

**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)
« ___ » лютого 2025 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
Тамара НОСЕНКО

(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« ___ » лютого 2025 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: Технологія отримання пропіонату кальцію

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЗХТ-5-1

Цільвік Ірина Олегівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

Консультанти _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Тетяна ПЕТРЕНКО
(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 – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія, освітня програма

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Цільвік Ірина Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологія отримання пропіонату кальцію

керівник проекту (роботи) Романова Олеся Олександрівна, к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 29 » листопада 2024 року № 984-КС

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 11.02.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) отримання пропіонату кальцію продуктивністю 1000 кг/добу

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

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

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 проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____ 29 листопада 2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	29.11.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	30.11.2024-15. 12.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16. 12.2024-12. 01.2025	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	13. 01.2025-19. 01.2025	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	20. 01.2025-26. 01.2025	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20.01.2025-27.01.2025	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	28.01.2025-02.02.2025	
8	ВИСНОВКИ	03.02.2025-05. 02.2025	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	06. 02.2025-09. 02.2025	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13. 01.2025-19. 01.2025	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20. 01.2025-27. 01.2025	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	10.02.2025-14.02.2025	

Здобувач

_____ (підпис)

Ірина ЦІЛЬВІК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олеся РОМАНОВА

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Цільвік І.О. технологія отримання пропіонату кальцію

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 61 С., 6 РИС., 23 ТАБЛ., 16 ДЖЕРЕЛ.

Темою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення технології отримання пропіонату кальцію продуктивністю 1000 кг/добу.

Обґрунтовано вибір оптимальної технології отримання пропіонату кальцію та розглянуто шляхи її удосконалення.

Описано принципову технологічну схему виробництва пропіонату кальцію, що складається з кількох основних етапів, кожен з яких забезпечує послідовне перетворення вихідної сировини в готовий продукт із заданими властивостями.

Здійснено розрахунок матеріального балансу виробництва пропіонату кальцію, який демонструє високу ефективність використання сировини з мінімальними втратами. Наведена характеристика основного технологічного обладнання.

Описано апаратурно-технологічну схему, яка складається з наступних основних елементів: реактор, змішувач, насос, фільтр, сушарка та система пакування.

Розраховано техніко-економічну ефективність технології виробництва пропіонату кальцію. Запропоновано заходи з організації контролю якості пропіонату кальцію відповідно до нормативних документів.

Запропоновані заходи з охорони праці на виробництві пропіонату кальцію та заходи з охорони довкілля та обґрунтовано екологічну безпеку запропонованої технології.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОПІОНАТ КАЛЬЦІЮ, ПРОПІОНОВА КИСЛОТА, ГІДРОКСИД КАЛЬЦІЮ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, КОНСЕРВАНТИ, ХАРЧОВІ ДОБАВКИ.

ABSTRACT

Tsilvik I.O. technology for obtaining calcium propionate

EXPLANATORY NOTE: 61 P., 6 FIG., 23 TABLES, 16 SOURCES.

The topic of the bachelor's qualification work is the improvement of the technology for obtaining calcium propionate with a productivity of 1000 kg/day.

The choice of the optimal technology for obtaining calcium propionate is justified and ways of its improvement are considered.

The basic technological scheme for the production of calcium propionate is described, consisting of several main stages, each of which ensures the sequential transformation of the starting raw material into a finished product with specified properties.

The material balance of the production of calcium propionate is calculated, which demonstrates high efficiency of raw material use with minimal losses. The characteristics of the main technological equipment are given.

The apparatus and technological scheme is described, consisting of the following main elements: reactor, mixer, pump, filter, dryer and packaging system.

The technical and economic efficiency of the calcium propionate production technology has been calculated. Measures for organizing quality control of calcium propionate in accordance with regulatory documents have been proposed.

Measures for labor protection in the production of calcium propionate and environmental protection measures have been proposed and the ecological safety of the proposed technology has been substantiated.

KEYWORDS: CALCIUM PROPIONATE, PROPIONIC ACID, CALCIUM HYDROXIDE, QUALITY CONTROL, PRESERVATIVES, FOOD ADDITIVES.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Властивості пропіонату кальцію.....	9
1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище	10
1.3 Галузі використання пропіонату кальцію	12
1.4 Стан сировинної бази.....	13
1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва пропіонату кальцію.....	16
1.6 Шляхи удосконалення технології отримання пропіонату кальцію.....	19
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	21
2.2 Принципова технологічна схема.....	24
2.3 Матеріальний розрахунок.....	27
2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання	32
2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	40
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	43
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	49
РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	52
5.1 Охорона праці на підприємстві.....	52
5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві	55
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	61

<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> Цільвік І.О.	ЗМІСТ	<i>Назва, додаткова назва</i> ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.006.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.11.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/62

ВСТУП

Сучасні умови життя диктують необхідність застосування під час консервації продуктів цілої низки хімічних сполук, здатних ефективно запобігати розвитку мікробіальної флори – головним чином бактерій, плісняви, дріжджів. Хімічні консерванти мають забезпечити тривале зберігання продукту, не чинячи будь-якого негативного впливу на його органолептичні властивості, харчову цінність і здоров'я споживача. Історія застосування харчових добавок налічує кілька тисячоліть (перець, гвоздика, мускатний горіх, кориця, мед, оцтова кислота, кухонна сіль тощо). Однак тільки у ХХ ст., особливо в його другій половині, їм стали приділяти пильнішу увагу і вони посіли стійке становище в харчовій промисловості як найважливіші харчові мікроінгредієнти. Вживання в їжу продуктів, що містять мікроорганізми, небезпечно для здоров'я, а в деяких випадках і для життя людини. Консервативи запобігають як розвитку самих мікроорганізмів, так і продукуванню ними токсинів. Таким чином, набагато більшу небезпеку для здоров'я споживача становить відсутність консервантів, ніж розумне їх використання.

Отже, актуальність роботи зумовлена зростаючим попитом на безпечні та ефективні консерванти у харчовій промисловості. Пропіонат кальцію є одним з найбільш перспективних консервантів завдяки його здатності пригнічувати ріст пліснявих грибів та деяких бактерій, що дозволяє подовжити термін зберігання харчових продуктів.

Мета роботи – розробка технології виробництва пропіонату кальцію з продуктивністю 1000 кг/добу.

Завдання роботи включають:

- 1) Аналіз існуючих методів виробництва пропіонату кальцію.
- 2) Вибір та обґрунтування оптимальної технології виробництва.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Цільвік І.О.	Назва, додаткова назва ВСТУП	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 7/62

- 3) Розробку технологічної схеми процесу.
- 4) Розрахунок матеріального балансу виробництва.
- 5) Вибір та обґрунтування основного обладнання.
- б) Аналіз екологічних аспектів виробництва та заходів з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологія виготовлення пропіонату кальцію

Предмет дослідження – пропіонат кальцію.

Основною галуззю використання пропіонату кальцію є харчова промисловість, зокрема виробництво хлібобулочних, кондитерських виробів та сирів.

Перспективи розширення використання пропіонату кальцію пов'язані з зростаючим попитом на натуральні консерванти та підвищенням вимог до безпечності харчових продуктів. Очікується збільшення застосування у виробництві функціональних продуктів харчування та органічної продукції.

Світові тенденції розвитку галузі виробництва харчових добавок спрямовані на розробку більш екологічних та енергоефективних технологій, а також на підвищення чистоти та якості кінцевого продукту.

Апробація отриманих результатів планується шляхом представлення проєкту на студентській науковій конференції та подальшої публікації тез доповіді.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

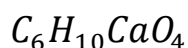
1.1 Властивості пропіонату кальцію

Пропіонат кальцію являє собою кальцієву сіль пропіонової кислоти. Хімічна назва – кальцій пропіоновокислий.

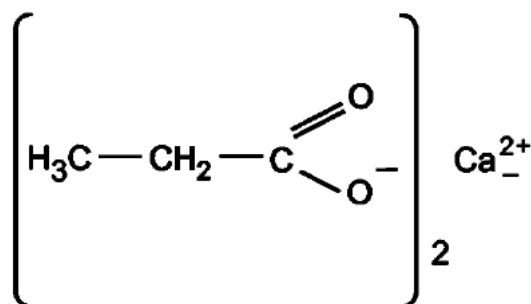
Пропіонат кальцію є харчовим консервантом, який широко використовується в харчовій промисловості для запобігання розвитку цвілі та грибків у продуктах харчування, особливо у хлібобулочних виробках. Його основними перевагами є висока ефективність при низьких концентраціях, відсутність негативного впливу на органолептичні властивості продукції та безпечність для здоров'я людини при правильному застосуванні.

Пропіонат кальцію діє як антимікробний агент, запобігаючи розмноженню мікроорганізмів, завдяки чому збільшується термін придатності продуктів без зміни їх смакових якостей. Для вибору оптимального способу виробництва пропіонату кальцію необхідно враховувати декілька факторів, таких як економічна доцільність, доступність сировини, енерговитрати, екологічність процесу та технологічні особливості виробництва.

Емпірична формула:



Структурна формула:



Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Цільвік І.О.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.009.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 9/62

Молекулярна маса – 186,22 а. о. м.

Пропіонат кальцію добре розчинний у воді, розчинний у зтиловому спирті.

За органолептичними показниками пропіонат кальцію повинен відповідати вимогам, що зазначені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Органолептичні показники

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Білі кристали, порошок або гранули
Запах	Слабкий запах припіонової кислоти

За фізико-хімічними показниками пропіонат кальцію має відповідати вимогам, що зазначені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Фізико-хімічні показники

Найменування показника	Характеристика
Тест на кальцій-іон	Витримує випробування
Тест на пропіонат-іон	Витримує випробування
Тест на лужну реакцію зольного залишку	Витримує випробування
Масова частка основної речовини у висушеному пропіонаті кальцію, %, не менше	99,0
Масова частка втрат при висушуванні, %, не більше	4,0
pH водного розчину з масовою часткою пропіонату кальцію 10 %, од. pH	від 7,5 до 10,5 включно
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,3
Масова (вміст) частка фторидів, млн-1 (мг/кг), не більше	30
Тест на вміст заліза, млн-1 (мг/кг), не більше	50

1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище

Для початку розглянемо економічність виробництва пропіонату кальцію, яка залежить від кількох ключових факторів, наведених в табл. 1.3.

Економічність виробництва пропіонату кальцію

№ з/п	Фактори	Особливості та характеристика факторів
1	Вартість сировини	Пропіонова кислота та гідроксид кальцію є основними компонентами. Вартість цих сировинних матеріалів впливає на загальні витрати виробництва
2	Енерговитрати	Виробництво пропіонату кальцію потребує значних енергетичних ресурсів для проведення хімічних реакцій, очищення та сушки продукту. Оптимізація енерговитрат може знизити загальні витрати
3	Продуктивність обладнання	Використання сучасного та ефективного обладнання дозволяє збільшити продуктивність та знизити витрати на одиницю продукції
4	Трудові витрати	Витрати на оплату праці робітників, які беруть участь у виробничому процесі, також впливають на економічність виробництва. Оптимізація чисельності персоналу та автоматизація процесів можуть знизити ці витрати
5	Ринковий попит	Попит на пропіонат кальцію на ринку впливає на його ціну та обсяги виробництва. Високий попит дозволяє збільшити обсяги виробництва та знизити витрати на одиницю продукції
6	Конкуренція	Конкуренція на ринку пропіонату кальцію може впливати на цінову політику та прибутковість виробництва. Важливо враховувати конкурентні переваги та розробляти стратегії для збереження конкурентоспроможності
7	Економія масштабу	Збільшення обсягів виробництва дозволяє знизити витрати на одиницю продукції за рахунок економії масштабу

Саме ці фактори, на нашу думку, визначають економічність виробництва пропіонату кальцію та впливають на його рентабельність та конкурентоспроможність на ринку.

Одним зі шкідливих впливів консерванту на людину вважається невиводимість його з організму, оскільки кальцію пропіонат не засвоюється, а залишається в людських органах і тканинах роками, продовжуючи при цьому накопичуватися.

Одним із симптомів шкідливого впливу пропіонату кальцію можуть бути головні болі. Особливо рекомендується уникати вживання пропіонату кальцію людям із гіпертонією.

Канцерогенна дія на людину не вивчена, не виключено, що пропіонат

кальцію сприяє розвитку пухлинних захворювань.

Інд. змін.

Дата видання

Мова

Аркуш

Таким чином, пропіонат кальцію – досить небезпечна харчова добавка. За санітарними нормами, пропіонат кальцію – це консервант, який належить до прийнятних для використання в продуктах харчування. Через малу кількість досліджень кальцію пропіонат заборонений до використання в декількох країнах. До кінця ще невідомі всі можливі впливи пропіонату кальцію на організм людини. Однак відомо, що вона має тенденцію до накопичення в людському організмі. Тому від продуктів харчування, що містять кальцію пропіонат, слід за можливості відмовитися.

1.3 Галузі використання пропіонату кальцію

Кальцію пропіонат масово застосовують у харчовій промисловості. Цей консервувальний засіб збільшує терміни зберігання їжі, пом'якшує вже готові продукти, перешкоджає утворенню в них бактерій, плісняви та грибків.

Пропіонат кальцію додають до складу таких продуктів: хлібні, борошняні та кондитерські вироби; оцти, виноградні вина, соєві соуси; м'ясні фарші та продукти з них; консервація на зиму; сирні продукти. Крім цього, використовують при виготовленні різних винних виробів, щоб уникнути старіння напоїв.

Ця речовина є незабороненим консервантом для використання в харчовій промисловості України. Перелік дозволених продуктів для використання консерванту:

- плавлений сир і вироби з нього (максимальна кількість пропіонату кальцію дорівнює 3 г на 1 кг виготовленого продукту, можливе додавання в комбінації з пропіоновою і сорбіновою кислотами або їхніми солями);
- пшеничний хліб у нарізному та розфасованому вигляді;
- житній хліб збільшеного терміну зберігання (максимально 3 г на 1 кг виготовленого продукту);

– хліб низької калорійності, здоба та кондитерські борошняні продукти (не більш як 2 г консерванту на 1 кг готового продукту);

– пшеничний хліб в пакуванні великого терміну зберігання, паски пасхальні та різдвяні (максимально 1 г на 1 кг виготовленого продукту);

– сир і сирні продукти (для зовнішньої обробки готових виробів використовують у кількості, яка відповідає технічній інструкції, одним компонентом або поєднуючи з іншими пропіонатами з переведенням у кислоту).

Також пропіонат кальцію використовують у косметичних засобах та очних краплях. Максимальну кількість 2 % необхідно рахувати у вигляді пропіонової кислоти.

1.4 Стан сировинної бази

Сировинна база для виробництва пропіонату кальцію включає кілька основних компонентів, таких як пропіонова кислота та гідроксид кальцію. Наведемо основні аспекти, які впливають на стан сировинної бази (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Сировинна база для виробництва пропіонату кальцію

№ з/п	Фактори	Особливості та характеристика факторів
1	2	3
1	Джерела сировини	Пропіонова кислота: Виробляється шляхом хімічного синтезу або біотехнологічних процесів, таких як ферментація. Основними джерелами є нафтохімічні підприємства та біотехнологічні заводи
		Гідроксид кальцію: Отримується з вапняку або вапна, які є широко доступними мінеральними ресурсами
2	Якість сировини	Важливо забезпечити високу чистоту пропіонової кислоти та гідроксиду кальцію для отримання якісного кінцевого продукту
		Контроль якості сировини на всіх етапах виробництва є ключовим для забезпечення стабільності та безпеки продукту
3	Доступність та постачання	Стабільність постачання сировини залежить від надійності постачальників та умов ринку
		Важливо мати кілька постачальників для зменшення ризиків перебоїв у постачанні

1	2	3
4	Екологічні аспекти	Виробництво сировини повинно відповідати екологічним стандартам та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище
		Використання відновлюваних джерел сировини може сприяти зменшенню екологічного навантаження
5	Економічні аспекти	Вартість сировини впливає на загальну економічну ефективність виробництва пропіонату кальцію
		Оптимізація витрат на сировину може підвищити конкурентоспроможність продукту на ринку

Ці фактори визначають стан сировинної бази для виробництва пропіонату кальцію та впливають на його якість, доступність та економічну ефективність.

Для виробництва пропіонату кальцію використовують таку сировину:

- кислоту пропіонову масовою часткою основної речовини не менше 99,5%;
- кальцію хлорид масовою часткою основної речовини не менше 97%;
- кальцію гідроокис;
- кальцію оксид за ГОСТ 8677.

Допускається застосування аналогічної сировини, яка забезпечує одержання пропіонату кальцію згідно з вимогами цього стандарту і дозволена до застосування в харчовій промисловості.

Сучасні методи отримання пропіонату кальцію можна умовно поділити на два основних підходи:

- хімічний синтез;
- біотехнологічний метод.

Хімічний синтез пропіонату кальцію передбачає взаємодію пропіонової кислоти з гідроксидом або карбонатом кальцію. Цей спосіб має переваги завдяки простоті процесу та можливості використання доступної сировини, що знижує собівартість кінцевого продукту. Процес синтезу здійснюється шляхом нейтралізації пропіонової кислоти кальцієвими сполуками, внаслідок чого утворюється пропіонат кальцію та вода як побічний продукт. Цей метод дозволяє отримувати високоякісний продукт із мінімальними відходами. Крім того, процес не вимагає складного обладнання, що є додатковою перевагою для його

впровадження на малих і середніх підприємствах. Цей процес передбачає виділення вуглекислого газу як побічного продукту, що потребує встановлення додаткових фільтраційних систем для очищення вихідних газів.

Біотехнологічний метод отримання пропіонату кальцію передбачає використання мікроорганізмів (наприклад, бактерій роду *Propionibacterium*) для ферментації вуглеводів, внаслідок чого утворюється пропіонова кислота, яка потім нейтралізується кальцієвими сполуками. Цей спосіб є більш екологічним та не потребує застосування хімічних реагентів, однак вимагає складного технологічного обладнання для підтримання стерильності процесу, контролю умов ферментації та виділення кінцевого продукту. Крім того, біотехнологічний метод є більш енерговитратним та потребує великих капіталовкладень у встановлення біореакторів.

Під час вибору методу виробництва пропіонату кальцію для підприємства, продуктивність якого складає 1000 кг/добу, доцільно обрати хімічний синтез з використанням гідроксиду кальцію як основної сировини. Цей метод є більш економічно вигідним, оскільки забезпечує високу вихідність продукту при мінімальних витратах на сировину та енергоресурси. Крім того, він не потребує складного обладнання, що дозволяє знизити початкові витрати на впровадження виробництва та забезпечити стабільний процес з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Отже, вибір способу виробництва пропіонату кальцію базується на принципах економічної ефективності, доступності сировини та технологічній простоті процесу. Хімічний синтез з використанням гідроксиду кальцію є найбільш доцільним для підприємства з продуктивністю 1000 кг/добу, оскільки він дозволяє досягти високої якості кінцевого продукту при низьких витратах та забезпечує надійність технологічного процесу.

1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва пропіонату кальцію

Аналіз існуючих технологій виробництва пропіонату кальцію передбачає вивчення різних методів, які застосовуються у промисловості для отримання цієї сполуки. Вибір технології виробництва залежить від багатьох факторів, таких як вартість сировини, енергоефективність процесу, технологічна складність, екологічний вплив та якість кінцевого продукту. Сучасні методи виробництва пропіонату кальцію можна умовно поділити на два основних напрямки: хімічні та біотехнологічні методи. Кожен із них має свої особливості та переваги, що визначають доцільність їх застосування в конкретних умовах виробництва.

Важливим критерієм вибору технології є також екологічний вплив виробництва. Хімічні методи, хоча і є економічно вигідними, можуть створювати шкідливі викиди у навколишнє середовище. Наприклад, при використанні карбонату кальцію як нейтралізуючого агента утворюється вуглекислий газ, що потребує додаткових витрат на його утилізацію або використання. У той же час біотехнологічні методи дозволяють зменшити кількість шкідливих викидів, оскільки вони базуються на використанні природних процесів ферментації. Проте вони створюють інші проблеми, пов'язані з утилізацією залишків живильних середовищ та очищенням продукту від побічних речовин. Таким чином, екологічний аспект є важливим фактором при виборі методу виробництва пропіонату кальцію, оскільки він впливає не лише на безпеку виробництва, але й на загальні витрати підприємства. Наприклад, пропіонова кислота, отримана біотехнологічним шляхом, може бути додатково очищена хімічними методами, що дозволяє підвищити чистоту кінцевого продукту та забезпечити його відповідність високим стандартам якості. Комбіновані методи можуть включати використання ферментації на першому етапі для синтезу пропіонової кислоти з подальшою хімічною нейтралізацією отриманого розчину кальцієвими сполуками. Такий підхід дозволяє зменшити витрати на сировину та енергію, одночасно знижуючи шкідливий вплив на навколишнє середовище, що робить

комбіновані технології привабливими для сучасних виробництв, орієнтованих на екологічну стабільність.

Вибір конкретної технології виробництва пропіонату кальцію залежить від низки факторів, таких як обсяг виробництва, вимоги до якості продукту, екологічні обмеження, доступність сировини та фінансові можливості підприємства. Для великих підприємств, орієнтованих на масове виробництво, хімічний метод є найбільш доцільним, оскільки він забезпечує високу продуктивність при низьких затратах. Для невеликих або екологічно орієнтованих компаній біотехнологічний метод може бути кращим вибором, незважаючи на його високу вартість та складність.

У ході аналізу існуючих технологій виробництва пропіонату кальцію можна зробити висновок, що кожен із методів має свої переваги та недоліки, які потрібно враховувати при виборі оптимальної технології для конкретного підприємства. Хімічний синтез забезпечує високу продуктивність та низьку собівартість, проте може створювати екологічні проблеми через викиди та відходи виробництва. Біотехнологічний метод є більш екологічним, але потребує значних інвестицій та спеціалізованого обладнання, що ускладнює його впровадження. Комбіновані технології можуть стати ефективним рішенням для підприємств, які прагнуть поєднати економічність та екологічність, але їх застосування також вимагає високої технологічної підготовки та чіткого управління виробничими процесами. Отже, аналіз існуючих технологій виробництва пропіонату кальцію показує, що кожен із розглянутих методів має певні особливості та може бути успішно застосований у різних умовах залежно від вимог до якості продукту, економічної доцільності та екологічних обмежень. Вибір конкретної технології повинен базуватися на комплексному врахуванні всіх цих факторів, що дозволить забезпечити ефективне виробництво високоякісного продукту при мінімальному впливі на навколишнє середовище та оптимальних витратах.

Таким чином, властивості консерванту – пропіонат кальцію – практично аналогічні дії, яку чинить інша схожа речовина – харчовий консервант E280

<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.017.КР.ПЗ</i>	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
		29.11.2024	ua	17/62

пропіонат натрію. Обидві ці добавки широко застосовуються в різноманітних сферах життєдіяльності людини, але в основному не обходиться без них харчова промисловість. Пропіонат кальцію – необхідний для консервування продуктів харчування, оскільки він має здатність захищати їх від утворення грибків, бактерій і багатьох інших хвороботворних мікроорганізмів. Найчастіше цю добавку можна зустріти в складі соусів на основі сої, оцту або вина. Наприклад, в останньому продукті пропіонат кальцію гальмує процеси старіння напою. Крім того, як консервант знаходить своє застосування ця добавка і при виготовленні виробів хлібобулочних. У цьому випадку пропіонат кальцію не тільки значною мірою подовжує терміни придатності хліба, а й покращує якість тіста, а також готової продукції.

Офіційно пропіонат кальцію внесено до переліку незаборонених добавок, які використовуються при промисловому виробництві продуктів харчування. Тим часом у деяких країнах його не дозволяють застосовувати в цій галузі через неповне тестування цієї речовини, а також через те, що вплив консерванту на організм людини ще повністю не виявлено. Пропіонат кальцію являє собою одну з похідних пропіонова кислота. Хімічна формула пропіонату кальцію має такий вигляд - $C_6H_{10}O_4Ca$. Зовні це порошок у формі кристалів, забарвлений у білий колір. Пропіонат кальцію не має запаху, причому чудово розчиняється у воді.

Пропіонат кальцію за своїми характеристиками подібна до несприятливого впливу E281 – накопичуючись в організмі, ці речовини провокують виникнення головного болю. Крім того, продукти, в яких присутня ця добавка, настійно не рекомендується вживати тим, хто страждає від гіпертонії. Варто зазначити, що після деяких досліджень було встановлено, що ймовірна шкода пропіонат кальцію також може проявлятися в канцерогенній дії на організм людини. А як відомо, це нерідко провокує виникнення недоброякісних новоутворень - ракових клітин.

<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.018.КР.ПЗ</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.11.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 18/62
--	-------------------	-----------------------------------	-------------------	-----------------------

1.6 Шляхи удосконалення технології отримання пропіонату кальцію

Пропіонат кальцію є популярним консервантом, який використовується для запобігання розвитку цвілевих грибків та мікроорганізмів у харчових продуктах. Розглянемо декілька шляхів удосконалення технології його отримання (рис. 1.1):

1) Покращення синтетичного методу: Використання нових каталізаторів та умов реакції для збільшення ефективності синтезу пропіонату кальцію з пропіонової кислоти та гідроксиду кальцію.

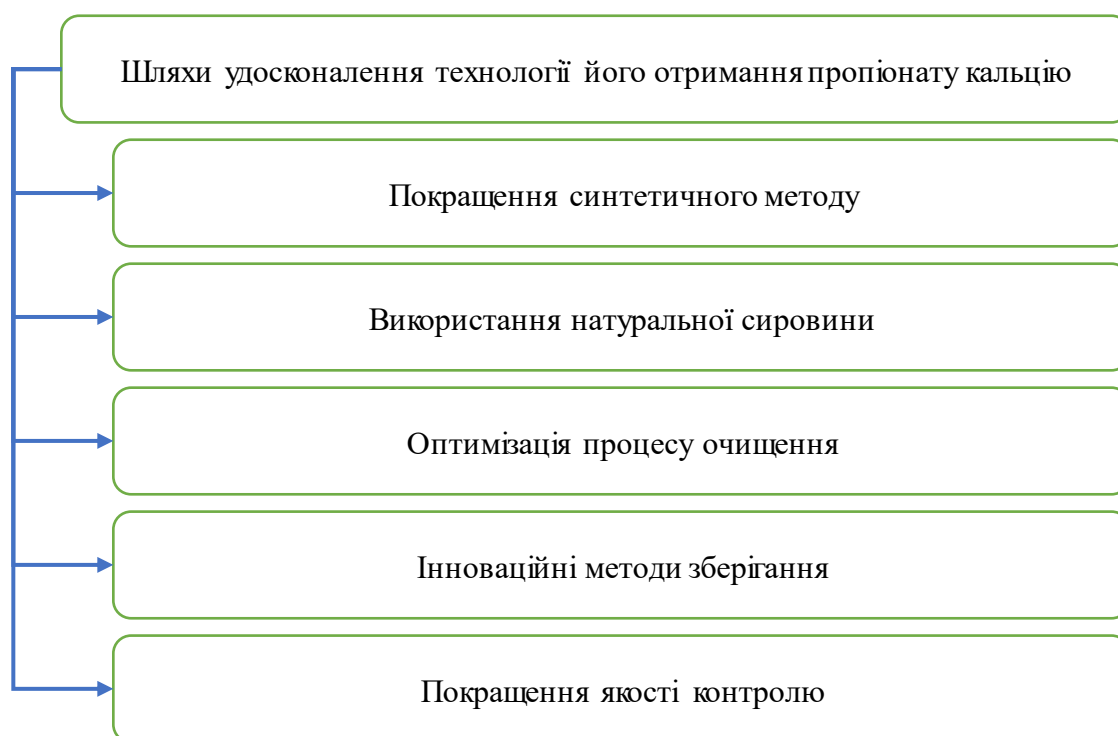


Рис. 1.1 Шляхи удосконалення технології його отримання пропіонату кальцію

2) Використання натуральних джерел: Отримання пропіонату кальцію з природних джерел, таких як молоко та деякі види сиру, може забезпечити більш екологічний та природний продукт.

3) Оптимізація процесу очищення: Розробка нових методів очищення, що дозволить видалити небажані побічні продукти та забезпечити високу чистоту кінцевого продукту.

4) Інноваційні методи зберігання: Використання нових технологій зберігання, що дозволить зберігати пропіонат кальцію довше та зберігати його якість.

5) Покращення якості контролю: Впровадження більш точних методів контролю якості для забезпечення відповідності продукту стандартам безпеки та якості.

На нашу думку, ці заходи можуть допомогти покращити технологію отримання пропіонату кальцію та зробити його більш ефективним та безпечним для використання в харчовій промисловості.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

Виробництво пропіонату кальцію передбачає використання певної кількості основної та додаткової сировини, кожна з яких має свої властивості, що впливають на ефективність процесу та якість кінцевого продукту.

До основної сировини належать пропіонова кислота та кальцієві сполуки (гідроксид кальцію або карбонат кальцію), які взаємодіють між собою, утворюючи пропіонат кальцію.

Пропіонова кислота є органічною сполукою з хімічною формулою $C_3H_6O_2$. Вона є прозорою безбарвною рідиною з характерним неприємним запахом. Пропіонова кислота належить до карбонових кислот і має виражені антимікробні властивості, що дозволяє використовувати її як основу для отримання різних харчових консервантів, таких як пропіонат кальцію. Завдяки своїй хімічній активності, пропіонова кислота легко вступає у реакції з лугами, утворюючи солі, зокрема кальцієві, магнієві або натрієві пропіонати. Для виробництва пропіонату кальцію пропіонова кислота зазвичай використовується у вигляді водного розчину з концентрацією близько 90%, що дозволяє забезпечити стабільний процес реакції та уникнути надмірного утворення побічних продуктів. Важливо зазначити, що якість пропіонової кислоти суттєво впливає на кінцеву якість пропіонату кальцію, тому необхідно використовувати високочисту кислоту без домішок, які можуть знижувати ефективність антимікробної дії продукту.

Гідроксид кальцію, або негашене вапно, має хімічну формулу $Ca(OH)_2$. Це білий кристалічний порошок, малорозчинний у воді, який утворює слабко лужний розчин.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Цільвік І.О.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.021.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				29.11.2024	ua	21/62

Гідроксид кальцію використовується як нейтралізуючий агент у виробництві пропіонату кальцію, оскільки при взаємодії з пропіоновою кислотою утворює стабільну сіль – пропіонат кальцію. Завдяки своїм властивостям, гідроксид кальцію забезпечує оптимальне регулювання кислотно-лужного балансу в реакційній суміші, що дозволяє отримати продукт із високим вмістом активної речовини. Використання гідроксиду кальцію також дозволяє уникнути надмірного утворення побічних продуктів, таких як вуглекислий газ, що зменшує потребу в додатковому очищенні кінцевого продукту. Крім того, гідроксид кальцію є доступною та відносно недорогою сировиною, що робить його економічно вигідним для застосування у промислових масштабах.

Карбонат кальцію (CaCO_3) є альтернативною сировиною для нейтралізації пропіонової кислоти у виробництві пропіонату кальцію. Він являє собою білий порошок, який має високу стабільність та не розчиняється у воді. При взаємодії з пропіоновою кислотою карбонат кальцію утворює пропіонат кальцію, воду та вуглекислий газ, що потребує додаткової фільтрації газів на виході. Хоча карбонат кальцію є ефективним нейтралізатором, він поступається гідроксиду кальцію через утворення великої кількості побічних продуктів та необхідність у додатковому обладнанні для видалення вуглекислого газу з реакційної суміші. Проте його використання може бути доцільним у випадках, коли гідроксид кальцію є недоступним або дорогим.

Додаткова сировина включає воду, що використовується як розчинник, а також інші хімічні речовини, які застосовуються для підтримання стабільних умов реакції, регулювання рН середовища або очищення кінцевого продукту. Вибір конкретних сполук та їх пропорцій залежить від особливостей технологічного процесу, доступності сировини та вимог до якості кінцевого продукту.

Вода є важливим компонентом у виробництві пропіонату кальцію, оскільки вона виступає в ролі розчинника для пропіонової кислоти та кальцієвих сполук. Вода забезпечує необхідне середовище для проведення реакції та підтримання однорідності реакційної суміші. Якість води, що використовується

у виробництві, повинна відповідати високим стандартам, оскільки наявність домішок, таких як хлориди, сульфати або залізо, може негативно вплинути на хід реакції та чистоту кінцевого продукту. Тому рекомендується використовувати демінералізовану або дистильовану воду для забезпечення стабільних умов виробництва.

Таблиця 2.1

Характеристика вихідної сировини для виробництва пропіонату кальцію

Назва речовини	Хімічна формула	Опис речовини	Функціональна роль у виробництві
Пропіонова кислота	$C_3H_6O_2$	Прозора безбарвна рідина з характерним запахом. Використовується як основна сировина для утворення пропіонату кальцію. Забезпечує антимікробні властивості продукту.	Основна сировина для синтезу пропіонату кальцію. Забезпечує формування основних властивостей продукту.
Гідроксид кальцію	$Ca(OH)_2$	Білий порошок, малорозчинний у воді. Використовується для нейтралізації пропіонової кислоти та утворення пропіонату кальцію.	Нейтралізуючий агент, який забезпечує стабільність кислотно-лужної рівноваги та утворення пропіонату кальцію.
Карбонат кальцію	$CaCO_3$	Білий порошок, стабільний та нерозчинний у воді. При реакції з пропіоновою кислотою утворює пропіонат кальцію, воду та вуглекислий газ.	Альтернативний нейтралізуючий агент, який утворює вуглекислий газ як побічний продукт. Використовується за відсутності гідроксиду кальцію.
Вода	H_2O	Розчинник для забезпечення однорідності реакційної суміші. Використовується у вигляді демінералізованої або дистильованої води для уникнення домішок.	Забезпечує оптимальні умови для проведення реакції. Використовується як середовище для розчинення компонентів та підтримання реакційної суміші.
Додаткові хімічні речовини	Залежить від типу (антиоксиданти, регулятори рН тощо)	Речовини, що додаються для регулювання параметрів реакції (рН, антиоксиданти) або покращення якості кінцевого продукту.	Використовуються для стабілізації продукту, регулювання рН та захисту від окислення, що покращує якість кінцевого продукту.

Додаткові хімічні речовини можуть використовуватися на різних етапах виробництва для коригування параметрів реакційного середовища або покращення якості кінцевого продукту. Наприклад, регулятори рН можуть додаватися для забезпечення оптимальної кислотно-лужної рівноваги в реакційній суміші, що дозволяє уникнути утворення небажаних домішок. Антиоксиданти можуть використовуватися для захисту продукту від окислення та покращення його стабільності при зберіганні. Важливе значення також мають технологічні добавки, які запобігають злипанню та утворенню грудок у готовому продукті, що полегшує його подальше використання у харчовій промисловості.

Отже, характеристики вихідної сировини для виробництва пропіонату кальцію визначають ефективність процесу та якість кінцевого продукту. Пропіонова кислота, гідроксид кальцію та вода є основними компонентами, які забезпечують стабільний технологічний процес, тоді як карбонат кальцію та додаткові хімічні речовини використовуються для регулювання параметрів реакційного середовища та покращення характеристик продукту. Правильний вибір та контроль якості сировини є ключовими факторами для забезпечення високої якості пропіонату кальцію, що використовується у харчовій промисловості як ефективний консервант.

2.2 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема виробництва пропіонату кальцію складається з кількох основних етапів, кожен з яких забезпечує послідовне перетворення вихідної сировини в готовий продукт із заданими властивостями (рис. 2.1).

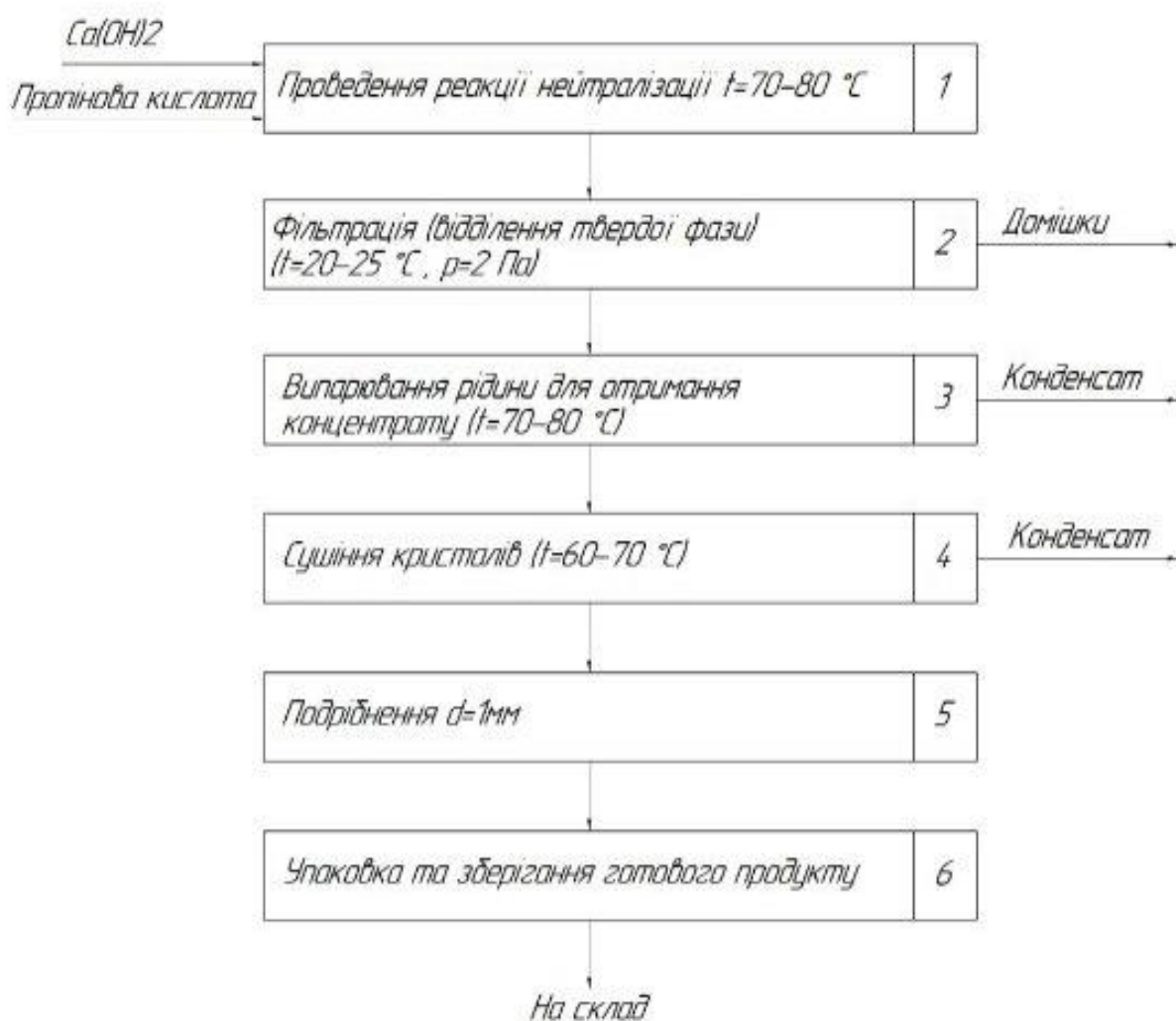
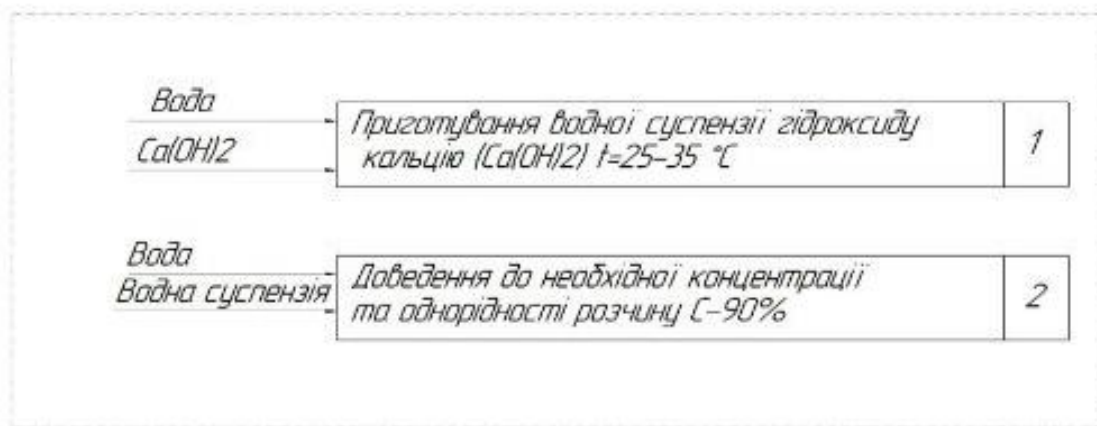


Рис. 2.1. Принципова технологічна схема виробництва пропіонату кальцію

Ця схема дає загальне уявлення про процес виробництва пропіонату кальцію з описом кожного етапу і відповідними параметрами температури.

Процес виробництва пропіонату кальцію починається з підготовки сировини, де гідроксид кальцію змішується з водою для отримання стабільної суспензії. Цей етап відбувається при температурі 25-35°C, що забезпечує рівномірний розподіл частинок та оптимальні умови для подальшої хімічної взаємодії. Одночасно проводиться доведення розчину пропіонової кислоти до необхідної концентрації, яка становить 90%.

Далі відбувається реакція нейтралізації, під час якої підготовлений розчин пропіонової кислоти подається у реактор з мішалкою, де змішується з водною суспензією гідроксиду кальцію. Процес протікає при температурі 70-80°C, у результаті чого утворюється пропіонат кальцію разом із водою. Для забезпечення повноти реакції та стабільності кінцевого продукту здійснюється постійний контроль рівня рН та рівномірне перемішування компонентів.

Отриману реакційну суміш направляють на фільтрацію, де відбувається відділення твердої фази пропіонату кальцію від рідкої. Фільтрування проводиться при температурі 20-25°C та тиску 2 Па, що сприяє видаленню сторонніх домішок і підвищенню чистоти продукту. Далі рідина, що залишилася, проходить процес випарювання при температурі 70-80°C для видалення надлишкової вологи та отримання концентрованого розчину пропіонату кальцію.

Після випарювання продукт надходить на сушильну установку, де проводиться остаточне видалення вологи при температурі 60-70°C. Висушений пропіонат кальцію піддається подрібненню, що дозволяє досягти необхідного розміру часток (приблизно 1 мм), що полегшує його подальше застосування в харчовій і кормовій промисловості.

На фінальному етапі готовий продукт фасується в спеціальну упаковку, що забезпечує його захист від вологи та зовнішніх факторів під час зберігання і транспортування. Автоматизований контроль параметрів на кожному етапі дозволяє отримати високоякісний пропіонат кальцію, відповідний до встановлених стандартів і вимог.

Отже, технологічний процес виробництва пропіонату кальцію складається з декількох ключових етапів, кожен з яких відіграє важливу роль у формуванні

кінцевих характеристик продукту. Починаючи з підготовки сировини та проведення реакції нейтралізації, проходячи через стадії фільтрації, випарювання, сушіння та подрібнення, забезпечується поступове формування високоякісного продукту.

Контроль параметрів на кожному з етапів, зокрема температури, тиску, концентрації та розміру часток, дозволяє оптимізувати процес і мінімізувати втрати сировини. Завдяки цьому досягається максимальна ефективність виробництва, а кінцевий продукт відповідає вимогам харчової та кормової промисловості.

2.3 Матеріальний розрахунок

Матеріальний розрахунок є важливою частиною технологічного процесу, оскільки він дозволяє визначити кількість основних і додаткових речовин, необхідних для отримання цільового продукту. Розрахунок базується на відомих стехіометричних співвідношеннях між речовинами та враховує втрати на різних етапах виробництва.

Аналіз співвідношення основних та додаткових компонентів показує, що всі реагенти використовуються у процесі виробництва повністю, що свідчить про раціональне використання сировини. Залишки додаткових реагентів не впливають на якість кінцевого продукту, оскільки вони видаляються під час промивання та фільтрації. Додаткові витрати води та електроенергії є обґрунтованими, оскільки вони забезпечують стабільність процесу та якість кінцевого продукту.

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс для основної сировини

Назва речовини	Хімічна формула	Молярна маса (г/моль)	Витрати на 1 моль реакції (г)	Необхідна кількість на добу (кг)	Кількість речовини на добу (моль)
Пропіонова кислота	$C_3H_6O_2$	74,08	148,16	1000,00	1350,54
Гідроксид кальцію	$Ca(OH)_2$	74,09	74,09	500,00	675,26
Пропіонат кальцію	$(CH_3CH_2COO)_2Ca$	186,22	186,22	1000,00	537,07

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс для додаткової сировини

Назва речовини	Призначення	Необхідна кількість на добу (кг)	Втрати під час виробництва (кг)	Фактичне використання (кг)
Вода	Розчинник для розведення пропіонової кислоти і гідроксиду кальцію	3000,00	150,00	3150,00
Дистильована вода	Промивання продукту від домішок	200,00	20,00	220,00
Електроенергія	Підтримання температури у реакторі	500 кВт·год	-	500 кВт·год
Вуглекислий газ	Побічний продукт (при використанні карбонату кальцію)	-	-	Виділення у кількості 250 кг

Таблиця 2.4

Співвідношення основних і додаткових речовин

Назва компонента	Кількість на 1 моль пропіонової кислоти (г)	Кількість на 1 моль гідроксиду кальцію (г)	Кількість у кінцевому продукті (г)
Пропіонова кислота	74,08	-	Всі реагенти використовуються у реакції
Гідроксид кальцію	-	74,09	Використовується повністю
Вода	300,00	300,00	Поглинається у реакційній суміші
Електроенергія	-	-	Використовується для забезпечення реакції
Додаткові реагенти	-	-	Відсутні у кінцевому продукті, залишки

Виділяється

Інд. змін.

Дата видання

Мова

Аркуш

Матеріальний баланс виробництва пропіонату кальцію демонструє високу ефективність використання сировини з мінімальними втратами. Вихід готового продукту становить 90%, що є високим показником для такого типу виробництва. Використання гідроксиду кальцію замість карбонату кальцію дозволяє уникнути утворення великої кількості вуглекислого газу, що зменшує потребу в додатковому обладнанні для очищення газів. Витрати додаткових речовин, таких як вода та електроенергія, є оптимальними для забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Розрахунок матеріального балансу виробництва пропіонату кальцію продуктивністю 1000 кг/добу для кожної стадії, наведено в табл. 2.5 – 2.11.

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс для підготовки сировини

Прихід		Витрати	
Найменування	Маса, кг	Найменування	Маса, кг
Пропіонова кислота, 85 % розчин	935,6	Чиста пропіонова кислота (C ₃ H ₇ COOH)	795,3
		Вода (у складі 85 % розчину)	140,3
Гідроксид кальцію (Ca(OH) ₂) Гідроксид кальцію (залишається без змін) 397,7	397,7	Гідроксид кальцію (залишається без змін)	397,7
Всього	1333,3	Всього	1333,3

Матеріальний баланс для реакції нейтралізації

Прихід		Витрати	
Найменування	Маса, кг	Найменування	Маса, кг
Гідроксид кальцію (Ca(OH) ₂)	397,7	Кальцій пропіонат (сухий)	1000,0
Пропіонова кислота (чиста)	795,3	Вода (загальна: «реакційна» + з розчину кислоти)	333,3
Вода (у складі розчину кислоти)	140,3		
Всього	1333,3	Всього	1333,3

Матеріальний баланс для стадії фільтрація

Прихід		Витрати	
Найменування	Маса,кг	Найменування	Маса,кг
Реакційна суміш (Са-пропіонат + вода)	1333,3	Фільтрований торт (≈ 5 % вологості)	1050,0
		Фільтрат (вода, домішки)	283,3
Всього	1333,3	Всього	1333,3

Матеріальний баланс для стадії сушіння

Прихід		Витрати	
Найменування	Маса,кг	Найменування	Маса,кг
Фільтрований торт (продукт + 5 % вологи)	1050,0	Сухий продукт (4 % вологи)	1040,0
		Волога, випарувана	10,0
Всього	1050,0	Всього	1050,0

Матеріальний баланс для стадії потрібнення

Прихід		Витрати	
Найменування	Маса, кг	Найменування	Маса, кг
Сухий продукт (4 % вологи)	1040,0	Готовий продукт	1040,0
Всього	1050,0	Всього	1050,0

Стадія пакування

Прихід		Витрати	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Сухий пропіонат кальцію	1000	Упакований пропіонат кальцію	1000

Цей аналіз дозволяє зробити висновок, що технологія виробництва пропіонату кальцію є економічно вигідною, екологічно безпечною та ефективною з точки зору використання сировини.

2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання для виробництва пропіонату кальцію включає кілька ключових етапів:

1. Визначення технологічного процесу. Першим кроком є визначення технологічного процесу виробництва пропіонату кальцію. Це включає:

- синтез пропіонату кальцію з пропіонової кислоти та гідроксиду кальцію;
- очищення та сушка продукту;
- фасування та зберігання готового продукту;

2. Вибір основного обладнання. Основне обладнання для виробництва пропіонату кальцію може включати:

– реактори: Для проведення хімічної реакції між пропіоновою кислотою та гідроксидом кальцію;

– фільтри: Для очищення продукту від небажаних домішок;

– сушарки: Для видалення вологи з продукту;

– фасувальні машини: Для пакування готового продукту.

3. Розрахунок продуктивності обладнання. Для розрахунку продуктивності обладнання необхідно врахувати:

– добову потужність: 1000 кг пропіонату кальцію;

– кількість змін: 2 зміни на добу;

– тривалість зміни: 8 годин.

4. Підбір обладнання. Підбір обладнання здійснюється на основі розрахунків продуктивності та технологічних вимог. Основні принципи підбору обладнання включають:

– забезпечення високої якості продукції;

– ефективне використання обладнання;

– механізація та автоматизація виробничих процесів.

5. Визначення кількості обладнання. Кількість обладнання визначається на основі розрахунків продуктивності та обсягів виробництва. Наприклад:

– реактори: Визначення кількості реакторів на основі обсягу реакційної суміші та тривалості реакції;

– фільтри: Визначення кількості фільтрів на основі обсягу продукту та швидкості фільтрації;

– сушарки: Визначення кількості сушарок на основі обсягу продукту та швидкості сушки;

– фасувальні машини: Визначення кількості фасувальних машин на основі обсягу продукту та швидкості фасування.

6. Розробка графіків роботи. Розробка графіків роботи обладнання для забезпечення безперебійного виробництва та оптимального використання ресурсів.

Процес виробництва пропіонату кальцію передбачає використання спеціалізованого обладнання, яке забезпечує проведення хімічних реакцій, очищення, сушіння та фасування продукту. Вибір обладнання залежить від масштабів виробництва, технологічних вимог до якості кінцевого продукту та умов експлуатації. У виробничій лінії використовується обладнання для підготовки сировини, реактор для проведення хімічної реакції, фільтраційні установки, сушарки та пакувальні машини.

Для здійснення розрахунку реактора для виробництва пропіонату кальцію, розглянемо основні етапи цього процесу та відповідні формули. Мета розрахунку - визначити об'єм реактора, необхідний для обробки 1000 кг пропіонату кальцію на добу.

Основні параметри:

- 1) Продуктивність: 1000 кг/добу;
- 2) Щільність пропіонової кислоти: 0,992 г/см³ (при 25°C);
- 3) Реакційний час: 12 годин.

Для визначення об'єму реактора використовуємо рівняння:

$$V = \frac{m}{\rho * t}$$

де m – маса пропіонової кислоти (г);

ρ – щільність пропіонової кислоти (г/см³);

t – час реакції (години).

Визначення маси пропіонової кислоти (C₃H₆O₂):

$$m_{\text{проп кислота}} = 1000 \text{ кг} = 1000000 \text{ г}$$

Щільність пропіонової кислоти (ρ):

$$\rho = 0,992 \text{ г/см}^3$$

Час реакції (t):

$$t = 12 * 3600 = 43200 \text{ сек}$$

Об'єм реактора (V):

$$V = \frac{1000000}{0,992 * 43200} = 23,34 \text{ м}^3$$

Отже, для виробництва 1000 кг пропіонату кальцію на добу необхідний об'єм реактора становить приблизно 23,34 м³.

Таблиця 2.12

Характеристика реактора для проведення хімічної реакції

Параметр	Значення
Тип реактора	Реактор з мішалкою і сорочкою для нагріву
Матеріал виготовлення	Нержавіюча сталь AISI 304
Об'єм	1500 л
Робочий тиск	1,5 атм
Робоча температура	70-80°C
Тип мішалки	Лопаткова мішалка
Швидкість обертання мішалки	100-300 об/хв
Система контролю	Автоматична система підтримання температури та рН
Додаткові елементи	Запобіжний клапан, манометр, датчик температури



Рис. 2.2 Реактор для проведення хімічної реакції

Таблиця 2.13

Характеристика фільтраційної установки

ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.035.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
		29.11.2024	ua	35/62

Параметр	Значення
Тип фільтра	Вакуумний фільтр
Матеріал фільтрувального елемента	Поліпропілен
Площа фільтрації	1,5 м ²
Швидкість фільтрації	1000 л/год
Вакуумне середовище	0,5 атм
Вміст твердої фази на виході	30-35%
Система очищення	Автоматична промивка водою
Знімні елементи	Знімні фільтрувальні картриджі



Рис. 2.3 Фільтраційна установка

Характеристика сушарки для твердих речовин

Параметр	Значення
Тип сушарки	Барабанна сушарка
Матеріал виготовлення	Нержавіюча сталь
Об'єм барабану	2000 л
Робоча температура	100-120°C
Швидкість обертання барабану	10-50 об/хв
Витрата тепла	150 кВт
Тип нагрівального елемента	Електричний
Система видалення вологи	Вентиляційна система з регулюванням вологості



Рис. 2.4 Сушарка для твердих речовин

Характеристика пакувальної машини

Параметр	Значення
Тип пакування	Вакуумне пакування або пакування у середовищі інертних газів
Максимальна вага фасування	10 кг
Швидкість пакування	50 пакунків/хв
Тип пакувального матеріалу	Поліетилен, поліпропілен
Система запаювання	Автоматична запаювальна система
Система подачі продукту	Конвеєр з регулюванням швидкості
Додаткові функції	Датчик вологості, контроль ваги

Аналіз реактора для проведення хімічної реакції показує, що дане обладнання є основним елементом технологічної лінії, оскільки саме в ньому відбувається основна хімічна реакція між пропіоновою кислотою та гідроксидом кальцію з утворенням пропіонату кальцію. Тип реактора, який включає мішалку і сорочку для нагріву, забезпечує рівномірне перемішування реагентів та підтримання стабільних умов для проведення реакції.

Об'єм реактора у 1500 літрів є достатнім для забезпечення виробництва 1000 кг продукту на добу, що дозволяє одноразово завантажувати необхідну кількість сировини та забезпечувати ефективне перемішування. Робоча температура в діапазоні 70-80°C є оптимальною для проведення хімічної реакції, оскільки ця температура забезпечує високий вихід продукту та мінімізує утворення побічних речовин. Наявність автоматизованої системи контролю температури та рН дозволяє знизити ймовірність відхилення від технологічних параметрів, що значно підвищує ефективність процесу. Реактор виготовлений з нержавіючої сталі AISI 304, яка забезпечує високу корозійну стійкість і довговічність обладнання, що є важливим фактором у забезпеченні стабільної роботи підприємства. Додаткові елементи, такі як запобіжний клапан, манометр та датчик температури, підвищують безпеку експлуатації реактора, дозволяючи контролювати параметри та запобігати аварійним ситуаціям.

Аналіз фільтраційної установки демонструє її важливість у процесі очищення, оскільки вона забезпечує відділення твердих часток пропіонату кальцію від рідкої фази. Використання вакуумного фільтра дозволяє ефективно видаляти рідину з осаду, що сприяє зниженню втрат продукту. Вакуумне середовище з тиском 0,5 атм створює умови для більш ефективного виділення твердої фази, забезпечуючи високу ступінь очищення. Матеріал фільтрувального елемента, поліпропілен, відрізняється високою стійкістю до хімічних впливів та тривалим терміном служби. Площа фільтрації в 1,5 м² дозволяє здійснювати ефективне фільтрування при заданій виробничій потужності, а автоматична система промивки водою запобігає забиванню фільтрувальних елементів та знижує потребу в ручному обслуговуванні.

Аналіз сушарки для твердих речовин показує, що це обладнання призначене для видалення залишкової вологи з осаду пропіонату кальцію після процесу фільтрації. Використання барабанної сушарки дозволяє забезпечити рівномірне та швидке видалення вологи завдяки обертанню барабану зі швидкістю 10-50 об/хв. Робоча температура в діапазоні 100-120°C дозволяє ефективно видаляти вологу, не пошкоджуючи структуру продукту, а витрата тепла на рівні 150 кВт свідчить про енергоефективність процесу сушіння. Матеріал виготовлення, нержавіюча сталь, забезпечує стійкість до корозії та тривалий термін експлуатації обладнання. Додатково вентиляторна система з регулюванням вологості дозволяє контролювати процес сушіння та знижує ризик перегрівання продукту.

Пакувальна машина відіграє ключову роль у забезпеченні герметичного пакування готового продукту. Вона може здійснювати пакування у вакуумі або в середовищі інертних газів, що дозволяє зберегти якість пропіонату кальцію та захистити його від впливу вологи. Максимальна вага фасування становить 10 кг, що є зручним для транспортування та зберігання продукту. Швидкість пакування у 50 пакунків на хвилину забезпечує високу продуктивність лінії. Датчик вологості та система контролю ваги дозволяють автоматизувати процес пакування та забезпечити точне дозування продукту. Поліетилен та поліпропілен використовуються як основні пакувальні матеріали завдяки їх високим бар'єрним властивостям та стійкості до впливу зовнішніх факторів.

Загальний аналіз основного технологічного обладнання демонструє, що всі елементи виробничої лінії є взаємопов'язаними та забезпечують безперервність технологічного процесу. Реактор, фільтраційна установка, сушарка та пакувальна машина виконують свої функції відповідно до вимог виробництва, що дозволяє досягти високої якості кінцевого продукту при мінімальних витратах на сировину та енергоресурси. Обладнання є енергоефективним, довговічним та безпечним в експлуатації, що дозволяє забезпечити стабільне функціонування підприємства та високу економічну ефективність виробничого процесу.

2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми

Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва пропіонату кальцію охоплює детальний розгляд кожного з елементів обладнання, що забезпечують послідовне виконання всіх етапів виробничого процесу. Схема зображена у вигляді спрощеної схематичної діаграми, яка містить основні апарати, трубопроводи, вентилі та допоміжне обладнання, необхідне для забезпечення ефективної роботи всієї лінії. Зазначена схема є спрощеним графічним відображенням основних потоків сировини, проміжних продуктів та готового продукту у виробничому процесі.

Апаратурно-технологічна схема складається з наступних основних елементів: реактор, змішувач, насос, фільтр, сушарка та система пакування. Реактор є центральною частиною виробничої лінії, де відбувається хімічна реакція нейтралізації пропіонової кислоти з гідроксидом кальцію з утворенням пропіонату кальцію. Реактор має спеціальну сорочку для нагрівання та підтримання температури в діапазоні 70-80°C, що є оптимальним для проведення реакції. Змішувач встановлений безпосередньо перед реактором і використовується для попереднього змішування пропіонової кислоти з водою та введення суспензії гідроксиду кальцію у відповідних пропорціях. Після змішування реагенти подаються до реактора за допомогою насоса, що забезпечує точне дозування та подачу рідини під тиском.

Після завершення реакції утворена суміш надходить у фільтраційну установку, де відбувається первинне відділення твердої фази пропіонату кальцію від рідкої фази. Фільтр складається з фільтрувального елемента та резервуара для збирання осаду. Осад пропіонату кальцію після фільтрації направляється у сушарку для видалення залишкової вологи. Сушарка працює за принципом обертання барабану та використання гарячого повітря, що подається через систему вентиляції. Видалення вологи відбувається поступово, без ризику перегрівання або пошкодження структури продукту.

Після сушіння пропіонат кальцію надходить на етап подрібнення, де здійснюється подрібнення продукту до необхідної фракції, що покращує його зручність при подальшому використанні у харчовій промисловості. Подрібнений продукт подається до пакувальної машини, де він фасується у герметичні контейнери або пакети для подальшого зберігання та транспортування. Пакувальна машина оснащена системою вакуумного пакування, що дозволяє зберегти якість продукту та захистити його від впливу зовнішніх факторів, таких як волога або кисень. Трубопроводи, що з'єднують різні апарати у виробничій лінії, виконані з корозійностійкої нержавіючої сталі та оснащені запірною арматурою для регулювання потоку речовини. Усі з'єднання обладнані запобіжними клапанами та датчиками тиску, які дозволяють контролювати параметри на кожному етапі виробництва. Подача води, пропіонової кислоти та гідроксиду кальцію до реактора здійснюється через окремі трубопроводи, що знижує ризик забруднення продукту та забезпечує точне дозування компонентів. Для охолодження реактора використовується система циркуляційного водопостачання, що знижує енергозатрати та підвищує ефективність теплопередачі.

Важливим елементом апаратурно-технологічної схеми є також система управління процесом, яка включає датчики температури, тиску, рівня рідини та рН середовища. Всі ці параметри контролюються за допомогою автоматизованої системи управління, що забезпечує стабільність процесу та дозволяє своєчасно вносити корективи у разі відхилення від заданих значень. Управління процесом здійснюється через центральний пульт оператора, який дозволяє контролювати роботу всіх апаратів у реальному часі та забезпечує оперативне реагування на зміни в технологічних параметрах.

Загалом апаратурно-технологічна схема забезпечує послідовне проходження всіх етапів виробничого процесу: підготовку сировини, реакцію, фільтрацію, сушіння, подрібнення та пакування. Кожен з елементів обладнання виконує свою роль, що дозволяє отримати високоякісний продукт при мінімальних втратах сировини та енергоресурсів. Використання автоматизованої системи управління та сучасного обладнання дозволяє оптимізувати виробництво, підвищити його безпеку та економічну ефективність.

На зображенні (рис. 2.5) представлено апаратурно-технологічну схему виробництва, що відображає послідовність основних етапів технологічного процесу. Схема включає декілька апаратів, таких як змішувачі, реактори, насоси, фільтри та інші елементи обладнання, які забезпечують ефективну обробку сировини і отримання кінцевого продукту.

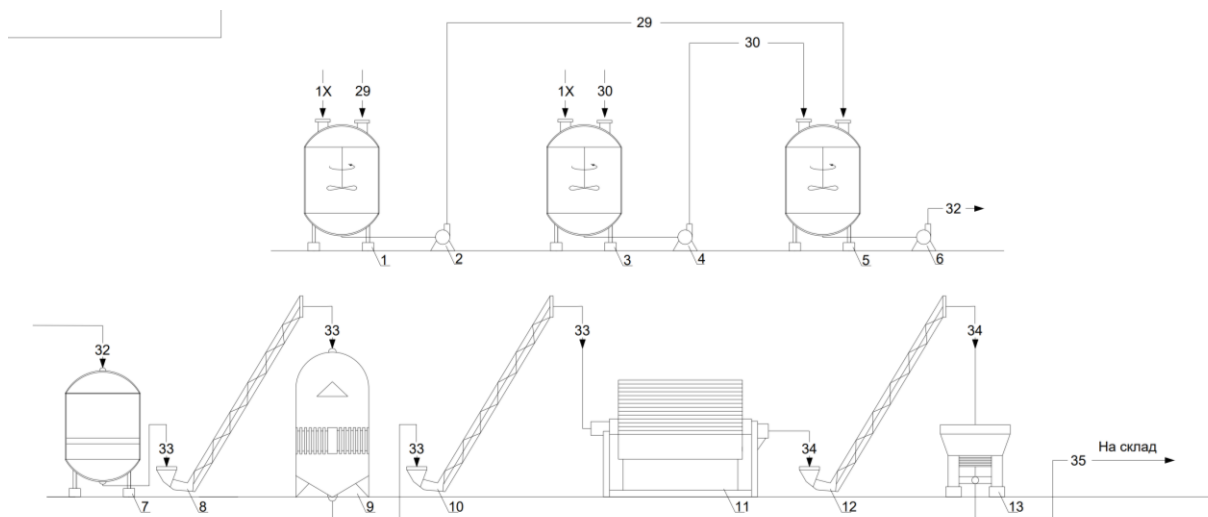


Рис. 2.5 Апаратурно-технологічна схема виробництва пропіонату кальцію

Пропіонова кислота з апарату №1 та гідроксид кальцію з апарату №2 подаються у реактор з мішалкою №3, де утворюється суспензія реагентів. Підготовлена суміш перетікає у реактор №6, де при температурі 70-80°C проходить реакція нейтралізації, у результаті якої утворюється пропіонат кальцію. Отримана реакційна суміш спрямовується у нутч-фільтр №8, де під тиском відбувається розділення фаз, осад пропіонату кальцію відокремлюється від фільтрату. Відфільтрований осад подається у випарну установку №10, де відбувається часткове видалення вологи та концентрація продукту. Після випарювання продукт потрапляє у вакуумну сушарку №12, де при температурі 60-70°C видаляється залишкова волога, утворюючи сухий пропіонат кальцію. Висушений продукт транспортується шнековим транспортером №13 до валкової дробарки №14, де подрібнюється до необхідного розміру часток. Подрібнений пропіонат кальцію з дробарки надходить у пакувальну установку №15, після чого готовий продукт відправляється на зберігання.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) виробництва пропіонату кальцію включає кілька ключових аспектів, представлених в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Техніко-економічне обґрунтування виробництва пропіонату кальцію

№ з/п	Фактори	Особливості та характеристика факторів
1	Технічна частина	Технологічний процес: Опис технологічного процесу виробництва пропіонату кальцію, включаючи сировину, обладнання, етапи виробництва та контроль якості
		Виробничі потужності: Визначення необхідних виробничих потужностей для забезпечення стабільного випуску продукції
		Екологічні аспекти: Оцінка впливу виробництва на навколишнє середовище та заходи щодо мінімізації негативного впливу
2	Економічна частина	Інвестиційні витрати: Оцінка капітальних вкладень, необхідних для запуску виробництва, включаючи вартість обладнання, будівництва та інших витрат
		Операційні витрати: Аналіз витрат на сировину, енергію, робочу силу та інші операційні витрати
		Фінансовий аналіз: Розрахунок очікуваних доходів, прибутковості та терміну окупності інвестицій
3	Ринковий аналіз	Попит і пропозиція: Аналіз ринку пропіонату кальцію, включаючи попит на продукт, конкуренцію та потенційних споживачів
		Цінова політика: Визначення оптимальної ціни на продукт з урахуванням ринкових умов та витрат на виробництво
4	Організаційні аспекти	Управління виробництвом: Опис організаційної структури підприємства, системи управління та контролю якості
		Персонал: Визначення необхідної кількості та кваліфікації персоналу для забезпечення ефективного виробництва

Ці аспекти допоможуть забезпечити успішне впровадження виробництва пропіонату кальцію та досягнення економічної ефективності.

Для початку складемо кошторис на придбання устаткування (табл. 3.2).

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Цільвік І.О.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ЗХТ-5-1.043. Таблиця 3/3			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 43/62

Кошторис на придбання устаткування

№	Назва устаткування	Кількість	Оптова ціна за 1 шт., грн	Витрати на устаткування, грн	Витрати на транспорт, грн	Витрати на монтаж, грн	Первісна вартість, грн
1	Насос Lincoln Progressiv pump P230-MG100-10XYBU-1K6 - 380/420V AC - 440/480V AC - 100:1	1	428360	428360	21418	12850,8	462628,8
2	Фільтр High Precision Cartridge Filter	3	86400	259200	12960	7776	279936
3	Змішувач	1	43000	43000	2150	1290	46440
4	Проміжний резервуар Flexcon V-B	1	46400	46400	2320	1392	50112
5	Реактор CZL Rexo Engineering	1	735000	735000	36750	22050	793800
6	Промивна установка Spin Bus Evolution	1	62300	62300	3115	1869	67284
7	Сушарка	1	145000	145000	7250	4350	156600
8	Подрібнювач	1	41500	41500	2075	1245	44820
9	Пакувальна машина	1	223000	223000	11150	6690	240840
	Разом						2142460,8

З даних табл. 3.2 видно, що кошторисна сума на придбання устаткування склала 2142460,8 грн.

Капітальні витрати:

15% від вартості обладнання (устаткування, автоматизація, трубопроводи) приймаються як капітальні витрати:

$$2142460,8 * 0,15 = 321369 \text{ грн}$$

Загальна первісна вартість з урахуванням капітальних витрат:

$$K_{\text{заг}} = 2142460,8 + 321369 = 2463829,8 \text{ грн}$$

Розрахунок випуску продукції.

ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.044.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
		29.11.2024	ua	44/62

Цех з виробництва пропіонату кальцію має добову потужність 1000 кг, що досягається за рахунок 2-змінного режиму роботи. За зміну цех може виробляти 500 кг пропіонату кальцію.

Протягом року цех може виготовити 261 тони пропіонату кальцію:

$$\frac{500 * 2 * 261}{1000} = 261 \text{ тони}$$

Проте, важливо врахувати коефіцієнт використання виробничої потужності, який становить 0,95.

Тому очікуваний обсяг виробництва за рік складе 247,95 тон пропіонату кальцію:

$$261 * 0,95 = 247,95 \text{ тон}$$

План виробництва пропіонату кальцію в об'ємному та грошовому виразах наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

План виробництва пропіонату кальцію в об'ємному та грошовому виразах

Назва продукту	Одиниця вимірювання	План на рік	Ціна за 1 тони, грн	Вартість продукції, грн
Пропіонат кальцію	тон	247,95	82000	20331900

Отже, з даних табл. 3.3 видно, що вартість виготовленої продукції за 1 рік (за 247,95 тон) склала 20331900 грн.

Баланс робочого часу одного робітника.

Протягом року робітник має 365 календарних днів, з яких 104 дні припадають на вихідні та святкові.

Таким чином, номінальний фонд робочого часу на 2025 рік складає 261 днів.

Враховуючи середню тривалість робочого дня 8 годин, ефективний фонд часу одного робітника на рік складе 2088 годин (261*8).

Середню чисельність робітників з погодинною оплатою праці можна розрахувати за допомогою формули:

$$N = \frac{Q}{T} * K$$

де N – середня чисельність робітників;

Q – загальна кількість виготовленої продукції (в т);

T – продуктивність одного робітника за певний період (в т/год);

K – коефіцієнт, що враховує тривалість робочого періоду (кількість робочих годин у зміні).

$$N = \frac{247,95}{5} * 0,97 = 48,1 \text{ осіб} \approx 48 \text{ осіб}$$

План з чисельності і фонду оплати праці наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

План з чисельності і фонду оплати праці

Категорія робітників	Чисельність, осіб	Фонд оплати праці, грн
Робітники	48	686400
Службовці	5	92500
Разом	53	778900

Продуктивність праці по цеху складе:

– в натуральному виразі:

$$\frac{247,95}{48} = 5,17 \text{ тон}$$

Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів на річний обсяг виробництва пропіонату кальцію наведено в табл. 3.5.

З даних табл. 3.5 видно, що вартість сировини на річний обсяг виробництва пропіонату кальцію склала 8221500 грн.

Таблиця 3.5

ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.046.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуші
		29.11.2024	ua	46/62

**Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів на
річний обсяг виробництва пропіонату кальцію**

Вид сировини	Норми витрат на річний обсяг виробництв	Вартість 1 тони	Витрати на річний обсяг виробництва, грн
Пропіонова кислота	261	18000	4698000
Гідроксид кальцію	130,5	3000	391500
Пропіонат кальцію	261	12000	3132000
Разом			8221500

Розрахунок потреби та вартості енерговитрат для виробництва пропіонату кальцію наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

**Розрахунок потреби та вартості енерговитрат для виробництва пропіонату
кальцію**

Вид енергії	Норми витрат на річний обсяг виробництв	Вартість	Витрати на річний обсяг виробництва, грн
Вода	822,15	25,62	21063
Дистильована вода	57,42	38	2182
Електроенергія	130500	4,32	563760
Вуглекислий газ	65,25	200	13050
Разом			600055

З даних табл. 3.6 видно, що вартість енерговитрат на річний обсяг виробництва пропіонату кальцію склала 600055 грн.

Відрахування на соціальні заходи.

Відрахування на соціальні заходи розраховуємо як 22% від загального фонду заробітної плати:

$$778900 * 0,22 = 171358 \text{ грн}$$

Загальний фонд заробітної плати разом із соціальними відрахуваннями за рік:

<p>ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.047.КР.ПЗ</p>	<p>Інд. змін.</p>	<p>Дата видання</p>	<p>Мова</p>	<p>Аркуш</p>
		<p>29.11.2024</p>	<p>ua</p>	<p>47/62</p>

$$(778900 + 171358) * 12 = 11403096 \text{ грн}$$

Зведені витрати на виробництво та реалізацію продукції наведено в табл.

3.7.

Таблиця 3.7

Зведені витрати на виробництво та реалізацію продукції

№	Витрати	Сума, грн
1	Сировина та матеріали	8221500
2	Транспортно-заготівельні витрати	158700,8
3	Енерговитрати	600055
4	Заробітна плата	9346800
5	Відрахування на соціальні заходи	2056296
6	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1983760
	Виробнича собівартість	22367112,24

Поза виробничі витрати складають 0,2% до виробничої собівартості:

$$22367112,24 * 0,002 = 44734,2 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати складають 2% до виробничої собівартості:

$$22367112,24 * 0,02 = 447342,2 \text{ грн}$$

Економічна ефективність проєкту.

Витрати на вироблення продукції за рік:

$$22367112,24 + 44734,2 + 447342,2 = 22859188,7 \text{ грн}$$

Витрати на 1 т продукції:

$$\frac{22859188,7}{247,95} = 92192,7 \text{ грн}$$

Ціна 1 т продукції:

$$92192,7 + 92192,7 * 0,4 = 129069,8 \text{ грн}$$

Прибуток:

$$(129069,8 - 92192,7) * 247,95 = 9143672 \text{ грн}$$

РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Організація системи контролю якості на виробництві пропіонату кальцію включає кілька ключових етапів та компонентів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Організація системи контролю якості на виробництві пропіонату кальцію

№ з/п	Елемент системи	Характеристика та особливості
1	2	3
1	Планування та розробка стандартів якості	Визначення вимог: Встановлення стандартів якості для пропіонату кальцію, включаючи хімічний склад, чистоту, та інші важливі характеристики
		Розробка процесів виробництва: Створення детальних процесів виробництва, що включають кожен етап від сировини до готового продукту
2	Контроль сировини	Відбір сировини: Перевірка якості сировини перед початком виробництва, щоб забезпечити високу якість кінцевого продукту
		Тестування сировини: Проведення лабораторних тестів для визначення хімічного складу та чистоти сировини
3	Контроль виробничого процесу	Моніторинг процесів: Постійний моніторинг усіх виробничих процесів, щоб забезпечити їх відповідність стандартам якості
		Контроль параметрів: Вимірювання та контроль параметрів, таких як температура, тиск, рН-значення та інші важливі характеристики
4	Контроль готового продукту	Лабораторні тестування: Проведення детальних лабораторних тестів готового продукту для визначення його якості
		Контроль відповідності стандартам: Перевірка відповідності готового продукту встановленим стандартам якості
5	Запобігання браку	Профілактичні заходи: Впровадження заходів для запобігання браку на різних етапах виробництва
		Аналіз причин браку: Вивчення причин виникнення браку та впровадження заходів для його уникнення в майбутньому

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Цільвік І.О.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	ННІХТ.ЗХТ-5-1.043.161.049.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				29.11.2024	ua	49/62

1	2	3
6	Документування та аудит	Документування процесів: Запис інформації про всі етапи виробництва та контролю якості
		Аудит якості: Проведення внутрішніх та зовнішніх аудитів для перевірки відповідності системи контролю якості встановленим стандартам

Наведена в табл. 4.1 система допомагає забезпечити високу якість Пропіонату кальцію та забезпечує його безпечність для спожив

Контроль якості готової продукції є важливою складовою виробництва, що гарантує високу якість і безпеку продукту для кінцевого споживача.

1. *Фізико-хімічні аналізи*: здійснюються регулярні фізико-хімічні аналізи зразків готової продукції, включаючи визначення рН, в'язкість, концентрацію гіалуронової кислоти, наявність активних інгредієнтів, стабільність формули і т.д. Ці аналізи допомагають забезпечити відповідність продукту заданим специфікаціям та стандартам якості.

2. *Мікробіологічний контроль*: проводяться тестування на мікробну чистоту та стерильність продукту. Це включає оцінку наявності бактерій, плісені, дріжджів та інших мікроорганізмів. Мікробіологічний контроль гарантує, що продукт не містить шкідливих мікроорганізмів, які можуть викликати інфекційні або алергічні реакції.

3. *Токсикологічні дослідження*: виконуються токсикологічні оцінки, щоб переконатися, що продукт є безпечним для використання. Дослідження проводяться згідно з встановленими стандартами та рекомендаціями. Це включає оцінку потенційно шкідливих речовин, дослідження на подразнення шкіри та очей, алергенність і т.д.

4. *Стабільність продукту*: проводяться дослідження стабільності продукту для визначення його здатності зберігати якість та ефективність протягом тривалого періоду. Це включає випробування на зміну властивостей

продукту під впливом температурних коливань, освітлення, вологості та інших факторів.

5. *Пакування і маркування*: контроль здійснюється щодо належного пакування продукту з використанням відповідних матеріалів, що забезпечують його збереження і захист від зовнішніх впливів. Також перевіряється наявність правильної маркування, включаючи інформацію про склад продукту, застереження щодо використання, термін придатності і т.д.

6. *Зовнішній вигляд і консистенція*: контроль здійснюється для забезпечення належного зовнішнього вигляду і консистенції продукту. Візуальні огляди та випробування на текстуру допомагають виявити будь-які аномалії, такі як розклад, відділення фаз, неоднорідність і т.д.

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці на підприємстві

Розділ III "Охорона навколишнього середовища" є важливою складовою проекту з виробництва пропіонату кальцію, оскільки будь-яке хімічне виробництво потенційно може мати негативний вплив на довкілля. Розглянемо детально можливі джерела забруднення та заходи щодо мінімізації впливу на навколишнє середовище.

Аналіз можливих джерел забруднення

У процесі виробництва пропіонату кальцію можна виділити кілька потенційних джерел забруднення навколишнього середовища:

1. **Викиди в атмосферу:** Основним джерелом атмосферних викидів є процес сушіння готового продукту. При використанні сушарки киплячого шару можливе утворення дрібнодисперсного пилу пропіонату кальцію, який може потрапляти в атмосферу. Крім того, при використанні карбонату кальцію як сировини відбувається виділення вуглекислого газу в процесі реакції нейтралізації [16].

2. **Стічні води:** У процесі виробництва утворюються стічні води, які містять залишки реагентів, продуктів реакції та промивні води від очищення обладнання. Ці стоки можуть мати підвищений рівень рН та містити органічні сполуки [7].

3. **Тверді відходи:** До твердих відходів виробництва можна віднести відпрацьовані фільтруючі матеріали, залишки сировини та продукту, що утворюються при очищенні обладнання [13].

4. **Шумове забруднення:** Робота обладнання, особливо центрифуг та сушарок, може створювати підвищений рівень шуму [15].

5. **Теплове забруднення:** Процес нейтралізації є екзотермічним, і надлишкове тепло може призводити до локального підвищення температури навколишнього середовища [9].

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Цільвік І.О.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ЗХТ-5-1.043.161.052.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 52/62

Заходи щодо мінімізації впливу на довкілля

Для мінімізації негативного впливу виробництва пропіонату кальцію на навколишнє середовище необхідно впровадити ряд заходів:

1. Очистка атмосферних викидів: Для зменшення викидів пилю в атмосферу необхідно встановити вискоелективні системи пиловловлювання на виході з сушарки. Це можуть бути циклони, рукавні фільтри або електрофільтри, які здатні вловлювати до 99,9% дрібнодисперсних частинок [7]. Для зменшення викидів вуглекислого газу можна розглянути можливість його уловлювання та подальшого використання, наприклад, для виробництва сухого льоду або в теплицях.

2. Очистка стічних вод: Необхідно впровадити систему очистки стічних вод, яка включатиме механічну, фізико-хімічну та біологічну очистку. Механічна очистка дозволить видалити тверді частинки, фізико-хімічна - нейтралізувати рН та осадити розчинені солі, а біологічна - розкласти органічні сполуки. Після очистки вода може бути повторно використана у виробничому процесі, що дозволить зменшити споживання свіжої води [8].

3. Управління твердими відходами: Необхідно впровадити систему сортування та утилізації твердих відходів. Відпрацьовані фільтруючі матеріали можуть бути регенеровані або утилізовані спеціалізованими підприємствами. Залишки сировини та продукту можуть бути повернуті в виробничий цикл [13].

4. Зменшення шумового забруднення: Для зниження рівня шуму необхідно встановити шумопоглинаючі екрани навколо обладнання, яке генерує найбільший шум. Крім того, слід використовувати обладнання з низьким рівнем шуму та проводити регулярне технічне обслуговування для підтримання його в оптимальному стані [15].

5. Енергоефективність та зменшення теплового забруднення: Для зменшення теплового забруднення та підвищення енергоефективності виробництва необхідно впровадити систему рекуперації тепла. Тепло, що виділяється в процесі нейтралізації, може бути використане для нагріву води або інших технологічних потреб [9].

6. Впровадження системи екологічного менеджменту: Необхідно впровадити систему екологічного менеджменту відповідно до стандарту ISO 14001. Це дозволить систематично підходити до управління екологічними аспектами виробництва, постійно покращувати екологічні показники та демонструвати відповідальне ставлення до навколишнього середовища [3].

7. Моніторинг та контроль: Необхідно впровадити систему постійного моніторингу ключових екологічних показників, таких як якість стічних вод, рівень атмосферних викидів, рівень шуму тощо. Це дозволить оперативно реагувати на будь-які відхилення та вживати необхідних заходів [8].

8. Навчання персоналу: Важливо проводити регулярне навчання персоналу з питань охорони навколишнього середовища та поведінки з відходами. Це підвищить екологічну свідомість працівників та сприятиме більш ефективному впровадженню екологічних заходів [15].

9. Використання альтернативних джерел енергії: Для зменшення загального впливу виробництва на навколишнє середовище можна розглянути можливість використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або вітрогенератори, для забезпечення частини енергетичних потреб виробництва [7].

10. Оптимізація логістики: Правильна організація логістичних процесів, включаючи оптимізацію маршрутів доставки сировини та готової продукції, може значно зменшити викиди від транспорту та загальний вуглецевий слід виробництва [7].

Важливо зазначити, що всі ці заходи повинні бути інтегровані в загальну систему управління виробництвом та постійно вдосконалюватися. Регулярний аудит екологічних показників та впровадження найкращих доступних технологій (BAT - Best Available Technologies) дозволить забезпечити відповідність виробництва найвищим екологічним стандартам [3].

Крім того, важливо враховувати принципи циркулярної економіки при проектуванні та експлуатації виробництва. Це може включати пошук можливостей для повторного використання відходів, наприклад, використання

надлишку гідроксиду кальцію в інших виробничих процесах або в сільському господарстві [7].

Впровадження цих заходів дозволить значно знизити негативний вплив виробництва пропіонату кальцію на навколишнє середовище, забезпечити відповідність екологічним нормам та стандартам, а також покращити імідж підприємства як екологічно відповідального виробника. Це, в свою чергу, може стати конкурентною перевагою на ринку, де споживачі все більше уваги приділяють екологічним аспектам виробництва продукції [1].

5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

Охорона праці та забезпечення безпеки працівників є ключовими аспектами у виробництві пропіонату кальцію. Виробничий процес пов'язаний з низкою потенційних небезпек, які потребують ретельного аналізу та впровадження відповідних захисних заходів.

Основними джерелами ризику на виробництві є хімічні речовини, що використовуються в процесі. Пропіонова кислота, яка є основною сировиною, має корозійні властивості та може спричинити серйозні хімічні опіки при контакті зі шкірою або слизовими оболонками [16]. Гідроксид кальцію, який використовується для нейтралізації, також є подразнюючою речовиною. Крім того, пил пропіонату кальцію, що утворюється під час сушіння та фасування, може викликати подразнення дихальних шляхів при вдиханні [13].

Для захисту працівників від цих хімічних небезпек необхідно впровадити комплекс заходів. Перш за все, всі співробітники повинні бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), включаючи захисні окуляри, кислотостійкі рукавички, фартухи та респіратори [15]. Важливо регулярно проводити навчання персоналу щодо правильного використання ЗІЗ та поводження з хімічними речовинами.

Ефективна вентиляція робочих приміщень є критично важливою для видалення шкідливих парів та пилю. Системи місцевої витяжної вентиляції повинні бути встановлені в місцях, де можливе виділення парів або пилю, наприклад, над реакторами та в зоні фасування [15]. Крім того, необхідно забезпечити загальнообмінну вентиляцію для підтримання належної якості повітря у всьому виробничому приміщенні.

Для швидкого реагування на можливі аварійні ситуації, пов'язані з розливом хімічних речовин, необхідно обладнати робочі зони аварійними душами та станціями для промивання очей [15]. Персонал повинен бути навчений правилам користування цим обладнанням та діям у надзвичайних ситуаціях.

Механічні небезпеки на виробництві пов'язані з роботою обертового обладнання, такого як мішалки, центрифуги та насоси [15]. Для запобігання травмуванню працівників усе таке обладнання повинно бути оснащене захисними огороженнями. Крім того, необхідно впровадити систему блокування-маркування (LOTO - Lock Out/Tag Out) для забезпечення безпечного обслуговування та ремонту обладнання.

Термічні небезпеки виникають через екзотермічний характер реакції нейтралізації [9]. Для захисту працівників від опіків необхідно забезпечити теплоізоляцію гарячих поверхонь обладнання, встановити попереджувальні знаки та забезпечити персонал термостійкими рукавичками та одягом.

Електробезпека є ще одним важливим аспектом охорони праці на виробництві. Все електрообладнання повинно регулярно перевірятися на справність, мати належне заземлення та відповідати нормам електробезпеки [15]. Працівники повинні бути навчені правилам роботи з електрообладнанням та діям у разі виникнення аварійних ситуацій.

Шум та вібрація, що створюються обладнанням, особливо центрифугами та сушарками, можуть негативно впливати на здоров'я працівників [15]. Для зменшення цього впливу необхідно встановити шумопоглинаючі екрани,

забезпечити працівників засобами індивідуального захисту органів слуху та проводити регулярні вимірювання рівня шуму та вібрації.

Ергономічні ризики, пов'язані з тривалим стоянням, підйомом важких предметів та повторюваними рухами, також потребують уваги [10]. Робочі місця повинні бути спроектовані з урахуванням ергономічних вимог, а працівники забезпечені засобами механізації для підйому та переміщення вантажів. Важливо впровадити режим праці та відпочинку, що включає перерви для розминки.

Психосоціальні ризики, такі як стрес та висока відповідальність, можуть негативно впливати на психічне здоров'я працівників [10]. Для мінімізації цих ризиків необхідно впровадити програми управління стресом, забезпечити належну комунікацію між керівництвом та працівниками та створити сприятливий психологічний клімат у колективі.

Навчання та інструктажі є ключовим елементом системи охорони праці. Необхідно проводити регулярні інструктажі з охорони праці та техніки безпеки, навчати працівників методам надання першої допомоги та проводити тренування з дій у надзвичайних ситуаціях [15].

Моніторинг здоров'я працівників через проведення регулярних медичних оглядів та впровадження програм профілактики професійних захворювань є важливим аспектом охорони праці [15]. Це дозволяє виявляти ранні ознаки професійних захворювань та вживати необхідних заходів для збереження здоров'я працівників.

Впровадження системи управління охороною праці, яка включає розробку політики охорони праці, проведення регулярної оцінки ризиків та аудитів безпеки, а також постійне вдосконалення, дозволить систематично підходити до питань безпеки на виробництві [3].

Важливо зазначити, що всі ці заходи повинні бути інтегровані в загальну систему управління виробництвом та постійно вдосконалюватися. Регулярний аналіз ефективності заходів з охорони праці, розслідування всіх інцидентів та впровадження коригувальних дій дозволить постійно підвищувати рівень безпеки на виробництві [8].

Створення культури безпеки на підприємстві, де кожен працівник розуміє свою відповідальність за дотримання правил охорони праці та активно бере участь у виявленні та усуненні потенційних небезпек, є ключовим фактором успіху в забезпеченні безпечних умов праці [15].

Впровадження цих заходів дозволить значно знизити ризики для здоров'я та безпеки працівників, забезпечити відповідність нормативним вимогам з охорони праці, а також підвищити загальну ефективність виробництва за рахунок зменшення кількості нещасних випадків та професійних захворювань [10]. Це, в свою чергу, сприятиме створенню позитивного іміджу підприємства як соціально відповідального роботодавця та підвищить його конкурентоспроможність на ринку праці.

ВИСНОВКИ

1. Здійснено комплексне дослідження технологічного процесу виробництва пропіонату кальцію продуктивністю 1000 кг/добу. Основною метою роботи був аналіз існуючих методів виробництва, вибір оптимальної технології, розробка технологічної схеми процесу, а також розрахунок матеріального балансу та вибір основного обладнання.

2. Здійснено аналітичний огляд науково-технічної літератури. Визначено, що пропіонат кальцію являє собою кальцієву сіль пропіонової кислоти, яка використовується як консервант у харчовій та кормовій промисловості.

3. Наведено характеристику вихідної сировини для виробництва. До основної сировини належать пропіонова кислота та кальцієві сполуки (гідроксид кальцію або карбонат кальцію), які взаємодіють між собою, утворюючи пропіонат кальцію. Для виробництва 1000 кг/добу пропіонату кальцію необхідно 795,3 кг чистої пропіонової кислоти та 397,7 кг гідроксиду кальцію. У процесі реакції утворюється 193,7 кг води, яка частково видаляється під час фільтрації та сушіння.

4. Оприципову технологічну схему виробництва пропіонату кальцію, що складається з кількох основних етапів: підготовки сировини, реакції нейтралізації, виділення та очищення продукту, сушіння, подрібнення та пакування. Реакція проходить при температурі 70-80°C, після чого отримана суспензія подається у фільтр-прес для виділення твердої фази. Отриманий продукт сушиться при 60-70°C та подрібнюється до частинок розміром 1 мм.

5. Здійснено розрахунок матеріального балансу виробництва пропіонату кальцію, який демонструє високу ефективність використання сировини з мінімальними втратами. Загальна ефективність використання сировини становить 90%. Під час процесу сушіння втрачається 10 кг вологи, а при фільтрації видаляється 283,3 кг фільтрату. Остаточний вихід сухого продукту становить 1040 кг, з яких 40 кг – залишкова волога.

6. Наведена характеристика основного технологічного обладнання. Реактор для проведення хімічної реакції має об'єм 2,5 м³, сушарка працює з продуктивністю 150 кг/год, а подрібнювач забезпечує отримання кінцевого продукту з розміром частинок 1 мм.

7. Описано апаратурно-технологічну схему, яка складається з наступних основних елементів: реактор, змішувач, насос, фільтр, випарна установка, сушарка, дробарка та система пакування. Весь процес контролюється автоматизованою системою, яка регулює параметри температури, тиску, рівня рідини та рН середовища.

8. Розраховано техніко-економічну ефективність виробництва пропіонату кальцію. Витрати на сировину, електроенергію та утилізацію відходів становлять 85% від загальної собівартості, при цьому очікувана рентабельність процесу – 18%.

9. Описано заходи щодо охорони навколишнього середовища, що є важливою складовою проекту з виробництва пропіонату кальцію. Основним відходом є випарувана волога, а також залишки пропіонової кислоти, які можуть бути нейтралізовані перед викидом у стічні води. Впровадження системи повторного використання води дозволяє зменшити споживання ресурсів на 10%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пропіонат кальцію: властивості, застосування, вплив на організм людини. URL: <https://bscanner.com.ua> (дата звернення: 20.01.2025).
2. Guo Y., Xiong B. Research on the Applications of Calcium Propionate in Dairy Cows: A Review. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 8. P. 1336. DOI: 10.3390/ani10081336.
3. ISO/TS 22002-1 Базові програми забезпечення безпечності харчових продуктів. Частина 1: Виробництво продуктів харчування. URL: mskstandart.ru/services/gost-r-54762-2011-iso-ts-22002-1-2009/ (дата звернення: 20.01.2025).
4. Plascencia A. Effects of Supplemental Calcium Propionate and Concentrate Level: Growth Performance, Body Fat Reserves, and Health of High-Risk Beef Calves. *Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 11, No. 8. P. 336. DOI: 10.3390/vetsci11080336.
5. Propionate production by *Bacteroidia* gut bacteria and its dependence on substrate concentrations differs among species. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*. 2023. URL: biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com (дата звернення: 20.01.2025).
6. Бахмач В. О., Подаревська О. В., Тимохін В. В. Фізико-хімічні властивості деяких харчових модельних емульсій. *Харчова промисловість*. 2003. №2. С. 38-39.
7. Бойчик І. М. Економіка підприємства : підручник. Київ : Кондор-Видавництво, 2016. 378 с.
8. Впровадження системи НАССР для операторів ринку харчових продуктів : практичний посібник / А. С. Ткаченко та ін. ; за заг. ред. А. С. Ткаченко. Полтава : ПУЕТ, 2020. 137 с.
9. Гомонай В. І. Фізична та колоїдна хімія. Вінниця : Нова Книга, 2012. 496 с.

10. Дробишева О. О., Домаш Д. В. Економічна сутність, форми і системи оплати праці. 2014. URL: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/evzdia_8_048.pdf (дата звернення: 20.01.2025).
11. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Київ : ТОВ «Руслана», 1998. 415 с.
12. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ : Логос, 2002. 365 с.
13. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. 2015. 9448 с.
14. ДСТУ 4812:2007. Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2019. 17 с.
15. Основи охорони праці : метод. рекомендації до використання інформаційних технологій в навчальному процесі / уклад.: О. В. Євтушенко, А. О. Сірик, П. В. Породько. Київ : НУХТ, 2016. 38 с.
16. Пропіонова кислота — отримання, властивості, застосування. URL: <https://madagaskar.kiev.ua> (дата звернення: 20.01.2025).