми з підвищення екологічної свідомості серед працівників.

Ці заходи допомагають не лише зменшити вплив хімічного виробництва на довкілля, але й підвищити ефективність виробничих процесів та покращити імідж компаній на ринку.

5.2. Охорона праці на виробництві

Основними небезпечними й шкідливими виробничими факторами при роботі на даному виробництві є [6;27]:

- Вплив механізмів, які рухаються і обертаються.
- Виробниче освітлення.
- Виробничий шум і вібрації.
- Повітря робочої зони.

1. Заходи зниження шкідливого впливу механізмів, які рухаються

До механізмів, які рухаються відносять: вали насосів, вали і рухомі частини дробарок, барабанні вакуум фільтри та інше схоже обладнання. Ці механізми являються небезпечними, так як можуть нанести травми людині, яка з ними працює.

Вузли, які несуть небезпеку, повинні бути закриті захисним кожухом, який передбачає уникнення негативного впливу рухомих частин механізмів. Також має бути передбачений аварійний рубильник для миттєвої зупинки всього обладнання. Рубильник, зазвичай, знаходиться в кабіні оператора і використовується в надзвичайних ситуаціях.

2. Виробниче освітлення

Штучне освітлення на підприємстві поділяється на загальне, місцеве і комбіноване. На лінії виробництва має бути передбачено аварійне, робоче, ремонтне та евакуаційне освітлення. На всіх ділянках виробництва використовується штучне освітлення.

Мінімальна нормальна освітленість приміщень має становити $E_n = 200$ лк. Для освітлення приміщень застосовуються лампи ДР Л250 потужністю 250 Вт і напругою 220 В, що відповідають вимогам ДБН 2.5.28 - 2006.

3. Зниження шуму і вібрацій.

У закритих приміщеннях, де працює обладнання, створюється певний рівень шуму. Основними джерелами шуму є: шум від валкової дробарки, шум від валів що обертаються, шум вентиляторів та іншого обладнання в яких гучність роботи досягає 90 дБА.

Згідно норм ДСН 3.3.6.037-99 шум при роботі обладнання, не повинен перевищувати 80 дБА, тому мають бути вжиті заходи по зниженню рівня шуму.

Заходи по зниженню шуму механічного походження:

- ✓ шумопоглинання - використовують облицювальний матеріал з перфорованою поверхнею;
- ✓ покриття та плити;
- ✓ звукоізоляція ;
- ✓ регулярно оновлювати рівень мастил у вузлах підшипників.

4. Повітря робочої зони.

Для комфортної та нешкідливої роботи на виробництві мають бути забезпечені відповідні умови для повітря. Для нормалізації повітря робочої зони передбачені такі заходи як:

- ✓ герметизація обладнання;
- ✓ теплоізоляція обладнання, температура зовнішніх стінок якого перевищують нормально температуру;
- ✓ вентиляція приміщення;
- ✓ в робочій зоні операторів – кондиціонування повітря.

В цеху підтримуються такі показники повітря, згідно з вимогами: температура – $t = 20 - 23^{\circ}\text{C}$. Вологість $\omega = 40-60\%$; переміщення повітря $v - 2\text{м/с}$ за ДСНЗ.3.6.042-99.

ВИСНОВКИ

1) У першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто загальні відомості про винну кислоту, її застосування в різних сферах промисловості, фізико-хімічні властивості та різні методи отримання.

2) У технологічній частині надано характеристику вихідної сировини, описано технологію виробництва харчової добавки, підібрано основне технологічне обладнання.

3) Розраховано матеріальний баланс по стадіях та розраховано основний апарат.

4) Складено принципово-технологічну, апаратурно-технологічну схеми та схему основного апарату на аркуші А1.

5) Розраховано економічну частину виробництва винної кислоти. Повна собівартість готової винної кислоти складатиме 1 099 798,35 грн.

6) Зазначено методи аналізу готового продукту та описано процес контролю якості харчової добавки

7) Описано охорону праці та заходи безпеки на виробництві винної кислоти, а також наведено заходи збереження навколишнього середовища на даному виробництві.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.058.КР.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Носенко Т.Т.	ВИСНОВКИ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	58/62

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сивак Т.П., Кушнірук Н.В.. ОРГАНІЧНІ КИСЛОТИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ. Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій. Тернопіль. 2014. С. 291
2. Шульга С.І. Органічна хімія. Практикум: Навч. Посіб. Київ. НУХТ, 2007. С.384.
3. Винна кислота [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3499/kislota-vinna> (дата звернення 20.02.2024)
4. Властивості та застосування добавки Е334 [Електронний ресурс] – Режим доступу ресурсу: <https://www.systopt.com.ua/item-vynna-kyslota-2> (дата звернення 22.02.2024)
5. Г.О.Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. Основи екології: Підручник. К. 2004. С 408.
6. Сукманов, В. О., Зав'ялов, В. Л., Маринін, А. І.. Дослідження процесу екстрагування виннокислих сполук із виноградних вичавок субкритичною водою. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, (23, № 5 (2)). 2017. С. 63-74.
7. Зазимко В.О.. *Удосконалення перемішуючого пристрою реактора отримання винної кислоти* (Master's thesis, КПІ ім. Ігоря Сікорського). 2021.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Фесич І.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Красовська А.Р.	Назва, додаткова назва СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.059.КР.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				16.04.2024	ua	59/62

8. Kontogiannopoulos, K. N., Patsios, S. I., Mitrouli, S. T., Karabelas, A. J.. Tartaric acid and polyphenols recovery from winery waste lees using membrane separation processes. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 92(12). 2017. P. 2934-2943.
9. Xuan, J., & Feng, Y.. Enantiomeric tartaric acid production using cis-epoxysuccinate hydrolase: history and perspectives. *Molecules*, 24(5). 2019. P. 903.
10. Застосування винного каменю [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://publish.com.ua/nashi-dni/vinnij-kamin-shcho-tse-take-zastosuvannya-i-osoblivosti.html> (дата звернення 03.03.2024)
11. Кальцій хлорид [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/7074/kalciyu-xlorid>
12. Кальцій карбонат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3419/kalcij-karbonat> (дата звернення 05.03.2024)
13. Сульфатна кислота [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3528/kislota-sulfatna> (дата звернення 10.03.2024)
14. Метод отримання винної кислоти з винного каменю [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.str-filling.com.ua/uk/poluchenie-vinnokislotnogo-syrja-iz-vyzhimki/> (дата звернення 15.03.2024)
15. Красовська А.Р. «Технологія отримання винної кислоти Е334». Курсовий проєкт. НУХТ. 2024.
16. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання: уклад. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький - К.: НУХТ, 2015. –21с

17. Валкова дробарка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://khimmix.ua/ua/izmelchiteli/volkovaya-drobilka> (10.04.2024)
18. Малежик І.Ф., Циганков П.С.. Процеси та апарати харчових виробництв. Київ. 2003. С. 400.
19. Вакуум-фільтр [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://vue.gov.ua/%D0%92%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%83%D0%BC-%D1%84%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80> (дата звернення 16.04.2024)
20. Реактор-змішувач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://khimmix.ua/ua/smesiteli-dlya-zhidkостей/mixer-250l-for-the-production-of-antiseptics> (дата звернення 17.04.2024)
21. С. Й. Ткаченко., О.Ю. Співак Сушильні процеси та установки. О. Ю. Вінниця ВНТУ. 2000. С. 86
22. Мирончук В. Г., Орлов П. О., Українець А. І., Пушанко М. М., Гуцалюк В. М., Яровий В. Л., Заєць Ю. О., Даценко М. М., Заплетников І. М. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник. Нова книга. Вінниця. 2004. С 288
23. Т. А. Пальчевська, А. П. Строкань, Г. В. Тарасенко та ін. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу : навч. посіб. Київ КНУТД. 2013. С. 237
24. Ольховецька, Х. Комп'ютеризована система контролю якості процесу ферментації винних продуктів. Матеріали ІХ науково-технічної конференції: Інформаційні моделі, системи та технології. 2021. С. 123-123.
25. Бардов, В. Г., Омельчук, С. Т., Мережкіна, Н. В., Алексійчук, В. Д., Анісімов, Є. М., Антоненко, А. М., Шевченко, О. А.. Гігієна та екологія. 2020.

26. Запольський, Анатолій Кирилович, Анатолій Іванович Салюк. Основи екології. 2004.

27. Купчик, М. П., Гандзюк, М. П., Степанець, І. Ф., Вендичанський, В. Н., Литвиненко, А. М., Іваненко, О. В. Основи охорони праці. 2000.