

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

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

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

«\_\_» червня 2024 р.

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

«\_\_» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія

на тему: Удосконалення технології отримання гліциризинової  
кислоти

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

\_\_\_\_\_ КЛИМЕНКО Дарина Ігорівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

Консультанти \_\_\_\_\_  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

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

Здобувач (ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2024 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Клименко Дарина Ігорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання гліциризинової кислоти

керівник роботи РОМАНОВА Олеся Олександрівна, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2024 р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 16 квітня 2024 р. \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	13.05.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14.05.2024-16. 05.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17. 05.2024-20. 05.2024	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	21. 05.2024-23. 05.2024	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	24. 05.2024-25. 05.2024	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24.05.2024-27.05.2024	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.2024-29.05.2024	
8	ВИСНОВКИ	30.05.2024-31. 05.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02. 05.2024-30. 05.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13. 05.2024-19. 05.2024	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20. 05.2024-28. 05.2024	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	03.06.2024-07.06.2024	

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Дарина КЛИМЕНКО \_\_\_\_\_

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Олеся РОМАНОВА \_\_\_\_\_

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 69 С., 18 РИС., 24 ТАБЛ., 31 ДЖЕРЕЛ.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технології отримання гліциризинової кислоти.

Обґрунтовано вибір оптимальної технології отримання гліциризинової кислоти та розглянуто шляхи її удосконалення.

Проведено детальний аналіз властивостей, сфер застосування та існуючих методів отримання гліциризину.

На основі літературних джерел обґрунтовано актуальність тематики та розглянуто хімічні властивості цієї кислоти та її біологічну активність.

Виконано розрахунок матеріального балансу технології для лінії продуктивністю 1000 кг/добу.

Розроблено принципову технологічну схему отримання підсолоджувача з кореня солодки та апаратно-технологічну схему на основі сучасних наукових статей.

Проведено комплексний підбір обладнання для основних стадій виробництва.

Розраховано тепловий баланс процесу сушіння та параметри реактора з якірною мішалкою. Згідно з розрахунками, робочий об'єм апарата  $V_p = 7,2 \text{ м}^3$ , висота якірної мішалки  $h = 2,9 \text{ м}$ , діаметр  $d = 1.55 \text{ м}$ .

Оцінено техніко-економічну ефективність технології виробництва гліциризинової кислоти.

Запропоновані заходи з охорони праці на виробництві гліциризинової кислоти з коріння солодки та заходи з охорони довкілля та обґрунтовано екологічну безпеку запропонованої технології.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕКСТРАКЦІЯ, ГЛІЦИРИЗИНОВА КИСЛОТИ, ПІДСОЛОДЖУВАЧІ, КОРІНЬ СОЛОДКИ, ГЛІЦИРИЗИН, Е-958, САПОНІНИ, ПІНОУТВОРЮВАЧІ, РЕАКТОР, ЯКІРНА МІШАЛКА

## ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 69 pages, 18 figures, 24 tables, 31 sources.

This qualification work is dedicated to improving the technology for obtaining glycyrrhizic acid.

The selection of the optimal technology for obtaining glycyrrhizic acid has been substantiated, and ways of its improvement have been considered.

A detailed analysis of the properties, applications, and existing methods for obtaining glycyrrhizin has been conducted.

Based on literary sources, the relevance of the topic has been justified, and the chemical properties and biological activity of this acid have been examined.

A material balance calculation for a production line with a capacity of 1000 kg/day has been performed.

A fundamental technological scheme for obtaining the sweetener from licorice root and a process flow diagram based on contemporary scientific articles have been developed.

Comprehensive equipment selection for the main production stages has been carried out.

The thermal balance of the drying process and the parameters of the reactor with an anchor mixer have been calculated. According to the calculations, the working volume of the apparatus is  $V_p = 7.2 \text{ m}^3$ , the height of the anchor mixer is  $h = 2.9 \text{ m}$ , and the diameter is  $d = 1.55 \text{ m}$ .

The technical and economic efficiency of the glycyrrhizic acid production technology has been evaluated.

Measures for labor protection in the production of glycyrrhizic acid from licorice root and environmental protection measures have been proposed, and the environmental safety of the proposed technology has been substantiated.

**KEYWORDS:** EXTRACTION, GLYCYRRHIZIC ACID, SWEETENERS, LICORICE ROOT, GLYCYRRHIZIN, E-958, SAPONINS, FOAMING AGENTS, REACTOR, ANCHOR MIXER.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	9
1.1 Загальні відомості про гліциризинову кислоту .....	9
1.2 Загальна характеристика сировини .....	11
1.3 Сучасні методи отримання гліциризинової кислоти .....	13
1.4 Застосування гліциризинової кислоти .....	17
1.5 Поширення на території України .....	18
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	20
2. 1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	20
2. 2 Опис принципової технологічної схеми отримання гліциризинової кислоти.....	25
2. 3 Матеріальний розрахунок.....	28
2. 4 Тепловий розрахунок .....	35
2.5 Характеристика основного технологічного обладнання.....	37
2.6 Розрахунок реактора з якірною мішалкою .....	44
2. 7 Опис апаратурно-технологічної схеми .....	48
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	50
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ .....	57
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ВИРОБНИЦТВА .....	58
РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ ВИРОБНИЦТВА.....	62
ВИСНОВКИ .....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	66

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Романова О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
Власник документа  НУХТ	<i>Розробник документа</i> Клименко Д.І.	<i>Назва, додаткова назва</i>  ЗМІСТ	<i>ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.006.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 11.06.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/69

## ВСТУП

Останнім часом, з урахуванням вимог науки про харчування, інтенсивно розвивається виробництво низькокалорійних продуктів і продуктів для людей із певними захворюваннями, особливо діабетом. Це спричинило розширення випуску замінників сахарози як природного походження (нативного або модифікованого), так і синтетичного, включаючи синтетичні інтенсивні підсолоджувачі. Вони можуть мати таку ж солодкість, як і сахароза, або бути значно солодшими, перевищуючи її солодкість у сотні разів.

Без глюкозного фрагмента замінники сахарози можуть ефективно використовуватися у виробництві продуктів харчування і замінників цукру для хворих на цукровий діабет. Високий коефіцієнт солодкості дозволяє виробляти низькокалорійні, дешеві дієтичні продукти, повністю або частково позбавлені легкозасвоюваних вуглеводів.

Виробництво підсолоджувачів є важливим напрямом у харчовій промисловості.

*Актуальність роботи.* Гліциризинова кислота, що видобувається з коріння солодки, є перспективним натуральним підсолоджувачем, який може використовуватися для заміни традиційних цукрів у продуктах. Вона не тільки забезпечує необхідну солодкість, але й має низку корисних властивостей, включаючи протизапальну та імуномодулюючу дію.

У зв'язку з цим, розробка ефективних методів отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки та оптимізація процесів її виробництва є надзвичайно актуальними. Це сприятиме задоволенню зростаючого попиту на натуральні підсолоджувачі, забезпеченню безпеки та якості харчових продуктів, а також підтримці здорового способу життя споживачів.

*Об'єктом дослідження є* технологія виробництва гліциризинової кислоти з коріння солодки

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва  ВСТУП	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 7/69

*Предметом дослідження є гліциризинова кислота, коріння солодки.*

*Метою роботи є розроблення технології отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки.*

**Для реалізації поставленої мети сформовані наступні завдання кваліфікаційної роботи:**

1. Виконати літературний огляд технології отримання гліциризинової кислоти.
2. Розробити принципову технологічну схему отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки.
3. Розрахувати матеріальний баланс до кожної стадії виробництва та тепловий;
4. Здійснити підбір технологічного обладнання для основних стадій виробництва із зазначенням відповідних параметрів; Виконати розрахунок реактора з якірною мішалкою та виконати на основі розрахунків відповідне креслення.
5. На основі вивченої науково-технічної літератури розробити апаратурно-технологічну схему отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки.
6. Здійснити огляд впливу виробництва на екологію навколишнього середовища та охорону праці. Розрахувати економіку підприємства.

**Апробація.** За результатами роботи опубліковані тези доповіді: Дарина Клименко. Технологія отримання гліциризинової кислоти. Матеріали 90-ї Ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 11-12 квітня 2024 р. – К.: НУХТ, 2024 р. Ч.2 – С.293

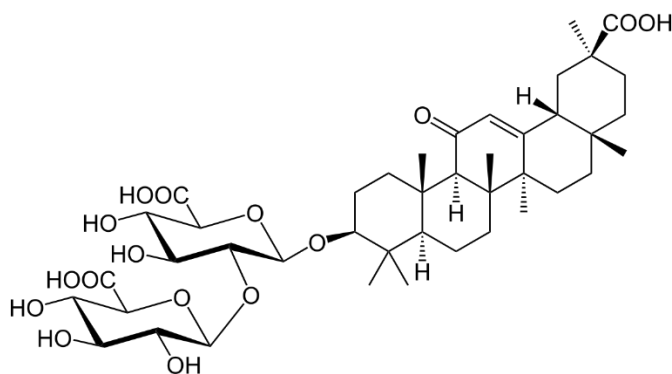
## РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Загальні відомості про гліциризинову кислоту

Гліциризинова кислота міститься в корінні лакриці (солодки). Застосовується як харчовий підсолоджувач та у складі препаратів солодки, як лікарський засіб.

Хімічна назва: -20 $\beta$ -Карбокси-11-оксо-30-норолеан-12-ен-3 $\beta$ -іл-2-О- $\beta$ -

D-глюкопіранунозил- $\alpha$ -D-глюкопіранозидунова кислота.



**Рисунок 1.1 Гліциризинова кислота**

До числа природних сполук в яких основний біоактивний компонент є корень солодки голої (*Glycyrrhiza glabra* L.) і уральської (*Gl. Uralensis* Fisher).

Гліциризинова кислота – це глікозид гліциретинової кислоти, сполученої з ланкою дисахариду глюкуронової кислоти (О- $\beta$ -D-глюкуронозил-(1-2)- $\beta$ -D-глюкуроновою кислотою). Аглікон – гліциретинова кислота – належить до похідних пентациклічних сполук тритерпенової будови на зразок  $\beta$ -амірину (тритерпенового сапоніну) і проявляє властивості кортикостероїдів (гормонів кори надниркових залоз) [1-5].

Гліциризинова кислота є безбарвною кристалічною речовиною, яка майже не розчинна у воді за нормальних умов, але легко розчиняється у киплячій воді та етанолі. Внаслідок гідролізу гліциризинової кислоти сульфатною кислотою формується кристалічний аглікон - гліциретинова кислота, яка відрізняється водонерозчинністю та відсутністю запаху, а в розчині залишається глюкуронова кислота.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.009.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 9/69

Підсолоджувачі – це група харчових добавок, які використовуються з метою надання солодкого смаку продуктам харчування. Підсолоджувачі поділяють на природні та синтетичні: природного походження (туаматін (E957), стевіозид (E960), монелін, неогесперідин дигідрохалкон (E959), гліциризін (E958)); синтетичні інтенсивні підсолоджувачі (сахарин (E954), цикламати (E952), ацесульфатам К (E950), аспартам (E951), сукралоза (955)). Солодкість цих речовин визначають за допомогою коефіцієнта солодкості,  $K_{\text{сол}}$  – кількість цукру, яка забезпечує солодкість розчину, еквівалентну солодкості 9 % розчину підсолоджувача (за сенсорною оцінкою) [0].

Харчова добавка E958 (гліциризин) є складною нативною сумішшю. Головним компонентом гліциризину є гліциризинова кислота (до 15-17%). Гліциризинова кислота є водорозчинним тритерпеновим глікозидом, що утворюється з однієї молекули гліциретової кислоти та двох молекул глюкуронової кислоти [].

Гліциризинова кислота ефективна в лікуванні захворювань щитовидної залози, а також у боротьбі з патологіями, що супроводжують цукровий діабет, такими як гіпертонічна хвороба та порушення кровообігу.

Саме ця кислота може стимулювати продукцію інсуліну при цукровому діабеті. Проте, важливо уникати тривалого і частого застосування через побічні ефекти та уважно ознайомлюватись з протипоказаннями.

Продукти з кореня солодки, включаючи гліциризин, мають широкі медичні застосування, такі як лікування виразки шлунка, антизапальний ефект, боротьба з грипом та герпесом, та підтримка функціонування дихальних шляхів при астмі та інших захворюваннях [9-14].

Також досліджується вплив гліциризину на зниження артеріального тиску, набряків та рівня тестостерону у чоловіків., набряків та рівня тестостерону у чоловіків.

Забороняється використовувати підсолоджуючі харчові добавки у виробництві продуктів для дитячого харчування, окрім спеціальних продуктів для дітей, хворих на діабет

## 1.2 Загальна характеристика сировини

Солодка – рід багаторічних трав'янистих рослин сімейства бобових. У дикому вигляді зустрічається у Франції, Італії, на південному сході України, в Молдові, Північній Африці, Західній та Центральній Азії. Солодка занесена до Червоної книги України.

Хімічний склад цієї рослини дуже широкий і включає: тритерпенові сапоніни (кислоти гліциризинова та гліциретинова та їх похідні, гліциретол, кислота лікорієва,  $\beta$ -амірин), флавоноїди (ліквіритигенін, ліквіритин, ізоліквіритигенін, ізоліквіритин, неоліквіритин, глаброл, глаброн, формонетин, глабридин, гіспаглабридин А, лікофлавонол, лікоізофлавонони А і Б, лікоізофлаванон, халкони, лікуразид), кумарини, ефірну олія та полісахариди. Коріння та кореневища солодки містять до 25% гліциризину – калієвої та кальцієвої солі гліциризинової кислоти [9-13].



**Рисунок 1.2 Солодка гола**

Вирощують солодку з насіння і відводками. Насіння сходять два роки. Оболонка їх настільки тверда, що перед посадкою треба пошкодити її механічним способом. Сходи з'являються слабкими і відразу вимагають поливу і прополювання. Простіше і швидше виростити її з відводків

Заготовлювана сировина – корені, збирається у третій рік життя рослини, восени після закінчення вегетації або весною до початку вегетації, шляхом

викопування коренів вручну або механізовано. Урожайність сухої маси коренів може становити від 40 до 70 центнерів на гектар [0].



**Рисунок 1. 3 Коріння солодки**

Корені підсушують до 40-50 % вологості, очищають, відбирають діаметром 5 мм і більше та довжиною близько 50 см. Після подвійного чищення від кірки і кори сировина має лимонно-жовтий колір, її можна різати на кубики або подрібнювати на порошок.

Зберігають висушену сировину в сухих добре провітрюваних приміщеннях.

Основні біологічно активні речовини солодки голої коренів наведені в таблиці 1.1

*Таблиця 1.1*

***Біологічно активні речовини солодки голої***

Біологічно активні речовини	Вміст, %
Екстрактивні речовини	Всього 22,8–44,1
Тритерпенові сапоніни	3,0–20,0
Гліциризинова кислота	4,0–24
Стероїди	1,5–2,0
Аскорбінова кислота	0,11–0,31
Ефірні олії	1,5–2,0
Целюлоза	до 19
Смоли	1,75–412

## Продовження таблиці 1.1

Крохмаль	до 24
Сахароза	до 11
Білки, амінокислоти	до 10
Ліпіди	до 3–4
Фенольні сполуки	3,0–6,0
Органічні кислоти (бурштинова, лимонна, яблучна, винна)	4,0–4,6
Дубильні речовини	8,3–14,2

### 1.3 Сучасні методи отримання гліциризинової кислоти

Багато факторів впливають на ефективність вилучення вторинних метаболітів з лікарської рослинної сировини. Ці чинники включають природу та обсяг сировини, тип використаного розчинника для екстракції, технологію виробництва, вибраний тип обладнання, співвідношення між сировиною та екстрагентом, а також характер речовин, які необхідно вилучити. Використання відповідної технології екстракції, рослинного матеріалу, виробничого обладнання, методу екстракції та розчинника, разом із дотриманням належних виробничих практик, сприяє отриманню високоякісного екстракту.



**Рисунок 1.4 Екстракція розчинником**

Методи виділення гліциризинової кислоти з коренів солодки, серед яких перший описаний Чірхом, удосконалювались протягом багатьох років. Одним з

прийнятих технологічних підходів є екстракція гарячою водою з додаванням кислот або лугів. Для екстракції також використовуються водний аміак і метанол. Нещодавно зросла увага до обробки коренів солодки вуглекислою в надкритичних умовах ( $\text{CO}_2\text{-MeOH-Et}_3\text{N}$ , 40 °С, 400 кг /  $\text{cm}^2$ ) [0]. Водний екстракт солодки, що містить солі гліциризинової кислоти, використовують для виділення сирової гліциризинової кислоти, яка подається у формі моноаммонієвої солі, що є товарним продуктом.

Розроблено сорбційні технології для виділення гліциризинової кислоти і її моноаммонієвої солі за допомогою іонообмінних смол. Чисту гліциризинової кислоти можна отримати шляхом адсорбції на поліаміді.

Високий рівень очищення гліциризинової кислоти досягається на поліакрилатних смолах і полімерах з альдегідними і ариламино-групами. Водні розчини, що містять до 36% цієї кислоти, очищають ультрафільтрацією через мембрани з ацетилцелюлози, поліакрілонітрила або сополімерів етилену з вініловим спиртом. Описано простий метод виділення досить чистої (93%) гліциризинової кислоти з водного екстракту у формі солі кальцію. Також її можна очистити за допомогою хроматографії на кислому окисі алюмінію. Високий рівень очищення гліциризинової кислоти (99.7%) досягається двовимірною противоточною екстракцією препарату н-бутанолу і фосфатного буфера [13-20].

У коренях солодки гліциризинова кислота присутня у формі різних мінеральних солей, таких як калієво–кальцієво–магнієві солі. Гліциризинова кислота легко утворює солі з різними металами та амонієм. Найбільш поширеною є її сіль, відома як гліцирризинат амонію або глицирам. З водних розчинів солей її можна осаджувати розведеними мінеральними кислотами, у той час як органічні кислоти не здатні здійснювати таке осадження [17-23].

У таблиці 1.2 наведено більшість основних методів екстракції гліциризинової кислоти.

Таблиця 1.2

**Методи екстракції гліциризинової кислоти**

Вихідний матеріал	Екстрагент
Подрібнені корені солодки	гаряча вода або пара
	0,25 % або 1 % водні розчини аміаку
	метанол
	водний розчин метанолу (80 %)
	дистильована вода при 40– 50°C
Порошок коренів солодки	водний розчин лугу, що подається в реакційну масу зі швидкістю 60–80 л/год протягом 5–6 год
	Фізрозчин та зріджений аміак
Солодки корені	мікрохвильова методика екстракції 1– 2 % розчином NH <sub>4</sub> OH в 50–60 % етанолі, (Час екстракції 4–5 хв)
Лужний екстракт солодки	Концентрована H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Промисловий густий екстракт солодки	Екстракція 0,5 % розчином NaOH; осадження 25 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Шрот солодки коренів після вилучення ліпідів та флавоноїдів	Екстракція водним розчином NaOH; осадження мінеральними кислотами
Густий екстракт солодки	сорбційне виділення ГК за допомогою катіонообмін– них та аніонообмінних смол

З чинників, що впливають на повноту і швидкість витягання, які піддаються регулюванню, основними є:

- вибір екстрагенту,
- ступінь подрібнення,
- різниця концентрацій,
- температура,
- тривалість витягання,
- гідродинамічні умови.

Екстракційні процеси часто описуються як дифузійні через те, що рушійною силою перенесення цільових компонентів з вихідної суміші в екстрагент є різниця у концентраціях [0].

Механізм екстрагування залежить від стану частинок твердої фази, температури, концентрації, часу та властивостей екстрагента. Процес вилучення цільових компонентів із твердих матеріалів може бути розглянутий через такі стадії:

1. Пересування розчинника (екстрагента) до цільового компонента, який знаходиться у твердому матеріалі.
2. Взаємодія розчинника з компонентом, який вилучається.
3. Перенесення маси вилученого компонента до межі розділу рідкої і твердої фаз.
4. Перенесення маси вилученого компонента через пограничний шар.
5. Перенесення маси цільового компонента від пограничного шару до потоку розчинника.

При виборі методу екстракції важливим фактором є досягнення рівноважної концентрації вилученого компонента в розчині, а також концентрації насичення [0]. У випадку екстракції без перемішування і відсутності конвекції, коефіцієнт конвективної дифузії стає нульовим, а товщина дифузійного шару дорівнює товщині тільки шару екстрагента. Таким чином, коефіцієнт масопередачі визначається лише внутрішньою дифузією в сировині і вільною молекулярною дифузією в нерухомій рідині.

При виборі екстрагенту потрібно звертати увагу на вище перелічені чинники та економічну доцільність. В даній роботі було розглянуто можливість використання в якості екстрагенту 50% водно-спиртовий розчин [19-20]

## 1.4 Застосування гліциризинової кислоти

Медичне використання солодки бере свій початок у Стародавньому Єгипті, де корінь перетворювали на солодкий напій для фараонів. Ця рослина також знайшла застосування в традиційній китайській, близькосхідній та грецькій медицині для лікування розладів шлунка, запальних процесів та захворювань дихальних шляхів.

На сьогоднішній день корінь солодки широко використовується для лікування таких захворювань, як печія, кислотний рефлюкс, припливи, кашель, бактеріальні та вірусні інфекції, а також захворювання печінки, включаючи гепатити. Він доступний у вигляді порошку, капсул або розчину для внутрішнього застосування.



**Рисунок 1.5 Чай з коріння солодки**

Чай із солодки відомий своєю здатністю заспокоювати біль у горлі та використовується для лікування шкірних захворювань, таких як екзема та акне. Крім того, корінь солодки застосовується для ароматизації деяких продуктів і напоїв.

Використання гліциризинової кислоти як підсолоджувача у харчовій промисловості

Гліциризинова кислота, один із головних активних компонентів кореня солодки, широко використовується як природний підсолоджувач у харчовій промисловості. Завдяки своїй високій солодкості, яка в 30-50 разів перевищує солодкість цукрози, вона є ефективною альтернативою цукру.

Використання гліциризинової кислоти дозволяє знизити калорійність продуктів та напоїв, що є особливо важливим у розробці дієтичних і низькокалорійних продуктів.

В основному гліциризин застосовується при виготовленні продуктів харчування для діабетиків та ряді некаріогенних продуктів. Специфічний та стійкий лакричний присмак обмежує сферу його вживання до кількох пунктів (гострі кондитерські вироби, гіркі настоянки, пастис).

При використанні в мізерних дозуваннях має властивість підсилювача аромату та смаку. При виробництві халви гліциризин виступає в ролі піноутворювача. Приклад виробника, який використовує коріння солодки у якості піноутворювача показано на рис. 1. 6.



**Рисунок 1.6 Халва ТМ «Жайвір» у складі є коріння солодки, яке виступає у ролі піноутворювача.**

Широко використовується гліциризин у медицині при лікуванні виразкової хвороби. Він входить до складу відхаркувальних відварів, протизапальних препаратів. Хоча через потенційні негативні впливи в низці країн від застосування добавки Е-958 у фармацевтиці та медицині відмовилися. Також гліциризин застосовується як віддушка та ароматизація жувального тютюну та тютюну для трубок.

### **1.5 Поширення на території України**

Сировиною є корені (*Radix Glycyrrhizae*), які заготовляють восени (вересень-жовтень) або рано навесні, на початку відростання (квітень).

Поширення солодки голої на території України зазначена на рис. 1.7



Рисунок 1.7 Поширення на території України солодки голої

Солодка гола є середземноморським видом, східна межа ареалу якого доходить до Ірану та Афганістану. Значне поширення вона має в Середній Азії.

В Україні поширена на південному сході і в Криму, де іноді утворює невеликі зарості. Росте на солончакуватих ділянках, приморських схилах, уздовж берегів Азовського та Чорного морів [21-24]/

## РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2. 1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

Харчові добавки відіграють важливу роль у сучасному виробництві продуктів харчування, забезпечуючи поліпшення смаку, текстури, тривалості зберігання та інших характеристик продукції. Виробництво гліциризинової кислоти, яка широко використовується у фармацевтичній, харчовій та косметичній промисловості, не є винятком. Харчові добавки, що застосовуються в процесі виробництва гліциризинової кислоти, зокрема їхні функції, властивості та вплив на кінцевий продукт [7, 9-12].

Гліциризин E958 (солодка речовина, лакриця) – підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату. Одна з найдавніших природних підсолоджуючих речовин в Європі. Отримують з коріння солодкого дерева, що росте на півдні Європи і в Середній Азії.

#### ➤ Вода

Вода (монооксид водню, гідроксид водню, хімічна формула —  $H_2O$ ) — це хімічна речовина, що представляє собою бінарну неорганічну сполуку, молекула якої складається з двох атомів водню та одного атома кисню, зв'язаних ковалентним зв'язком. Первісно, вода є продуктом горіння (окислення) водню при реакції з киснем, але також може бути кінцевим результатом інших хімічних реакцій.



Рисунок 2. 1 Вода

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.020.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 20/69

За нормальних умов вода є прозорою рідиною, без кольору (при малій товщині шару), запаху та смаку. У твердому агрегатному стані вода перетворюється на лід (кристали льоду можуть утворювати сніг або іній), а в газоподібному стані — на водяну пару. Вода також може існувати у вигляді рідких кристалів (на гідрофільних поверхнях). Вода абсолютно нетоксична і безпечна для здоров'я людини через стабільність речовини та негорючість (невосприимливість до горіння, подібно до вуглекислого газу)[4, 7].

Вода є хорошим сильнополярним розчинником. У природних умовах завжди містить розчинені речовини (солі, газу).

На стадії підготовки сировини, вода використовується для миття та очищення коріння солодки. Це дозволяє видалити бруд та інші поверхневі забруднення, що сприяє підвищенню якості подрібненої сировини.

Під час екстракції вода відіграє кілька важливих ролей:

- Видалення домішок: Вода температурою 20-25°C подається в реактор для видалення домішок, таких як сахароза. Це необхідно для підготовки сировини до основної екстракції.
- Розчинник: Вода є основним компонентом водно-спиртового розчину етанолу, який використовується для екстракції гліциризинової кислоти з подрібненої сировини. Її присутність забезпечує ефективний перенос активних речовин з сировини у розчин.

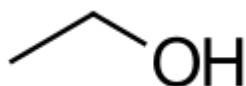
Під час осадження вода використовується для приготування розчину сірчаної кислоти ( $H_2SO_4$ ), який додають до екстракту для утворення гелеподібного осаду гліциризинової кислоти.

Вода є невід'ємною частиною технологічного процесу, впливаючи на якість та ефективність виробництва гліциризинової кислоти. Важливо забезпечувати її чистоту та відповідність технічним вимогам на всіх стадіях виробництва.

### ➤ Етиловий спирт

Етанол (етиловий спирт, винний спирт, абсолютний спирт) — органічна сполука, представник одноатомних спиртів з хімічною формулою  $C_2H_5OH$  (скорочено EtOH).

За звичайних умов це безбарвна, легкозаймиста рідина. Згідно з Національним стандартом України ДСТУ 4221:2003, етанол є токсичною речовиною з наркотичною дією та належить до четвертого класу небезпечних речовин за ступенем впливу на організм людини. Також має канцерогенні властивості[5,12].



Етиловий спирт відіграє ключову роль у стадії екстракції:

- **Розчинник:** Основна функція етилового спирту полягає в його здатності розчиняти гліциризинову кислоту з подрібненої сировини. Використовується 50% водно-спиртовий розчин етанолу, який забезпечує оптимальні умови для екстракції. Спирт покращує розчинність гліциризинової кислоти, підвищуючи ефективність процесу та вихід кінцевого продукту.

### **Калій гідроксид**

Гідроксид калію (їдкий калій) — це біла кристалічна речовина у вигляді паличок, грудок, пластівців або гранул. Він має здатність поглинати вологу з повітря, що призводить до його розчинення у воді, яку він вбирає. Гідроксид калію також поглинає вуглекислий газ з атмосфери, утворюючи карбонат калію ( $K_2CO_3$ ). Це один з найїдкіших відомих матеріалів, що має численні промислові та сільськогосподарські застосування[6].



**Рисунок 2. 2 Калій гідроксид**

Хімічно гідроксид калію дуже активний. Він енергійно реагує з кислотами, виділяючи велику кількість тепла. У вологому повітрі він роз'їдає метали, такі як олово, свинець, цинк і алюміній, виділяючи при цьому горючий і вибухонебезпечний водень.

Гідроксид калію отримують шляхом електролізу водного розчину хлориду калію (KCl). Під дією електричного струму хлорид калію розкладається на калій і хлор. Хлор виділяється як газоподібний побічний продукт, а калій реагує з водою, утворюючи гідроксид калію.

Калій гідроксид відіграє важливу роль на стадії фільтрування:

- Осадження домішок: Після екстракції до отриманого екстракту додають 10% спиртовий розчин КОН. Цей процес осаджує зайві домішки, які можуть бути присутні в екстракті, що дозволяє підвищити чистоту кінцевого продукту.
- Покращення фільтрації: Додавання КОН сприяє утворенню осаду, який легко видаляється за допомогою фільтр-преса. Це забезпечує ефективне видалення домішок і отримання чистого екстракту гліциризинової кислоти.

### **Сульфатна кислота**

Сульфатна кислота відіграє ключову роль на стадії осадження:

- Осадження гліциризинової кислоти: Після фільтрування отриманий фільтрат обробляють 1% розчином  $H_2SO_4$  при температурі 98-100°C. Це призводить до осадження гліциризинової кислоти у вигляді гелеподібного осаду.
- Підвищення чистоти: Використання сульфатної кислоти забезпечує ефективне виділення гліциризинової кислоти з розчину, що сприяє отриманню високочистого кінцевого продукту.

Корінь містить 6-14% гліциризину, крохмаль, цукор, білок, флавіони, солі. Основний солодкий компонент – гліциризинова кислота – глікозид тритерпенгліцетинової кислоти, зв'язаний з O- $\beta$ -D-глюкуронозил-(1,2)- $\beta$ -D-глюкуроновою кислотою.

Гліциризин (гліциризинова кислота) – безбарвна кристалічна речовина, нерозчинна у холодній, але добре розчинна в гарячій воді, етиловому спирті. Виділяється після обробки етиловим спиртом або оцтовою кислотою у вигляді гліциризинової кислоти, калієвих або амонієвих солей.

Гліциризин в 50-100 разів солодший за сахарозу (Ксл 50-100), але не має яскраво вираженого солодкого смаку, має специфічний присмак і тривалий післясмак («лакричний смак») та запах[14-18].

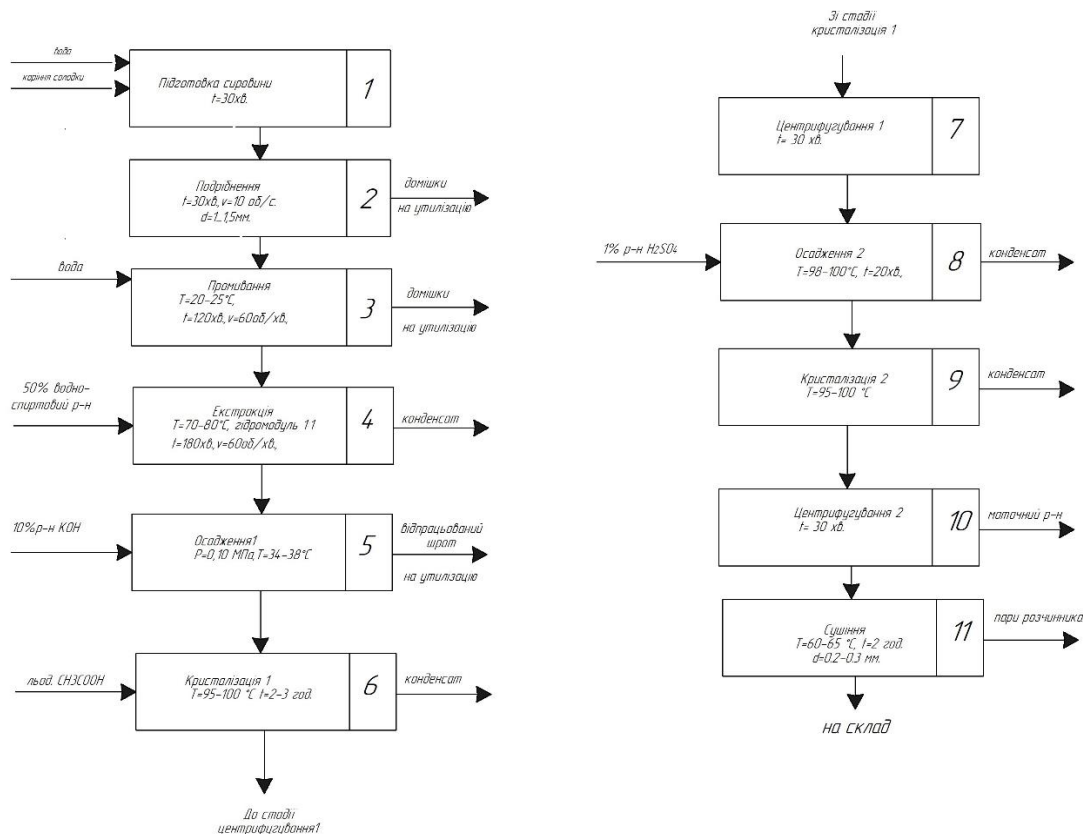
У присутності сахарози проявляє синергетичний ефект. Екстракти з коренів солодкого дерева застосовуються в кондитерській та тютюновій промисловості.

Гліциризинова кислота ефективна в лікуванні захворювань щитовидної залози, а також у боротьбі з патологіями, що супроводжують цукровий діабет, такими як гіпертонічна хвороба та порушення кровообігу.

Забороняється використовувати підсолоджуючі харчові добавки у виробництві продуктів для дитячого харчування, окрім спеціальних продуктів для дітей, хворих на діабет [13].

## 2. 2 Опис принципової технологічної схеми отримання гліциризинової кислоти

На рисунку 2. 3 представлено принципово технологічну схему виробництва гліциризинової кислоти.



**Рисунок 2. 3 Принципово технологічну схему виробництва гліциризинової кислоти**

### 1. Підготовка сировини

Підготовка сировини проводиться наступним чином:

коріння солодки доставлене з підприємства-постачальника, проходять попередню обробку перед основними етапами технологічного процесу спочатку промивають технічною водою від бруду та зайвих домішок.

### 2. Подрібнення

Другою стадією отримання ГК є подрібнення коріння солодки, яке проводиться з метою збільшення ступеня дисперсності для збільшення виходу екстрактивних речовин у розчинник; Вихідна сировина надходить у виробництво в цистернах від підприємства, яке постачає коріння солодки. Зі збірника, в якому сировина міститься,

коріння солодки подаються шнековим живильником до дробарки. Подрібнення проводиться з частотою обертання молоточків 10 об/с до розмірів частинок ( $D$ ) 1...1,5 мм. Тривалість процесу 30 хв. Далі просіюють через сито. Відсів із частинками розміром 2 мм направляють на стадію екстрагування

### 3. Промивання

Подрібнену сировину завантажують у реактор, обладнаний якірною мішалкою. Через трубопровід в реактор подають воду температурою 20-25°C для видалення домішок, зокрема сахарози, оскільки гліциризинова кислота погано розчиняється в прохолодній воді.

### 4. Екстракція

Після видалення домішок в реактор подають 50% водно-спиртовий розчин етанолу(1:1) за  $T=70-80^{\circ}\text{C}$ . Екстракцію проводять при перемішуванні протягом 3 годин, підтримуючи швидкість обертання мішалки на рівні 60 об/хв.

### 5. Осадження 1

Для осадження трикалієвої солі додають 10% спиртовий розчин КОН.

### 6. Кристалізація 1

Осад кристалізують за допомогою льодяної оцтової кислоти для отримання однокалієвої солі.

### 7. Центрифугування 1

Однокалієву сіль центрифугують протягом 30 хвилин на відправлять на осадження.

### 8. Осадження 2

Осаджують 1К гліциризинову кислоту 1% розчином  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до гліциризинової кислоти.

### 9. Кристалізація 2

Гліциризинова кислота після осадження 2 проходить повторну перекристалізацію.

### 10. Центрифугування 2

10 стадією є центрифугування протягом 30 хвилин. Після чого ГК прямує на сушіння.

## 11. Сушіння

Центрифугований осад сушать у сушильній шафі при температурі 60-65°C.

Після сушіння отриманий продукт піддають стандартизації.

Вихід гліциризинової кислоти 47-48% у перерахунку на вихідну сировину екстракту солодки з вмістом ГК 26,6%. Вміст основної речовини в отриманій гліциризиновій кислоті 87-89% за даними ВЕРХ.

Ця технологія забезпечує високий вихід та чистоту гліциризинової кислоти, що є важливим для подальшого використання у фармацевтичній, харчовій та косметичній промисловості[7,9-13].

## 2.3 Матеріальний розрахунок

Розрахунок проводимо на 6000 кг сировини. Ця кількість сировини дозволяє нам отримати продуктивність виробництва гліциризинової кислоти 1000 кг/добу. Склад сировини наведений в таблиці 2.1

Розрахунок будь-якого виробництва повинен відбуватись згідно закону: маса вихідних продуктів повинна дорівнювати масі кінцевих продуктів і обчислюється за формулою  $\Sigma G_{\text{вихідні}} = \Sigma G_{\text{кінцеві}}$ ,

де  $\Sigma G_{\text{вихідні}}$  - сума ваг (мас) вихідних продуктів процесу;

$\Sigma G_{\text{кінцеві}}$  - сума ваг (мас) кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру [7-8].

Матеріальний баланс стадії підготовки сировини

Першою стадією є підготовка сировини. Витрати сировини складають 0,5 %. Дані представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

### Матеріальний баланс підготовки сировини

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Корінь солодки	6000	Промите коріння солодки	5830
		<i>Втрати</i>	30
		<i>Відходи</i>	140
Всього	6000	Всього	6000

Другою стадією є подрібнення. Витрати сировини складають 0,5 %. Дані представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

**Матеріальний баланс подрібнення**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Промите коріння солодки	5830	Подрібнене коріння солодки	5560
		<i>Втрати</i>	29
		<i>Відходи</i>	241
Всього	5830	Всього	5830

**Матеріальний баланс стадії промивання**

Третя стадія –промивання. Подрібнене коріння солодки перед основним процесом екстракції промивають водою для видалення домішок, зокрема сахарози, оскільки гліциризинова кислота погано розчиняється в прохолодній воді. Втрати сировини складають 0,5%. Дані представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

**Матеріальний баланс промивання**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Подрібнене коріння солодки	5560	Промите від домішок коріння	5400
Технічна вода	10000	Відпрацьована вода	9780
		<i>Втрати</i>	78
		<i>Відходи</i>	302
Всього	15560	Всього	15560

**Матеріальний баланс стадії екстрагування**

Четверта стадія –екстрагування підготовленого коріння солодки проводять 50% розчином етилового спирту. Втрати сировини складають 0,5%. Дані представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

## Матеріальний баланс екстракції сировини

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Промите від домішок коріння	5400	Проекстрагований розчин	9200
50% водно-спиртовий розчин етилового спирту(1:1)	5400	Пари розчинника	1350
		<i>Втрати</i>	54
		<i>Відходи</i>	196
Всього	10800	Всього	10800

Матеріальний баланс стадії осадження 1

П'ята стадія – осадження трикалієвої солі ГК. Втрати сировини складають 0,1%.

Дані представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

## Матеріальний баланс осадження 1

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Проекстрагований розчин	9200	Осаджений екстракт	5730.7
10% р-н КОН	60	шрот	3200
		<i>Відходи</i>	320
		<i>Втрати</i>	9,3
Всього	9260	Всього	9260

Шоста стадія – кристалізація 1 за допомогою оцтової кислоти. Втрати сировини складають 0,1%. Дані представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

## Матеріальний баланс кристалізація 1

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Осаджений екстракт	5730.7	Кристалізована ГК 1	4568,5
CH <sub>3</sub> COOH	57300	Пари розчинника	55 342.1623
		<i>Відходи</i>	3057
		<i>Втрати</i>	63.0377
Всього	63 037,7	Всього	63 037,7

Сьома стадія – центрифугування 1. Втрати сировини складають 0,1%. Дані представлені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

## Матеріальний баланс центрифугування 1

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Кристалізована ГК 1	4568,5	ГК після центрифугування 1	4450
		<i>Відходи</i>	114,05
		<i>Втрати</i>	4,45
Всього	4568,5	Всього	4568,5

Матеріальний баланс стадії осадження

Восьма стадія – це осадження 2. З розрахунку 1% р-н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в співвідношенні до гліциризинової кислоти 6:1 Втрати сировини складають 0,2%. Дані представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

## Матеріальний баланс осадження 2

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
ГК після центрифугування 1	4450	Осаджений екстракт 2	3500
1% р-н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	760	Розчин після осадження	2512,85
		<i>Втрати</i>	10.65
		<i>Відходи</i>	525
Всього	5328,5	Всього	5328,5

Дев'ята стадія – кристалізація 2 . Втрати сировини складають 0,2%. Дані представлені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

## Матеріальний баланс кристалізація 2

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Осаджений екстракт 2	3500	Кристалізована ГК 2	2855
		<i>Відходи</i>	638
		<i>Втрати</i>	7
Всього	3500	Всього	3500

Десята стадія – центрифугування 2 . Втрати сировини складають 0,1%. Дані представлені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

**Матеріальний баланс центрифугування 2**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Кристалізована ГК 2	2855	ГК після центрифугування 2	2280
		<i>Відходи</i>	572.145
		<i>Втрати</i>	2.855
Всього	2855	Всього	2855

**Матеріальний баланс стадії сушіння**

Десята стадія – це сушіння. На стадію сушіння надійша центрифугована кислота з вмістом гліциризинової кислоти- 30%.В процесі сушіння виділяється залишки розчинника, волога та розчин кислоти. Втрати сировини складають 1 %.

Дані представлені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

**Матеріальний баланс процесу сушіння**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
ГК після центрифугування 2	2280	Порошок гліциризинової кислоти	1045
		Пари розчинника	1162
		<i>Втрати</i>	22,8
		<i>Відходи</i>	50,2
Всього	2280	Всього	2280

**Матеріальний баланс стадії фасування готового продукту**

Одинадцята стадія – фасування готового порошку гліциризинової кислоти. Втрати сировини складають 1 %. Дані представлені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

## Матеріальний баланс фасування готового екстракту

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Порошок гліциризинової кислоти	1045 кг	Готовий фасований порошок гліциризинової кислоти	1000 кг
		<i>Втрати</i>	10,45 кг
		<i>Відходи</i>	34,55 кг
Всього	1045 кг	Всього	1045 кг

Зведений матеріальний баланс виробництва гліциризинової кислоти. Дані представлені в таблиці 2. 13.

Таблиця 2.13

## Зведена таблиця матеріального балансу виробництва гліциризинової кислоти

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Корінь солодки	6000	Промите коріння солодки	5830
Промите коріння солодки	5830	Подрібнене коріння солодки	5560
Подрібнене коріння солодки	5560	Промите від домішок коріння	5400
Технічна вода	10000	Відпрацьована вода	9780
Промите від домішок коріння	5400	Проекстрагований розчин	9200
50% водно-спиртовий розчин етилового спирту(1:1)	5400	Пари розчинника	1350
Проекстрагований розчин	9200	Осаджений екстракт	5730.7
10% р-н КОН	60	шрот	3200

## Продовження таблиці 2.13

Осаджений екстракт	5730.7	Кристалізована ГК 1	4568,5
CH <sub>3</sub> COOH	57300	Пари розчинника	55 342.1623
Кристалізована ГК 1	4568,5	ГК після центрифугування 1	4450
ГК після центрифугування 1	4450	Осаджений екстракт 2	3500
1% р-н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	760	Розчин після осадження	2512,85
Осаджений екстракт 2	3500	Кристалізована ГК 2	2855
Кристалізована ГК 2	2855	ГК після центрифугування 2	2280
ГК після центрифугування 2	2280	Порошок гліциризинової кислоти	1045
Порошок гліциризинової кислоти	1045 кг	Пари розчинника	1162
		Готовий фасований порошок гліциризинової кислоти	1000 кг
		<i>Втрати</i>	321.5427
		<i>Відходи</i>	6189.945
Всього	129 939,2	Всього	129 939,2

Отже, з 6000 кг коріння солодки можна отримати за розробленою технологією 1000 кг порошкоподібної гліциризинової кислоти.

#### 2. 4 Тепловий розрахунок

Сушіння є одним з ключових етапів у виробництві гліциризинової кислоти з коріння солодки. Саме тому необхідно розрахувати тепловий баланс процесу сушіння. Для розрахунку теплового балансу використовують наступне рівняння:

Де  $Q_T$ ,  $Q_R$ ,  $Q_G$  – кількість теплоти, внесена в апарат твердими, рідкими і газоподібними речовинами відповідно;

$Q'_T$ ,  $Q'_R$ ,  $Q'_G$  – кількість теплоти, що виноситься з апарату продуктами і напівпродуктами реакції, що виходять, і непрореагованими вихідними речовинами в твердому, рідкому і газоподібному стані;

$Q_{ф-пр}$  і  $Q'_{ф-пр}$  – теплота фазових перетворень, що відбуваються з виділенням і поглинанням теплоти відповідно;

$Q_{п}$  – кількість теплоти, що підводиться в апарат ззовні (димовими газами, нагрітим повітрям, спалюванням палива, електроенергією і т.д.);

$Q'_{п}$  – втрати теплоти в навколишнє середовище, а також відведення її через холодильники, поміщені усередині апарату.

Фізичну теплоту реагентів (продуктів) розраховують окремо для кожного виду матеріалу за формулою:

$$Q = G \cdot C_p(T - 273),$$

де  $G$  – кількість реагентів (продуктів), що беруть участь у процесі (визначається з матеріального балансу), кг, м<sup>3</sup>, кмоль;

$T$  – температура реагентів, що поступають, або продуктів, що виходять, К;

$C_p$  – середня теплоємність реагентів (продуктів) за даної температури.

*Тепловий баланс для стадії концентрування*

Розраховуємо кількість теплоти внесеної в апарат якщо осаджений екстракт

$G_1 = 2280$  кг,  $T_1 = 303$  К, а  $C_{p1} = 4,2$  кДж/кг·град.

$$Q_1 = G_1 \cdot C_{p1}(T_1 - 303) = 2280 \cdot 4,2 \cdot (303 - 273) = 287280 \text{ кДж}$$

Нагрівання проводимо парою за наступними показниками

$G_2 = 1000$  кг,  $T_2 = 323$  К, а

$C_{p2} = 2,15$  кДж/кг·град.

$$Q_2 = G_2 \cdot C_{p2}(T_2 - 273) = 1000 \cdot 2,15 \cdot (323 - 273) = 107500 \text{ кДж}$$

Розраховуємо кількість теплоти винесеної з апарату з екстрактом і парою.

Для екстракту гліциризинової кислоти  $G_3 = 1045$  кг  $T_3 = 328$  К, а  $C_{p3} = 4,2$  кДж/кг·град.

$$Q_3 = G_3 \cdot C_{p3}(T_3 - 273) = 1045 \cdot 4,2 \cdot (303 - 273) = 131670 \text{ кДж}$$

Для пари  $G_4 = 1000$  кг,  $T_4 = 293$  К, а  $C_{p4} = 2,13$  кДж/кг·град.

$$Q_4 = G_4 \cdot C_{p4}(T_4 - 273) = 1000 \cdot 2,13 \cdot (293 - 273) = 42600 \text{ кДж}$$

## 2.5 Характеристика основного технологічного обладнання

В промислових масштабах для отримання гліциризинової кислоти використовують наступне технологічне обладнання.

Дробарка ДМ-3000 показано на рисунку 2. 4 у технологічному процесі використовується для подрібнення вихідної сировини до необхідних розмірів частинок. Цей етап є критичним, оскільки він збільшує площу поверхні матеріалу, що сприяє більш ефективному виділенню екстрактивних речовин у наступних стадіях обробки[28].



**Рисунок 2.4 Молоткова дробарка ДМ-3000**

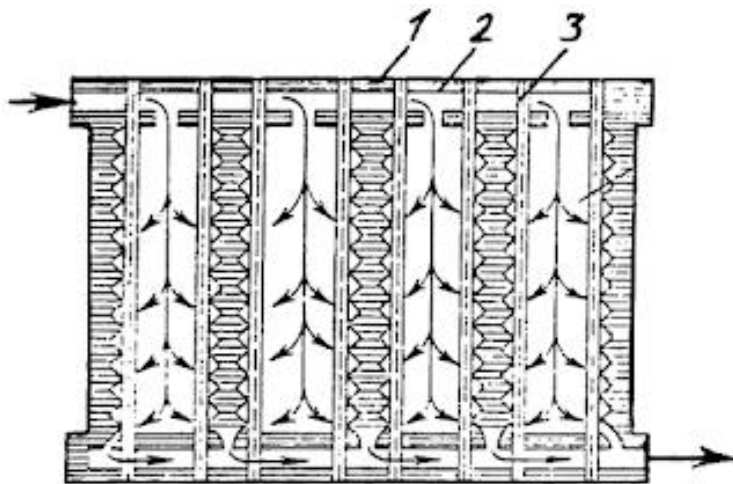
Подрібнена сировина забезпечує кращий контакт з розчинниками під час екстракції, що підвищує ефективність та якість кінцевого продукту. В таблиці 2.14 наведені технічні характеристики молоткової дробарки ДМ-3000.

*Таблиця 2. 14*

### Технічні характеристики молоткової дробарки ДМ-3000

Характеристика	Параметри
Вага	не більше 800 кг
Тип	стаціонарна, барабанна, молоткова
Діаметр ротора	350 мм
Ширина ротора	450 мм
Частота обертання ротора	3000 об/хв
Кількість молотків	128 шт
Встановлена потужність	37 кВт

Рамний фільтр-прес (рис. 2.5) функціонує під надлишковим тиском 0,3-0,4 МПа, який створюється насосом. Пристрій складається з набору плит 1 і рам 2 квадратної, прямокутної або круглої форми, що стискаються спеціальним затискувальним механізмом (ручним, електричним або гідравлічним).



**Рисунок 2. 5 Рамний фільтр-прес**

Плити фільтра виготовляються зі сталі, чавуну або полімерних матеріалів і мають рифлену поверхню з обох боків, на яку накладається фільтрувальна тканина 3. У зібраному вигляді між сусідніми плитами утворюються камери, в яких накопичується осад. У плитах, рамах і фільтрувальній тканині є отвори, що утворюють канали для подачі суспензії та промивної рідини, а також для виведення фільтрату і промивного розчину.

Під час фільтрування суспензія подається паралельно у всі рами і через канали надходить у простір між плитами. Фільтрат проходить через фільтрувальну тканину, стікає по рифленій поверхні плит до вивідного каналу і виводиться з фільтра. Зменшення швидкості витікання фільтрату свідчить про заповнення рам осадом. Після завершення процесу фільтрування осад промивають, подаючи промивну рідину через канал фільтрату. Промивна рідина потрапляє в простір між плитою і фільтрувальною тканиною, проходить через шар осаду і виходить через верхній канал.

Шнековий транспортер, який показано на рис. 2.6 являє собою безперервно діючий механічний пристрій, що складається з відкритого або закритого жолоба з обертовим шнеком всередині. Обертання шнека забезпечується електричним двигуном, а транспортування матеріалів здійснюється за допомогою лопатей шнека.



**Рисунок 2.6 Шнековий транспортер**

Транспортування матеріалів може відбуватися під нахилом або горизонтально, залежно від конфігурації транспортера. Шнекові транспортери широко використовуються в промисловості завдяки своїй універсальності. Наприклад, модель шнекового транспортера ТШ-150/1, зображена на рис. 2.9, має продуктивність від 4 до 16 тонн, електричний двигун потужністю 2,2 кВт та діаметр труби 150 мм [26,28].

Реактор з якірною мішалкою

Ректори з механічним перемішувачем можуть бути вертикальними та горизонтальними. Реактор з якірною мішалкою зображений на рисунку 2.7.



**Рисунок 2.7 Реактора з якірною**

Емальований реактор з якірною (рамною) мішалкою призначений для роботи з рідинами. Він може використовуватися з нейтральними, пожежонебезпечними, вибухонебезпечними або токсичними рідинами, емульсіями, газорідинними сумішами або суспензіями з масовою часткою твердої фази до 30%. У сорочці або змійовику реактора може бути водопровідна або оборотна вода, розсіл, конденсат, насичена водяна пара або високотемпературний органічний теплоносій з температурою від -30 до +300 °С.

Ущільнення можуть бути сальникові або торцеві (для особливо токсичних середовищ). Реактор оснащується вентилем з подовженим слідом, який усуває застійні зони в нижньому випуску. Мішалка (рамна) має форму якоря, повторюючи форму області перемішування реактора, і оснащена горизонтальними та вертикальними перемичками для кращого змішування.

Мішалка та інші внутрішні елементи можуть бути виготовлені з кислотостійких або корозійностійких сталей.

В таблиці 2.15 Наведені основні технічні параметри реактора з якірною мішалкою

Таблиця 2.15

## Основні технічні параметри реактора з якірною мішалкою

Найменування параметрів	Значення параметра
Робочий об'єм, л.	1000
Марка матеріалу деталей, що контактують з продуктом	AISI 316L
Марка матеріалу деталей, що не контактують з продуктом	AISI 304
Шорсткість оброблення поверхонь контактувальних з продуктом	Ra 0,6. Полірування
Шорсткість оброблення поверхонь не контактувальних з продуктом	Ra 0,6. Полірування
Форма кришки	Еліптична
Форма днища	Конічна
Потужність реактора, кВт	5.5
Потужність рамної мішалки, кВт	5.5
Частота обертання рамної мішалки, об/хв	70
Люк завантажувальний DN 400, шт.	1
Оглядове вікно DN 50, шт.	2
Технологічний штуцер підведення продукту вхід Clamp DN 40, шт.	1
Технологічний штуцер підведення сорочки вхід Clamp DN 25, шт.	2
Кран зливний кульовий DN 50, шт.	1
Габаритні розміри (ДД x Ш x В), мм	1400 x 1400 x 2400
Маса, кг	700

Розпилювальні сушарки застосовують для отримання сухих порошкоподібних або гранульованих матеріалів з рідких розчинів або суспензій(рис.2.8).



**Рисунок 2.8 Розпилювальна сушарка**

Розпилювальна сушарка має циліндричний або циліндроконічний теплоізований корпус, у якому за допомогою механічних форсунок або розпилюючих високообертових дисків диспергується на дрібні краплі продукт, що висушується. Об'ємна напруга за вологою в таких сушарках становить 5—10 кг/(м<sup>3</sup>·год). Краплі осаджуються в потоці гарячого теплоносія, при цьому відбувається видалення вологи з них, а висушений продукт виводиться із сушильної камери знизу у вигляді дрібнодисперсного порошку, розмір частинок готового продукту становить 10—500 мкм.

Основне технологічне обладнання наведено у таблиці 2.16:

Таблиця 2.16

## Основне технологічне обладнання для виробництва гліциризинової кислоти

Технологічне обладнання	Потужність (об'єм) та габаритні розміри, мм	Характеристика та призначення
Дробарка барабанна(коренерізка)	1000 кг/год 4340 x 1820 x 3265	.Для подрібнення коренів до діаметру часток 1-1,5 мм
Конвеєр для подачі сировини	80000 кг/год 8000 x 500 x 900	Потужність двигуна 1,1-5.5 кВт. Для подачі подрібненої сировини в реактор та фасування
Насос відцентровий	20 м <sup>3</sup> /год 570 x 320x 390	Потужність двигуна 5,5 кВт. Для подачі екстракту на фільтрацію до друк-фільтра.
Насос відцентровий	10 м <sup>3</sup> /год 400 x 310 x 300	Потужність двигуна 3 кВт. Для подачі фільтрату до резервуару та на розпилювальну сушарку
Реактор з якірною мішалкою	40м <sup>3</sup> ; 5200 x 2700	Реактор з нержавіючої сталі, укомплектований якірною мішалкою та необхідним набором апаратури для екстракції гліциризинової кислоти з сировини.
Фільтр-прес	20м <sup>3</sup> /год 2800 x 2420	Виконаний з нержавіючої сталі та тефлону, може працювати під тиском до 3-5 бар. Для фільтрації екстракту
Резервуар для екстракту	60м <sup>3</sup> 6200 x 3400	Ємність з нержавіючої сталі. Служить для зберігання екстракту до подачі на сушарку.
Сушильна шафа	500 кг/год 4 800 x 4 800 x 5 200	Пряме сушіння осаду до готової сировини (порошку)

## 2.6 Розрахунок реактора з якірною мішалкою

Розрахунок основних параметрів реактора якірної мішалки, де безпосередньо відбувається основний процес отримання гліциризинової кислоти.

Даний апарат працює періодично, тому розрахунок виконуємо наступним чином:

Відомі параметри:

$D = 1800$  мм – діаметр апарату;

$H = 2900$  мм – висота апарату;

$z = 2$  – кількість лопатей в якірній мішалці.

Розв'язок: Виходячи з вказаних даних, приймаємо:

$\delta = 125$  мм – відстань між корпусом реактора і якірною мішалкою;

$h_4 = 520$  мм – відстань від верхньої кормки ємності до рівня речовини.

Отже, висота речовини в апараті:

$$H_p = 0.75 * H = 0.75 * 2900 = 2175 \text{ мм}$$

Висота якірної мішалки

$$h = H - h_4 - \delta = 2900 - 520 - 125 = 2255 \text{ мм}$$

Діаметр якірної мішалки:

$$d = D - 2 * \delta = 1800 - 2 * 125 = 1550 \text{ мм} = 1.55 \text{ м}$$

Ширина лопаті:

$$b = 0,007 * d = 0,007 * 1550 = 108 \text{ мм}$$

Радіус мішалки:

$$R_1 = \frac{d}{2} = \frac{1550}{2} = 775 \text{ мм}$$

$$r_1 = R_1 - b = 775 - 108,5 = 666,5 \text{ мм}$$

Кутова швидкість лопаті:

$$\omega = \frac{\pi * n}{30} = \frac{\pi * 59}{30} = 6,17 \text{ 1/с}$$

Потужність електродвигуна(приводу) мішалки розраховують за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{\eta} * N = \frac{\beta_1 + \beta_2}{\eta} * K_N * \rho * n^3 * d^5$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{2 * 1,2}{0,95} * 0,23 * 1093 * 0,96^3 * 1,55^5 = 5 \text{ кВт}$$

де,  $\beta_1$  - коефіцієнт, що враховує перевантаження двигуна в пусковий момент, зазвичай  $\beta_1=2$ ;

$\beta_2$ - коефіцієнт запасу потужності, зазвичай  $\beta_2 = 1,2$ ;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії приводу, зазвичай  $\eta = 0,95$ ;

$K_N$ - корисна потужність двигуна, Вт;

$N$  - критерій потужності;

$\rho$  - щільність перемішуємо середовища, кг / м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертів, с<sup>-1</sup> .

Для цього типу реактора з якірною мішалкою частота обертання валу становить 0,96 с<sup>-1</sup> ( 59 об/хв).

Розраховуємо критерії потужності  $K_N$

$$K_N = \frac{c}{Re_M^m} = \frac{6.2}{504179} = 0.23$$

$$Re_M = \frac{\pi * d^2 * \rho}{\mu} = \frac{0,96 * 1,55^2 * 1093}{50 * 10^{-3}} = 504179$$

де,  $Re_M$  - модифікований критерій Рейнольдса, краще перемішування відбувається в турбулентному режимі;

$c$  і  $m$  - постійні величини, що характеризують певні типи мішалок і режими їх роботи, для даного апарату  $c = 6,2$  і  $m = 0,25$ .

Добова потужність виробництва:

$$P_d = \frac{N}{n} = \frac{50}{330} = 0,1515$$

де,  $N = 50$  – потужність виробництва, т/рік;

$n = 330$  – кількість робочих днів у році.

Перерахунковий коефіцієнт від завантаження на 1 т(1000кг) готового продукту до добового завантаження:

$$K = P_d / 1 = P_d = 0,1515$$

При розрахунку на 1 т готового продукту:

$$V_d = V_T * K = 33,37 * 0,1515 = 5,0561 \text{ м}^3 \text{ де,}$$

$V_T$  – об'єм матеріалів, які переробляються на даній стадії на 1 т готового продукту,  $\text{м}^3$

$V_d$  – об'єм матеріалів, які переробляються на певній стадії впродовж доби,  $\text{м}^3$

Об'єм матеріалу на основній стадії виробництва:

$$V_d = V_T * K = 35,77 * 0,1515 = 5,4186 \text{ м}^3$$

Приймаємо повний об'єм апарата  $V_a$ :  $6,3 \text{ м}^3$ , коефіцієнт заповнення  $\phi$  апарату приймаємо  $0,65$ .

Визначаємо робочий об'єм апарата  $V_p$  :

$$V_p = V_a * \phi = 6,3 * 0,65 = 7,2 \text{ м}^3$$

Кількість операцій , які проводяться на даній стадії впродовж доби:

$$\alpha = V_d / V_p = 5,4186 / 4,0950 = 1,3232 \text{ оп/доба}$$

Кількість операцій, які проводяться в одному апараті впродовж доби:

$$\beta = 24 / \tau = 24 / 30 = 0,8 = \text{оп/доба}$$

Розрахована кількість апаратів:

$$m_p = \alpha / \beta = 1,3232 / 0,8 = 1,6540$$

Приймаємо кількість апаратів  $m = 2$

В даній технології необхідно використати два реактори для виробництва заданої продуктивності на добу.

На рисунку 2. 9 Показано креслення реактора з якірною мішалкою, яке виконане відповідно до проведених розрахунків.

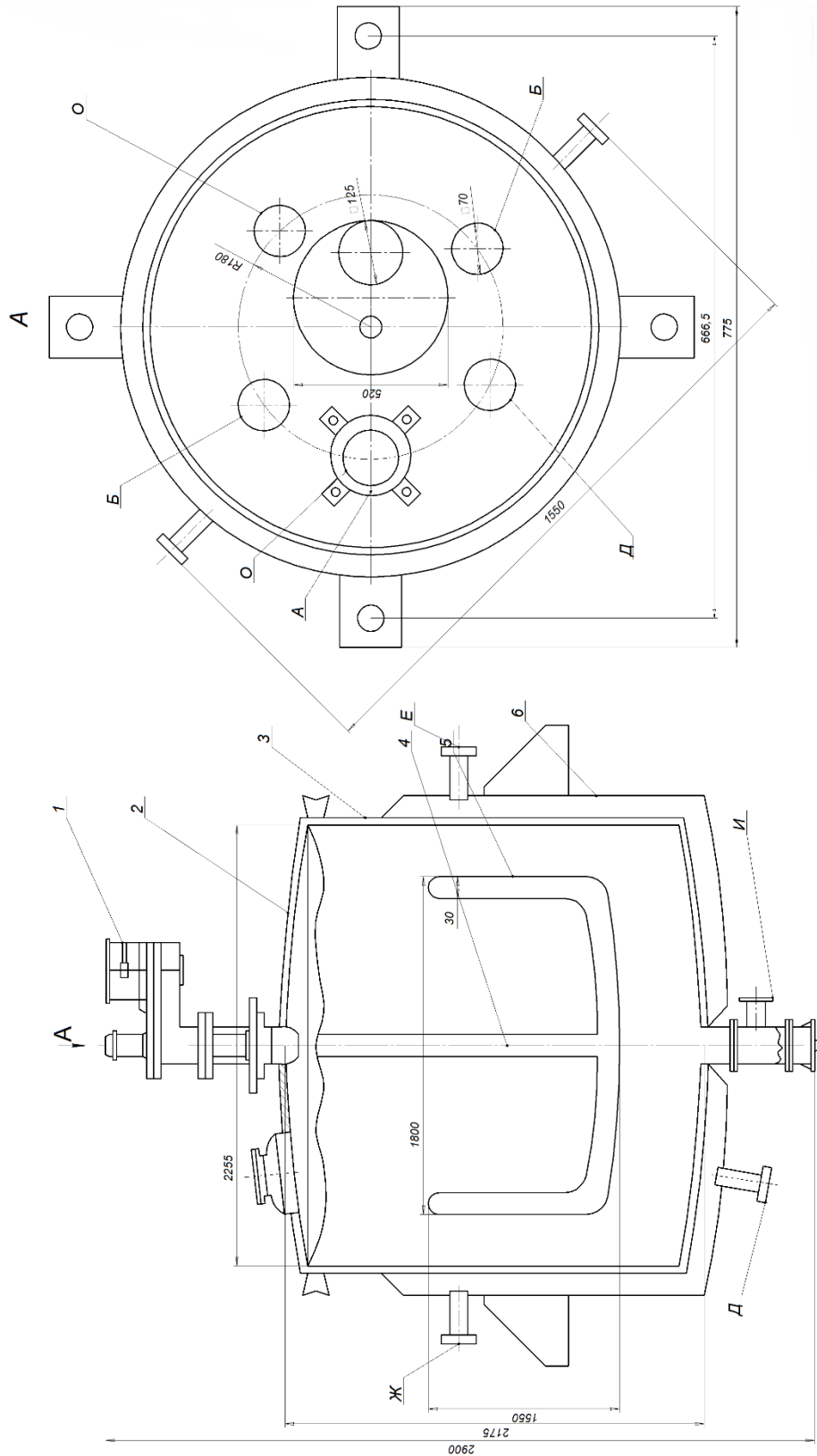


Рисунок 2.9 Реактор з якірною мішалкою



Коріння солодки, доставлені з підприємства-постачальника, проходять попередню обробку перед основними етапами технологічного процесу.

Коріння солодки зі збірника **1** подають конвеєром **2** на промивання водою в мішалці **4**. Потім промите коріння через конвеєр **5** прямує на подрібнення в молотковій дробарці **6**. Подрібнену сировину конвеєром **7** направляють на стадію екстрагування в реактор **8**, який обладнаний якірною мішалкою.

Через трубопровід в реактор подають воду температурою 20-25°C для видалення домішок, зокрема сахарози, оскільки гліциризинова кислота погано розчиняється в прохолодній воді. Після видалення домішок в реактор подають 50% водно-спиртовий розчин етанолу при температурі 70-80°C. Екстракцію проводять при перемішуванні протягом 3 годин, підтримуючи швидкість обертання мішалки на рівні 60 об/хв. Після екстракції розчин подається відцентровим насосом **9** до фільтр-пресу **10**. Зайві домішки осаджують, додаючи 10% спиртовий розчин КОН.

Отриманий екстракт осаджують у мішалці **10**. Осаджений розчин надходить за допомогою відцентрового насоса **11** до кристалізатора **12** для кристалізації оцтовою кислотою. Кристалізований розчин прямує через відцентровий насос **13** до центрифуги **16** для центрифугування далі розчин прямує через насос **15** до збірника **14** з метою подальшого осадження. Осадження проводять 1% розчином  $H_2SO_4$  при температурі 98-100°C. Осаджений розчин прямує на повторну кристалізацію в кристалізаторі **12** та центрифугування **16**. З метою економії затрат на додаткове обладнання за данною технологічною схемою ми повторно використовуємо мішалку для осадження, кристалізатор та центрифугу.

Центрифугований розчин прямує через гвинтовий насос **17** до сушильної шафи **18** на стадію сушіння при температурі 60-65°C.

Одержаний сухий порошок гліциризинової кислоти передається на стадію фасування за допомогою шнекового транспортера **19** до збірника **20**.

Проводять дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості, зокрема колір, запах, масову частку домішок та вміст вологи. Ця технологія забезпечує високий вихід та чистоту гліциризинової кислоти, що є важливим для подальшого використання у харчовій промисловості.

### РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для визначення доцільності виробництва гліциризинової кислоти необхідно провести розрахунок собівартості виробництва. Розглянемо основну сировину та матеріали, що використовуються в процесі виробництва, а також їх вартість, яку показано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

#### Основна сировина та матеріали для виробництва гліциризинової кислоти та їх вартість.

Сировина та матеріали	Одиниця виміру	Норми витрат на 1000 кг	Ціна одиниці сировини, грн	Сума, грн
Коріння солодки	кг	6000	390	2 340 000
50% водно-спиртовий розчин	л	5400	120	6 480 000
1%р-н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	л	720	90	648 000
10% р-н КОН	л	60	150	9 000
Всього	-	-	-	9 477 000

Отже, витрати на сировину та основні матеріали на 1000 кг складуть 9 477 000 грн. Для виготовлення 1 кг гліциризинової кислоти необхідно 9 477 грн/кг сировини.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ III ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.050.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 50/69

Транспортно-заготівельні матеріали приймаємо в розмірі 3%, що складають 284, 31 грн/кг. Отже, витрати складатимуть 9 761,31 грн/кг.

Випускаємо підсолоджувач в мішках по 5 кг, тобто на 1000 кг припадає 200 мішків готової продукції.

Розраховуємо допоміжні та таропакувальні матеріали для виготовлення. (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

### Допоміжні та таропакувальні матеріали

Сировина та матеріали	Одиниця виміру	Норми витрат на 1000 кг	Ціна одиниці тари, грн/шт.	Сума грн/кг
Мішок місткістю 5 кг	шт.	200	3	600

Таким чином, витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали для виробництва 1000 кг гліциризинової кислоти становитимуть 600 грн/кг.

Враховуючи транспортні витрати на таропакувальні та допоміжні матеріали у розмірі 5%, вони складуть 30 грн/кг.

Отже, загальні витрати становитимуть 630 грн/кг. У таблиці 3.3 представлені витрати енергоресурсів на виробництво одиниці продукції.

## Енерговитрати

Енергоресурс	Одиниця виміру	Норми витрат на 1000 кг	Ціна одиниці ресурсу, грн	Вартість ресурсу, грн
Електроенергія	кВт	103	2,35	225
Вода гаряча	м <sup>3</sup>	17	72,07	1075
Всього				1300

Отже, енерговитрати на 1000 кг підсолоджувача становлять 1300 грн.

Розрахуємо добову потужність виробництва гліциризинової кислоти:

$$P_{\text{доб}} = P_{\text{г}} * T_{\text{змін}} * K_{\text{змін}}, \text{ де}$$

$P_{\text{г}}$  – годинна потужність провідного обладнання;

$T_{\text{змін}}$  – тривалість змін;

$K_{\text{змін}}$  – кількість змін.

$$P_{\text{доб}} = 156 * 8 * 1 = 1248 \text{ кг}$$

За добу виробництва буде виготовляти 1000 кг готового продукту.

Фактичний добовий обсяг виробництва розраховується за формулою:

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{доб}} * K_{\text{вик}},$$

де  $K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання потужності (нормативне значення 0,8).

Таким чином фактичний обсяг виробництва кислоти становитиме:

$$P_{\text{факт}} = 1248 * 0,8 = 1000 \text{ кг}$$

Річний обсяг виробництва гліциризину розраховуємо за формулою:

$$O = P_{\text{факт}} * K_{\text{д.р.}},$$

де  $K_{\text{д.р.}}$  – кількість діб роботи лінії.

Отже, річний обсяг виробництва E958:

$$O = 1000 * 365 = 365 \text{ 000 кг}$$

Далі слід виконати розрахунок основної заробітної плати працівникам (табл.3.4). Тривалість робочої зміни становить 8 годин. Кількість робочих днів на

підприємстві складає 365, при цьому підприємство працює без вихідних та свят. Посадові оклади або тарифні ставки для працівників, що відносяться до 2-5 тарифних розрядів, розраховуються шляхом множення окладу або ставки працівника 1-го тарифного розряду ( $6300/160 = 39,4$  грн/год) на відповідний тарифний коефіцієнт. Зазначений тарифний коефіцієнт для працівника 2-го розряду становить 1,17, а для працівника 4-го розряду - 1,54.

Таблиця 3.4

**Основна заробітна плата робітників, що працюють за погодинною системою оплати праці**

Посада	Кількість робітників на зміну	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Тривалість зміни, год	Тарифний фон заробітної плати, грн
Інженер-технолог	1	IV	60,4	8	176368
Апаратник	1	IV	60,4	8	176368
Укладальник-пакувальник	3	II	45,9	8	134082
Підсобний робітник	1	II	45,9	8	134082
Всього	6				889064
На 1000 кг продукції					99,6

Отже, основна заробітна плата працівників за рік становить 889064 грн. Витрати на цю статтю складають 99.6 грн.

Додаткова заробітна плата включає в себе винагороду за працю, яка виходить за межі встановлених норм, за винахідливість та трудові досягнення, а також за особливі умови праці. Величина додаткової заробітної плати приймається на рівні 30% від основної заробітної плати.

Витрати, пов'язані з Єдиним соціальним фондом (ЄСФ), становлять 22% від основної заробітної плати.

Додаткова заробітна плата працівників та внески до ЄСФ наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

### Додаткова заробітна плата працівників та відрахування до ЄСФ

Показник	Відсоток, %	Сума, грн/кг
Додаткова заробітня плата	30% від ОЗП	29,8
Загальний фонд заробітної плати (ОЗП+ДЗП), грн	-	129,5
Відрахування до ЄСФ	22% від (ОЗП+ДЗП)	28,4

Таким чином, витрати на додаткову заробітну плату становлять 29,8 грн/кг, а відрахування до Єдиного соціального фонду (ЄСФ) складають 28,4 грн/кг.

Витрати на утримання та обслуговування обладнання приймаються на рівні 200% від основної заробітної плати.  $99,6 \text{ грн/кг} * 2 = 199,2 \text{ грн/кг}$

Розрахуємо витрати за статтею "Витрати, пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції".

Відсоток витрат за цією категорією становить 10% від основної заробітної плати (ОЗП).  $99,6 \text{ грн/кг} * 0,1 = 9,96 \text{ грн/кг}$

Прийmemo, що загальновиробничі витрати становлять 300% від основної заробітної плати (ОЗП).  $99,6 \text{ грн/кг} * 3 = 298,8 \text{ грн/кг}$

Розрахуємо виробничу собівартість гліциризинової кислоти:

$$9671,31 + 630 + 1300 + 99,6 + 29,8 + 28,4 + 199,2 + 9,96 + 298,8 = 12\,267,07 \text{ грн/кг}$$

Розрахуємо суму адміністративних витрат, що складають 2,5% від виробничої собівартості:

$$12\,267,07 * 0,025 = 306,7 \text{ грн/кг}$$

Розрахуємо витрати на збут, що складають 3% від собівартості виробничої:

$$12\,267,07 * 0,03 = 368,01 \text{ грн/кг}$$

Для розрахунку інших операційних витрат приймаємо величину, яка становить 1% від собівартості готового продукту:

$$12\,267,07 * 0,01 = 122,67 \text{ грн/кг}$$

Отже, повні витрати на виробництво гліциризинової кислоти будуть складати:

$$12\,267,07 + 306,7 + 368,01 + 122,67 = 13\,064,45 \text{ грн/кг}$$

В таблиці 3.6 представлено калькуляцію виробництва гліциризинової кислоти з коріння солодки.

Таблиця 3.6

**Результати розрахунків по статтям калькуляції гліциризинової кислоти**

Статті калькуляції	Витрати на 100 кг, грн
Сировина та основні матеріали	9671,31
Допоміжні та таропакувальні матеріали	630
Паливо та енергія на технологічні цілі	1300
Основна заробітня плата робітників	99,6
Додаткова заробітня плата	29,8
Відрахування до ЄСВ	28,4
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	199,2
Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням виробництва продукції	9,96
Загальновиробничі витрати	298,8
Виробнича собівартість	12 267,07
Адміністративні витрати	306,7
Витрати на збут	368,01

## Продовження таблиці 3.6

Інші операційні витрати	122,67
Повні витрати	13 064,45

Отже, повні витрати на весь обсяг виробництва гліциризину будуть складати:  
13 064,45 тис. грн.

## РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Виробництво підсолоджувачів, їх асортимент безперервно розширюються. Це пов'язано з тенденціями здорового харчування (низькокалорійні продукти), потребами хворих на діабет, економічними причинами.

Підсолоджувачі - це група харчових добавок, які використовуються з метою надання солодкого смаку продуктам харчування.

Згідно з Санітарними правилами і нормами щодо застосування харчових добавок, затверджених наказом МОЗ України № 222 від 23.03.1996 р., викладено основні принципи і вимоги щодо використання підсолоджувачів:

Застосування підсолоджувачів з метою економії цукру неприпустимо з гігієнічних позицій, оскільки суперечить принципам раціонального харчування.

Підсолоджувачі використовуються у виробництві дієтичних харчових продуктів спеціального призначення самостійно або у комбінації з іншими підсолоджувачами, або цукром. Використовуючи комбінацію підсолоджувачів, необхідно враховувати їх якісний і кількісний синергізм.

Підсолоджувачі застосовуються у промисловому виробництві продуктів харчування на підприємствах харчової промисловості. Рецептури та етикетки на кожний конкретний вид харчового продукту з використанням підсолоджувача повинні узгоджуватись у порядку, встановленому Міністерством охорони здоров'я України.

Етикетка кожної пакувальної одиниці харчового продукту з підсолоджувачем повинна містити інформацію про нього, а для аспартаму – попереджувальний надпис: "містить джерело фенілаланіну".

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.057.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 57/69

Підсолоджувачі можуть поставлятися на ринок з метою продажу кінцевому споживачеві для індивідуального використання як "підсолоджувачі до столу" у дозованому вигляді. При цьому торговельний опис підсолоджувача до столу повинен містити термін: "підсолоджувач до столу на основі..." з зазначенням конкретної підсолоджуючої речовини. Препарати повинні бути забезпечені анотацією (стисла інструкція про призначення речовини, спосіб вживання, рекомендації щодо дозування у їжу або добового споживання, існуючі протипоказання).

Підсолоджувачі можуть бути використані у громадському харчуванні тільки для приготування дієтичних страв, при цьому у кожній порції вміст підсолоджувача не повинен перевищувати його разову дозу. Використання підсолоджувачів замість цукру у харчуванні дитячих організованих колективів неприпустимо. Продукти дитячого харчування не повинні містити підсолоджувачі.

Гліциризин (Е 958) У 50-100 раз солодше сахарози, йому властиві специфічні присмак і запах, що обмежує його застосування. У країнах ЄС воно не дозволене до застосування або не згадується в офіційних документах[2, 7, 27].

## РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ВИРОБНИЦТВА

Екологічна безпека підприємства, що виробляє гліциризинову кислоту, є критично важливою для збереження навколишнього середовища та здоров'я людей. Ми розглянемо основні етапи забезпечення екологічної безпеки на підприємстві, а також зроблені висновки щодо їхньої важливості.

Етапи забезпечення екологічної безпеки:

Оцінка впливу на довкілля. Перший крок - це проведення комплексної оцінки впливу виробництва гліциризинової кислоти на довкілля. Це включає в себе аналіз викидів, стічних вод, відходів та можливих негативних наслідків для природи.

Впровадження технологій очищення і зменшення викидів. Після оцінки впливу необхідно впровадити технології очищення повітря та стічних вод, а також методи зменшення викидів в процесі виробництва.

Після проведення оцінки впливу необхідно впровадити технології очищення повітря з метою зменшення викидів шкідливих речовин. Для цього можна використовувати системи фільтрації та абсорбції, які дозволять затримати частки та забруднення, що утворюються під час виробництва. Також доцільно впровадити методи зменшення формування шкідливих викидів шляхом оптимізації технологічних процесів та використання більш екологічно чистих сировин та реагентів.

Очищення стічних вод також є однією з ключових складових забезпечення екологічної безпеки підприємства. Для цього можна використовувати різноманітні методи, такі як біологічне очищення, фізико-хімічні процеси та механічне очищення. Важливо забезпечити високу ефективність очищення та відповідність вимогам щодо якості стічних вод, що відводяться у навколишнє середовище.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Романова О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Розробник документа</i> Клименко Д.І.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ВИРОБНИЦТВА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.059.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 11.06.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 59/69

Навчання та підвищення обізнаності персоналу. Регулярне навчання персоналу щодо правил та процедур безпеки, а також їхньої ролі в збереженні довкілля. Економне ставлення до використання матеріалів на виробництві, електроенергії та теплоносіїв. Нормовані витрати миючих розчинів, кислот та інших екологічно небезпечних рідин.

Система управління середовищем. Створення системи управління середовищем, яка включає в себе моніторинг викидів та впливу на довкілля, регулярну перевірку технічного стану устаткування та впровадження процедур для запобігання аварій.

Співпраця з органами влади та громадськістю. Важливо мати відкритий діалог з органами влади та місцевою громадськістю для спільного розв'язання питань, пов'язаних з екологічною безпекою.

На рис. 5.1 зазначені основні засоби реалізації екологічної політики підприємства.



Рисунок 5.1 Інструменти реалізації екологічної політики підприємства.

Забезпечення екологічної безпеки на підприємстві з виробництва гліциризинової кислоти є важливим завданням, яке вимагає системного підходу та постійного вдосконалення. Інвестування в технології очищення, впровадження

систем управління середовищем та співпраця зі зацікавленими сторонами є ключовими компонентами успішної стратегії забезпечення екологічної безпеки.

Заходи, вжиті на різних етапах, дозволяють знизити вплив виробництва на довкілля, зменшуючи ризик забруднення ґрунтів, водойм та повітря. Крім того, ці заходи сприяють покращенню взаємодії з місцевою спільнотою та зміцненню довіри до підприємства. Такий підхід не лише сприяє сталому розвитку підприємства, а й сприяє загальному благополуччю суспільства та охороні навколишнього середовища.

## РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ ВИРОБНИЦТВА

Забезпечення безпечних умов праці на підприємстві з виробництва підсолоджувачів є важливим для здоров'я та добробуту працівників, дотримуючись законів України щодо охорони праці та впроваджуючи європейські стандарти безпеки.

Однією з основних складових безпечних умов праці є надання працівникам колективного та індивідуального захисту. Наукові дослідження підтверджують, що використання спеціальних засобів захисту, таких як респіратори, захисний одяг та окуляри, значно знижує ризик впливу шкідливих факторів на організм працівника. Ці заходи роблять робоче середовище безпечнішим і сприяють збереженню здоров'я працівників[27,28].

Медичні огляди та обстеження відіграють важливу роль у створенні безпечних умов праці. Досвід компанії показує, що регулярні медичні огляди дозволяють вчасно виявляти потенційні проблеми зі здоров'ям працівників та надавати необхідну медичну допомогу. Це сприяє зниженню ризику виникнення професійних захворювань і травм.

Навчання працівників є важливим елементом забезпечення безпечних умов праці. Освіта з охорони праці та безпечного виконання робіт підвищує обізнаність працівників і їх готовність реагувати на можливі ризики, що сприяє зменшенню кількості нещасних випадків на робочому місці.

Всі ці заходи підкреслюють важливість комплексного підходу до забезпечення безпечних умов праці на підприємстві. Поєднання колективного та індивідуального захисту, медичних оглядів та навчання сприяє досягненню найкращих результатів у збереженні здоров'я працівників і запобіганні травмам та захворюванням на робочому місці. Охорона праці водночас вирішує два основних завдання.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ ВИРОБНИЦТВА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.062.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 62/69

Перше з них - інженерно-технічне, спрямоване на запобігання можливим небезпечностям під час трудового процесу через застосування наступних стратегій:

заміну небезпечних речовин на менш небезпечні, впровадження нових технологій, що зменшують ризик травматизму та захворювань, проектування та конструювання обладнання з урахуванням вимог безпеки праці та розробка засобів індивідуального та колективного захисту.

Друге завдання - соціальне, включає в себе відшкодування матеріальної, моральної або соціальної шкоди, завданої внаслідок нещасних випадків або професійних захворювань, що полягає в захисті прав працівників [27, 29-31].

Для вирішення цих завдань охорона праці базується на правових та організаційних засадах та включає в себе регулювання питань виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки. Вона структурно охоплює наступні аспекти:

1. Правові та організаційні основи охорони праці: Це комплекс законодавчих актів та організаційних заходів, спрямованих на правильну організацію та безпечні умови праці, включаючи засоби індивідуального захисту, компенсацію за ризиковану роботу, відповідальність і компенсацію у разі нещасних випадків.

2. Фізіологія, гігієна праці та виробнича санітарія: Засоби та заходи для запобігання або зменшення впливу шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників.

3. Виробнича безпека: Організаційні та технічні заходи для запобігання або зменшення небезпечних виробничих факторів.

4. Пожежна безпека та профілактика: Засоби та заходи для запобігання пожежам і вибухам на робочому місці.

Закон України "Про охорону праці" встановлює 10 основних принципів державної політики в цій галузі, включаючи пріоритет життя та здоров'я працівників, захист їхнього права на безпеку на робочому місці, інтеграцію економічних методів управління охороною праці, інформування та навчання працівників з питань охорони праці, та інші.

Отже, охорона праці визнається ключовим завданням для забезпечення безпеки та добробуту працівників і вимагає комплексного підходу та спільних зусиль всіх зацікавлених сторін для досягнення цієї мети [29-30].

## ВИСНОВКИ

1. Під час виконання кваліфікаційної роботи був здійснений ґрунтовний літературний огляд можливих технологій отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки. Узагальнені знання, щодо сировини та готового продукту.

2. Розробили принципово технологічно схему отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки. Цінності данної технології полягає в тому що коріння солодки використовують у якості природного підсолоджувача з широким спектром фармакологічних властивостей(протизапальні, антиоксидантні, протівірусні). Зростаючий інтерес до натуральної та органічної продукції збільшує попит на природні підсолоджувачі зокрема і E-958.

3. Розрахувати матеріальний баланс для кожної стадії виробництва та тепловий. З 6000 кг коріння солодки можна отримати 1000 кг гліциризинової кислоти.

4. Здійснили підбір технологічного обладнання для основних стадій виробництва із зазначенням відповідних параметрів;

Виконали розрахунок реактора з якірною мішалкою. Згідно з проведеними розрахунками, робочий об'єм апарата  $V_p = 7,2 \text{ м}^3$ , висота якірної мішалки  $h = 2,9 \text{ м}$ , діаметр  $d = 1.55 \text{ м}$ . Виконали на основі розрахунків відповідне креслення реактора.

5. На основі вивченної науково-технічної літератури розробити апаратурно-технологічну схему отримання гліциризинової кислоти з коріння солодки.

6. Провелена оцінка впливу виробництва на екологію навколишнього середовища та охорону праці. Прорахували економіку виробництва. повні витрати на весь обсяг виробництва гліциризину будуть складати: 13 064,45 тис. грн.

7. Представили висновки та список використаної літератури.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.065.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 65/69

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання /уклад.: О.Г Макаренко, О.В Подобій, Т.М. Бойчук та ін. – К.: НУХТ, 2020. С. 66.
2. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» [Текст]: станом на 10 лютого 2012 р. — К. : ЦУЛ, 2012. — С.70.
3. Екстракція рослинної сировини: Навчальний посібник / Ю. І. Сидоров, І. І. Губицька, Р. Т. Конечна, В. П. Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. С. 336.
4. Вода. Матеріали сайту URL: <http://surl.li/twbmb> (дата звернення 21.05.2024).
5. Етанол. Матеріали сайту URL: <http://surl.li/twbkx> (дата звернення 21.05.2024).
6. Калій їдкий. Гідроксид калію. Матеріали сайту URL: <http://surl.li/twbld> (дата звернення 21.05.2024).
7. Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», денної форми навчання. уклад. О.В. Подобій, І.В. Житнецький. – К.: НУХТ, 2018. С. 1-33. 36.
8. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання [Електронний ресурс]. уклад. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький - К.: НУХТ, 2015. С. 1-21.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Клименко Д.І.	Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.066.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 11.06.2024	Мова ua	Аркуш 66/69

9. Kitagawa I., Hori K., Taniyama T., et al. Saponin and Sapogenol. XLVII. On the constituents of the roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fischer from northeastern China. (1). Licorice-saponins A3, B2 and C2. *Chem. Pharm. Bull.* -2013b.-Vol.41, N 1 - P. 43-49.
10. Kiso Y, Tohkin M, Hikino H, Hattori M, Sakamoto T, Namba T. Mechanism of antihepatotoxic activity of glycyrrhizin. I: Effect on free radical generation and lipid peroxidation. *Planta Med.* 2014 Aug; 50(4): P.298-302.
11. Kobayashi, M., Fujita, K., Katakura, T., Utsunomiya, T., Pollard, R.B., Suzuki, F., 2012. Inhibitory effect of glycyrrhizin on experimental pulmonary metastasis in mice inoculated with B16 melanoma. *Anticancer Research* 22, 4053– 4058.
12. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е- коди. Будова. Одержання. Властивості - Львів: Центр Європи. 2009. - 836 с.
13. Луценко Н.В., Мироняк М.О., Ткач В.І. Визначення гліциризинової кислоти в корінні солодки голої методом прямої потенціометрії. 2015, 4, 35-41.
14. Kuroda M, Mimaki Y, Sashida Y et al. 2013. Phenolics with PPAR-ligandbinding activity obtained from licorice (*Glycyrrhiza uralensis* roots) and ameliorative effects of glycyrin on genetically diabetic KK-Ay mice. *Bioorg Med Chem Lett* 13: P.4267–4272.
15. Lin J.C. Mechanism of action of glycyrrhizic acid in inhibition of EpsteinBarr virus replication in vitro. *Antiviral. Res.* 2013. V. 59(1). P.41-47.
16. Ткач В.І. Гетерополянїони як аналітичні реагенти на азотвміщуючі органічні речовини. - Дніпропетровськ: ДДУ. 1995. - 1% с.
17. Liu Q., Liu Y.L. Flavonoids from *Glycyrrhiza* genus. *Zhongguo Jiaoxue Zazhi*. 2019. Vol.24, N 12, P.705-709 (Chem. Abstrs. 2019. Vol.113, N 3, 20844 h ). 20. Lucas Richard. *Nature's Medicines : The Folklore, Romance, and Value of Herbal Remedies*. West Nyack, 2016 – P. 224.
18. Ruzicka L., Jeger O. Zur Lage der Carboxylgruppe bei der Glycyrrhetinsäure *Helv. Chim. Acta*. 2012. Vol.25. S.775-785.
19. Ruzicka L., Jeger O., Ingold W. Neuer Beweis für die verschiedene Lage der Carboxylgruppe bei der Oleanolsäure und der Glycyrrhetinsäure\\ *Helv. chim. Acta*. 2013. Vol.26, S.2278-2300.

20. Використання гетеропотіаніонів структури Кеггіна в аналізі органічних сполук / В.І. Ткач. Н.І. Карандесва. Л.П. Циганок. АБ. Вишнікін. - Дніпропетровськ: УДХТУ. 2002. - 184 с.

21. Державна Фармакопея України : в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків : Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 2. 724 с.

22. Дячок В. В., Ятчишин Ю. Й. Про коефіцієнт дифузії при екстрагуванні рослинної сировини. Вопросы химии и химической технологии. 2019. № 1. С. 47-49.

23. Мироняк, М.О., Луценко Н.В., Ткач В.І. Амперометричне визначення гліцирризинової кислоти та її похідних в корінні солодки. 2013, 5, 114-117.

24. Шалата В. Я., Сур С. В. Вивчення технологічних властивостей багатокомпонентної лікарської рослинної сировини. Запоріжський медичний журнал. 2019. № 2. С. 111-115

25. Закон України про дитяче харчування: від 14 вересня 2006 р. № 142-V // Відомості Верховної Ради України. — 2006. — № 44. — С. 1469-1476.

26. І.Ф. Малежик, О.С. Марценюк, Л.М. Мельник та ін. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування : навч. посіб. для студ. вищ. нав. закл; за ред. І.Ф. Малежика. – Київ : НУХТ, 2012. С. 543.

27. Млавець Ю.Ю. Охорона праці (конспект лекцій для студентів математичного факультету і факультету післядипломної освіти та доуніверситетської підготовки). Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2015. С. 56.

28. Підбір обладнання Матеріали сайту URL: <https://promvit.com.ua/> (дата звернення 21.05.2024).

29. Система оптимум: Матеріали сайту URL: <https://systopt.ub.ua/analytic/23942-glyukoza-dekstroza--zastosuvannya-funkciyi-vlastivosti.html> (дата звернення 21.05.2024).

30. Мостицька Т. Л. Організація виробництва на підприємствах харчової промисловості: підручник. Київ. Кондор. 2012. С. 723.

NewReferat: Матеріали сайту URL: <http://www.newreferat.com/ref-36204-3.html>  
(дата звернення 21.05.2024).

31. Охорона праці під час виробництва лікарських засобів: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5194199/> (дата звернення 21.05.2024).