

**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

_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис) (ініціали та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Т.Т.Носенко
(підпис) (ініціали та прізвище)

« ____ » _____ 2021 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 солей фітинової кислоти

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 4

_____ Четвертнова Віолетта Сергіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Фесич Ігор Володимирович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Житнецький І.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент Іщенко В. М. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Т.Т.Носенко

“09” квітня 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Четвертної Віолетти Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання солей фітинової кислоти

керівник роботи Фесич Ігор Володимирович, к.х.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08”квітня 2021 р.№ 236- КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи передбачити отримання фітину із рисових висівок з _____ потужністю _____ виробництва _____ 730 кг/добу.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Вступ; Розділ I. Аналітичний огляд науково-технічної літератури; Розділ II. Технологічна частина; Розділ III. Техніко-економічне обґрунтування; Розділ IV. Організація контролю якості продукції; Розділ V. Екологічна частина та охорона праці; Висновки; Список використаної літератури; Додатки.

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	11.05.2021р.	___.2021р.

7. Дата видачі завдання 09.04.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.04.2021р.	
2	Аналітичний огляд науково-технічної літератури	14.04-25.04.2021р.	
3	Технологічна частина. Розрахунок матеріального та теплового балансу. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.	26.04-25.05.2021р.	
4	Техніко-економічне обґрунтування	11.05-16.05.2021р.	
5	Організація контролю якості продукції	17.05-19.05.2021р.	
6	Екологічна частина та охорона праці	20.05.-23.05.2021р.	
7	Висновки	24.05.2021р.	
8	Список використаної літератури. Реферат	12.04.-25.05.2021р.	
9	Графічна частина проекту. Принципова технологічна схема	26.04-10.05.2021р.	
10	Графічна частина проекту. Апаратурно-технологічна схема	26.04-10.05.2021р.	
11	Графічна частина проекту. Креслення апарату (загальний вигляд)	11.05-25.05.2021р.	
12	Перевірка на академплагіат, передзахист, , рецензування ДП	25.05.2021р.- 01.06.2021р.	

Здобувач _____
(підпис)

Четвертнова В. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Фесич І.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 89 С., 18 РИС., 19 ТАБЛ., 30 ДЖЕРЕЛ.

У даній роботі наведено удосконалену технологію виробництва солей фітинової кислоти із рисових висівок.

Удосконалення існуючої технології виробництва фітинової кислоти полягало у отриманні саме солей фітинової кислоти, які широко застосовуються у хіміко – фармацевтичній, молочній та харчовій промисловості, а також у якості сорбентів.

Дипломна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків.

При виконанні роботи було розглянуто можливу технологію отримання солей фітинової кислоти та сировинну базу для їх отримання. Розроблено принципову технологічну та апаратурно – технологічну схеми отримання фітину. Розраховано матеріальний та тепловий баланси. Визначено, що продуктивність виробництва становить 365 кг / зміну.

Проведено конструктивний розрахунок основного апарату – реактора для осадження з рамною мішалкою. Робочий об'єм реактора складає 1,25 м³, а потужність електродвигуна приводу – 6,06 кВт.

Наведено техніко – економічне обґрунтування виробництва та обчислено собівартість 1 кг фітину, яка дорівнює 577 гривням і є конкурентноспроможною на ринку.

Описано вимоги щодо контролю якості сировини та готового продукту за відповідними нормативними документами. Проаналізовано екологічні аспекти виробництва, наведені способи утилізації шкідливих речовин. Розроблена технологія відповідає усім вимогам і стандартам охорони праці, забезпечує працівників належними умовами праці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФІТИНОВА КИСЛОТА, КАЛЬЦІЄВО – МАГНІЄВА СІЛЬ ФІТИНОВОЇ КИСЛОТИ, ВИРОБНИЦТВО, ТЕХНОЛОГІЯ, РИСОВІ ВИСІВКИ, ЕКСТРАКЦІЯ, УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЯ, ОБЛАДНАННЯ

ABSTRACT

NOTE EXPLANATORY: 89 P., 18 PIC., 19 TAB., 30 LITERATURE

This paper presents an improved technology for the production of salts of phytic acid from rice bran.

The improvement of the existing technology of phytic acid production consisted in obtaining phytic acid salts, which are widely used in the chemical - pharmaceutical, dairy and food industries, as well as as sorbents.

This diploma project consists of an introduction, five sections and conclusions.

During the work, the possible technology of obtaining phytic acid salts and the raw material base for their production were considered. The basic technological and hardware-technological schemes of obtaining phytates are developed. Material and heat balances are calculated. It is determined that the production capacity is 365 kg / shift.

A constructive calculation of the main apparatus - the reactor for deposition with a frame stirrer. The working volume of the reactor is 1.25 m³, and the power of the electric motor of the drive is 6.06 kW.

Feasibility study of production is given and the cost of 1 kg of phytin is calculated, which is equal to 577 hryvnias and is competitive on the market.

The requirements for quality control of raw materials and finished product according to the relevant regulations are described. The ecological aspects of production are analyzed, the methods of utilization of harmful substances are given. The developed technology meets all the requirements and standards of labor protection, provides employees with appropriate working conditions.

KEY WORDS: PHYTINIC ACID, CALCIUM-MAGNESIUM SALT OF PHYTINIC ACID, PRODUCTION, TECHNOLOGY, RICE BRAIN, EXTRACTION, ULTRASONIC FILTRATION, EQUIPMENT.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1. Загальна характеристика та фізико – хімічні показники фітинової кислоти та її солей.....	10
1.2. Поширеність фітину у рослинних субстратах.....	16
1.3. Основні сфери застосування та вплив на організм фітинової кислоти та її солей.....	18
1.4. Технологія отримання фітину.....	20
1.5. Шляхи удосконалення технології виробництва солей фітинової кислоти.....	22
1.6. Висновки до розділу I.....	23
РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	25
2.1. Характеристика вихідної сировини.....	25
2.2. Принципова технологічна схема отримання кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти.....	26
2.3. Розрахунок матеріального балансу.....	30
2.4. Розрахунок теплового балансу.....	35
2.5. Підбір основного технологічного обладнання.....	39
2.6. Розрахунок реактора для осадження з рамною мішалкою.....	49
2.7. Удосконалена технологія отримання солей фітинової кислоти із рисових висівок.....	56
РОЗДІЛ III. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	60
РОЗДІЛ IV. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	69

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Четвертнова</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Фесич І. В.</i>				6	89
<i>Н.контр.</i>		<i>Подобій О. В.</i>			ЗМІСТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		

4.1. Визначення органолептичних властивостей солей фітинової кислоти.....	69
4.2. Методи якісного та кількісного визначення фітинової кислоти та її солей.....	69
4.3. Інші сучасні фізико – хімічні методи визначення фітинової кислоти та її солей.....	72
РОЗДІЛ V. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	76
5.1. Екологічна частина.....	76
5.2. Охорона праці.....	78
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	86

ВСТУП

Актуальність теми. Поживні речовини необхідні людині для клітинної діяльності і фізіологічних функцій в цілому. Хоча основна причина вживання їжі - вгамувати голод, прагнення вживати хорошу і поживну їжу в усі часи є актуальною задачею для людей. Їжа вважається хорошою і поживною, якщо вона сприяє підтриманню здоров'я, профілактиці захворювань і забезпечує організм необхідною кількістю поживних речовин. Крім поживних речовин у харчовій матриці, також присутні інші метаболіти (включаючи вторинні метаболіти, які виявляють антипоживні властивості). Наявність в їжі антипоживних речовин, таких як фітинова кислота та її солі, впливає на абсорбцію поживних речовин і їх біодоступність. Фітин (солі фітинової кислоти) проявляють властивості, що впливають на засвоюваність поживних речовин. Вони впливають на всмоктування в кишечник і доступність деяких життєво важливих мінералів, таких як кальцій, магній, залізо і цинк, необхідних для організму людини.

В даний час фітин викликає великий інтерес. Він володіє властивостями регулятора багатьох метаболічних процесів, в тому числі нормалізації кальцій-фосфорного і іонного балансу, а також є екзогенним антиоксидантом широкого спектру дії і приймає участь в підтримці енергетичного статусу організму людини.

Фітин є основною формою зберігання фосфору в зернових, бобових рослинах і горіхах. Фітинова кислота є харчовим інгібітором, який хелатує поживні мікроелементи і перешкоджає тому, щоб вони були біодоступними для людей.

Великою проблемою фітинової кислоти є її низька засвоюваність, пов'язана з високою міцністю зв'язування комплексів фітинової кислоти з кальцієм і магнієм, а також відсутністю ферментів для її розщеплення в організмі людини.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.008.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Четвертнова			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Фесич І. В.					8	89
Н. Контр.		Подобій О. В..				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Ніни фітин не є досить досліджуваною речовиною, а способи його отримання є багатостадійними, дорогими та потребують проведення синтезу на холоді. Тому удосконалення існуючої технології є доволі актуальним питанням.

Мета роботи – проаналізувати, на підставі літературних джерел, основні методи виробництва фітину та удосконалити технологію отримання солей фітинової кислоти шляхом додавання процесу ультрафільтрації на мембранному фільтрі.

Об'єктом дослідження є технологія отримання фітину.

Предметом дослідження є солі фітинової кислоти.

Завдання на виконання роботи:

1. На основі аналізу науково – технічної літератури вивчити властивості, сфери застосування фітину та визначити шляхи удосконалення існуючі технології виробництва.
2. Розробити удосконалену принципову технологічну схему отримання солі фітинової кислоти.
3. Розрахувати матеріальний та тепловий баланси.
4. Провести підбір обладнання та обчислити основний апарат – реактор для осадження з рамною мішалкою.
5. Створити удосконалену апаратурно – технологічну схему виробництва солей фітинової кислоти.
6. Визначити економічну доцільність виробництва.
7. Навести методи контролю якості готового продукту.
8. Дослідити екологічні аспекти виробництва та охорону праці.
9. Узагальнити отримані результати, написати висновки.

					ВСТУП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

РОЗДІЛ І

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальна характеристика та фізико – хімічні показники фітинової кислоти та її солей

Термін «фітин» - це загальна назва солей фітинової кислоти (частіше всього кальцієвих і магнієвих), тоді як «фітати» - це аніони фітинової кислоти з різним ступенем дисоціації. Досить часто в якості збірної назви солей фітинової кислоти замість терміна «фітин» вживають термін «фітат».

Комплексоутворюючі властивості фосфатних груп дозволяють фітиновій кислоті ефективно хелатувати катіони металів, особливо Cu^{2+} і Zn^{2+} , які, в свою чергу, мають високу спорідненість до інозитолфосфатів. В залежності від зниження міцності комплексів з фітиновою кислотою катіони металів можна розташувати в наступній послідовності: $\text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$. Подібним чином можна розташувати іони металів в залежності від міцності утворених ними комплексів з фітиновою кислотою і нижчими фосфатами інозитулу (InsP_3 - InsP_6) при рН 3-7: $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$. Встановлено також, що міцність комплексів знижується при зменшенні кількості фосфатних груп в складі фітатів. Результати недавніх досліджень говорять про те, що фітин, виявлений в живих організмах, містить, головним чином, магній, кальцій і калій [2].

При надлишку в розчині фітинової кислоти переважно утворюються водорозчинні комплекси з катіонами металів в еквімолярних співвідношеннях, таких як 1: 1. При надлишку катіонів металів утворюються слабозчинні і нерозчинні солі. Цікаво, що розчинність солей фітинової кислоти досягає максимальних значень як при дуже низькому, так і при дуже високому вмісті катіонів металів в розчині. Наявність катіонів декількох металів сприяє утворенню нерозчинних комплексів.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.010.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Четвертнова			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Фесич І. В.					10	89
Н. Контр.		Подобій О. В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Наприклад, розчинність значно знижується в присутності в розчині катіонів Ca^{2+} одночасно з катіонами інших металів. При взаємодії фітинової кислоти з іонами якого-небудь одного металу, наприклад марганцю, кобальту, нікелю, міді, олова або цинку, утворюються нерозчинні солі, в складі яких співвідношення фітинової кислоти і катіонів варіює від 1: 2 до 1: 5. Додавання в розчин хлорид-іонів викликає повну депротонізацію залишків фосфорної кислоти, зміщуючи стехіометричне співвідношення до 1: 6 [3].

Ще одним фактором, що впливає на розчинність солей фітинової кислоти, є рівень рН середовища. Фітати кальцію, кадмію, цинку і міді краще розчинні при значеннях рН нижче 4-5, тоді як фітат магнію добре розчинний у воді при рН 7,5.

Нерозчинні комплекси фітинової кислоти з металами осідають в вигляді аморфної маси, насиченої водою (до 22 молекул води на 1 молекулу фітату), що ускладнює проведення кристалографічного аналізу. При вивченні кристалічної структури фітату заліза (III) було виявлено, що зв'язок фосфату з залізом порівнянний по міцності з ковалентним. Осадження комплексів починається, коли від 2 до 4 іонів Fe^{3+} взаємодіють як мінімум з 4 із 6 фосфатних груп молекули фітинової кислоти. Теоретично, кожна фосфатна група взаємодіє з двома іонами заліза, кожен з яких, в свою чергу, пов'язаний з трьома фосфатними групами двох різних молекул фітатів [4].

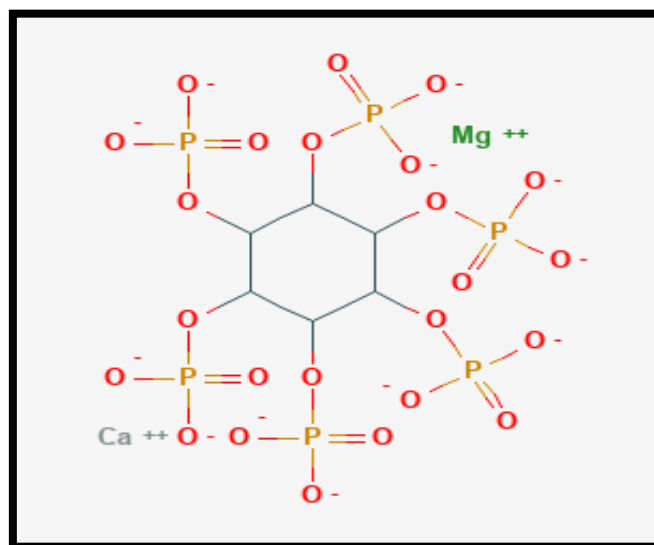


Рис. 1.1. Структурна формула кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти

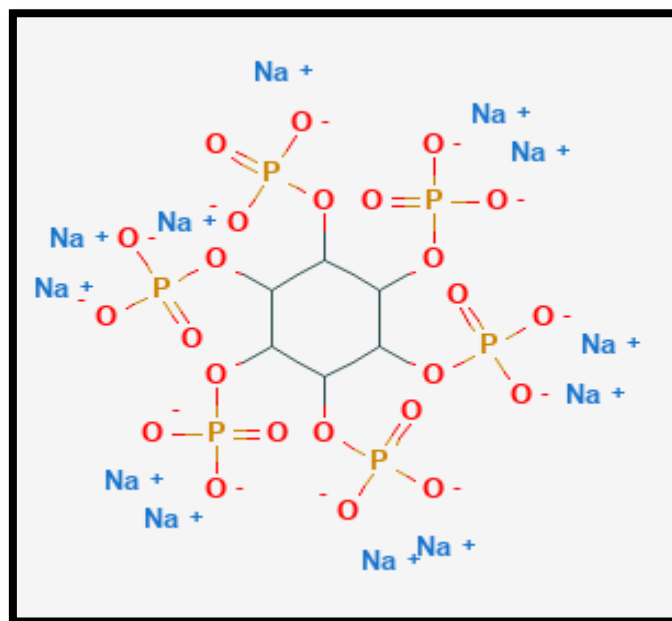


Рис. 1.2. Структурна формула натрію фітату

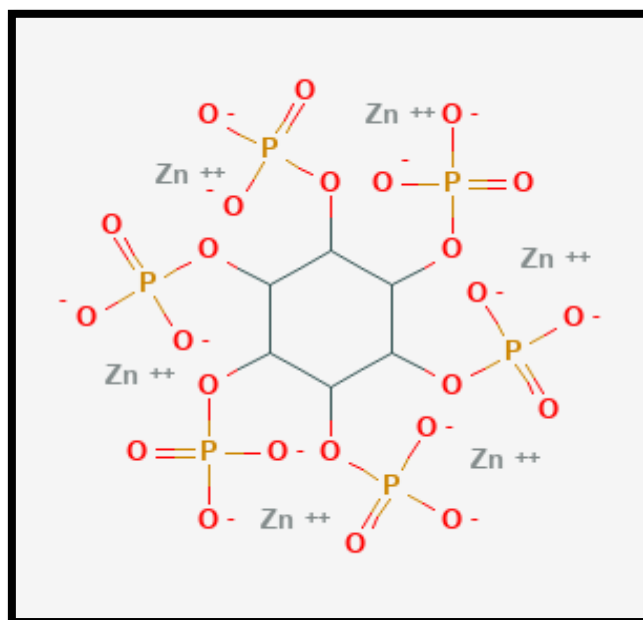


Рис. 1.3. Структурна формула фітату цинка

Таблиця 1.1

**Фізико – хімічні властивості
кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти**

Властивість	Значення
1	2
Структурна формула	$C_6H_{14}CaMgO_{24}P_6$
Молекулярна маса	712,32 г/моль

1	2
Зовнішній вигляд	Кристалічна речовина білого кольору
Температура плавлення	< 25°C
Температура кипіння	105°C
Розчинність	Майже нерозчинна у воді
Густина	1,432 г/мл
Кількість ковалентно-пов'язаних одиниць	3
Кількість акцепторів водневого зв'язку	24

Фітинова кислота, або міо-інозитгексафосфорна кислота, - це тривіальні назви D-міо-інозитол-1,2,3,4,5,6-гексакісдигідрофосфорної кислоти (молекулярна маса 660), яка являє собою складний ефір циклічного шестиатомного поліспирту міо-інозиту (або міо-інозиту) і шести залишків ортофосфорної кислоти. Повна назва цього з'єднання точно характеризує його хімічну будову: приставка міо вказує на певну орієнтацію гідроксильних груп щодо інозитольного кільця. Префікс «гексакіс» (на відміну від «гекса») означає, що фосфатні групи не пов'язані один з одним. Вперше хімічна формула фітинової кислоти була запропонована Anderson R. J. в 1914 році.

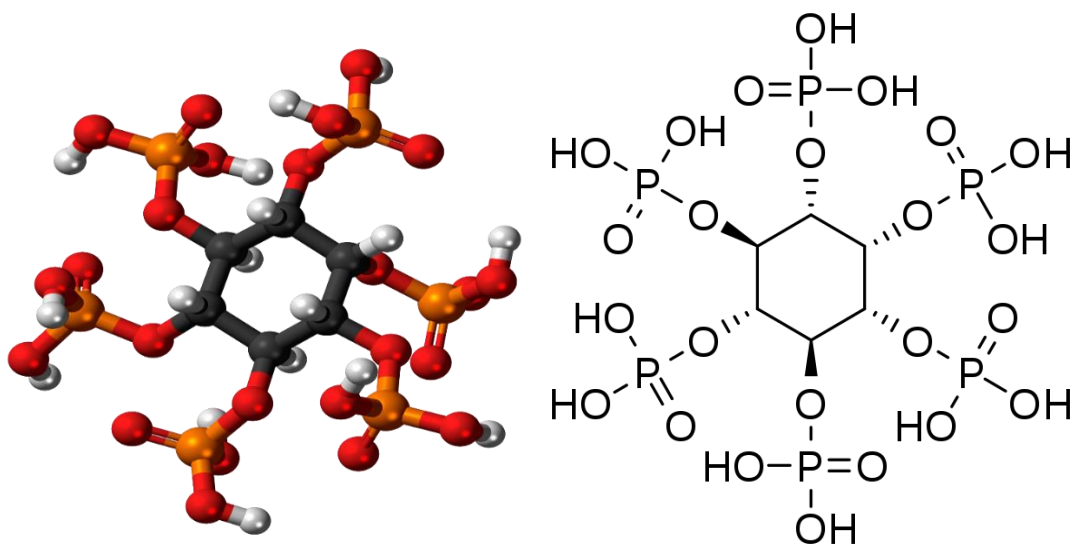


Рис 1.4. Структурна формула фітинової кислоти

Фосфати інозитола складаються з інозитольного кільця і, як мінімум, однієї фосфатної групи. До інозитольного кільця міо-інозитол-1,2,3,4,5,6-гексакісфосфата приєднані 6 фосфатних груп за допомогою складноєфірних зв'язків. Фітинову кислоту умовно позначають IP_6 (або $InsP_6$), а нижчі фосфати інозитола, які містять п'ять або менше залишків фосфорної кислоти, - IP_1 - IP_5 (або $InsP_1$ - $InsP_5$) [5].

Шість залишків фосфорної кислоти, зв'язані з інозитолом, можуть приймати або віддавати до 12 протонів (іонів водню), завдяки багатоступінчастій дисоціації, в якій фітинова кислота проявляє властивості як сильних, так і дуже слабких кислот (pK_a до 9,4) в залежності від іонної сили розчину, температури та інших факторів. У нейтральному середовищі фосфатні групи фітинової кислоти частково дисоціюють, набуваючи по одному або два негативних заряди, завдяки чому катіони можуть міцно хелатувати двома або більше залишками фосфорної кислоти, або утворювати менш міцний іонний зв'язок з однією фосфатною групою. Таким чином, фітинова кислота є полідентатним лігандом, здатним хелатувати катіони шляхом утворення кількох координаційних зв'язків.

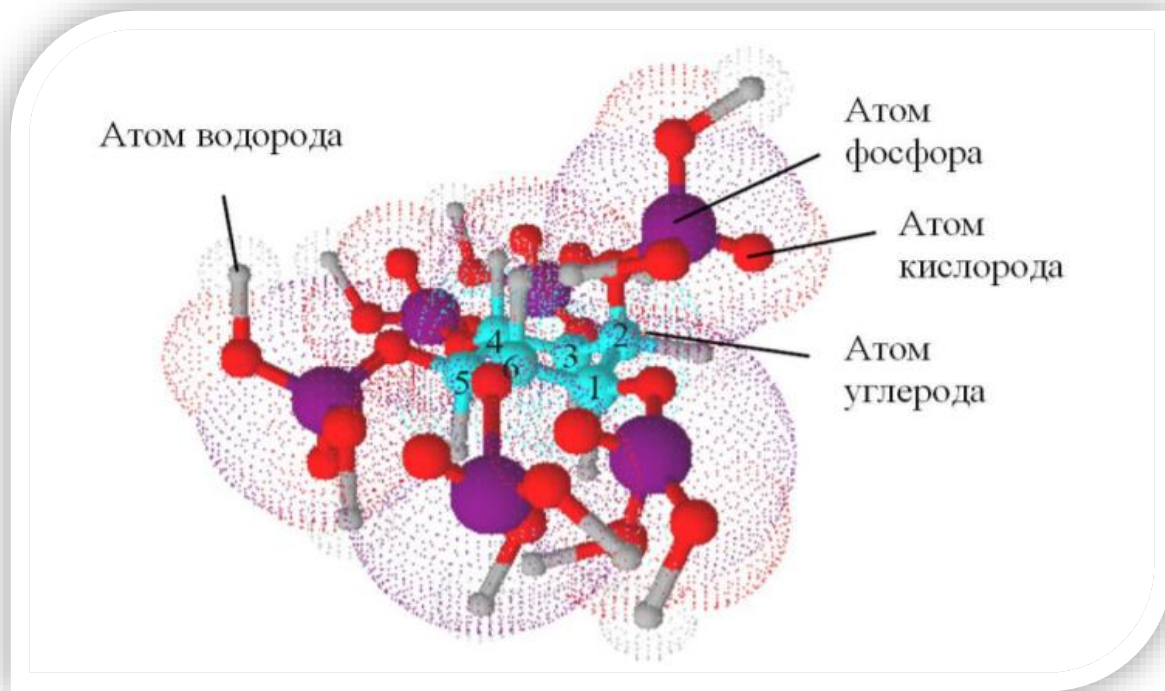


Рис. 1.5. Міо-інозитол-1,2,3,4,5,6-гексакісфосфат в конформації «човен» має 1 аксіальну і 5 екваторіальних груп. Атоми кисню (червоні), фосфору (пурпурні) і водню (сірі) входять до складу фосфатних груп, розташованих на кожному з шести атомів вуглецю (блакитні) інозитольного кільця, пронумерованих відповідно до рекомендацій IUPAC.

В діапазоні рН від 0,5 до 10,5 конформація фітинової кислоти стерично стабільна і має одну аксіальну і п'ять екваторіальних груп (рис. 1.5.). При більш високих значеннях рН може відбуватися звернення конформації, в результаті якого утворюються п'ять осьових груп і одна екваторіальна. Подібне перетворення відбувається з функціональними групами в складі InsP_5 , особливо при атомах C_1 , C_3 і C_5 , оскільки ці групи утворюють «хелатуючу клітку», стабілізовану катіонами. Саме стабілізація катіонами сприяє кристалізації фітинової кислоти в міо-конформації. Конформація нижчих фосфатів інозитола стабільна в більш широких діапазонах рН [6].

Фітинова кислота є рослинним об'єктом фосфору, антинутриєтом. Вона володіє сильними хелатуючими здібностями пов'язувати такі мінеральні речовини, як залізо, цинк, калій, кальцій, магній, робить їх менш доступними для засвоєння організмом [3].

1.2. Поширеність фітину в рослинних субстратах

У регуляції метаболічної активності процесу проростання насіння значна роль належить фітину та самій фітиновій кислоті (міо-інозитол-1,2,3,4,5,6-гексаксидигідрофосфорній кислоті), яка є основним фосфоровмісним компонентом клітин рослин: до 60 – 90% загального фосфору, який присутній в клітині у вигляді суміші кальцієвих і магнієвих солей інозитфосфорних кислот.

Фітин (загальна назва солей фітинової кислоти, найчастіше на увазі мають кальцієву або магнієву сіль) міститься в насінні злакових, картоплі, соняшнику, бобових та інших культурах, а також в продуктах харчування, що не зазнали обробки, входить до складу клітинних мембран. Вважається, що вміст фітину в горіхах найвищий в порівнянні з іншими рослинами: злаковими, бобовими та ін. Вміст солей фітинової кислоти в плодах навіть одного виду горіха може значно коливатися [7].

У висівках і насінні олійних культур міститься більше фітину в порівнянні з зернами злакових і бобових культур. Ендосперм пшениці і рису практично не містить фітину. У кукурудзі 90% фітину знаходиться в зародку. Близько 80% фітину знаходиться в алейроновому шарі зерен (пшениця, рис і т. д.). Злакові культури містять від 0,06 до 8,7% (у перерахунку на суху речовину) фітинової кислоти. У зародках пшениці, висівках пшениці і спеціальних фракціях пшеничних висівок концентрації фітинової кислоти складають 1,1-3,9; 2,0-5,3 і 7,3% відповідно, а для рисових висівок – до 8,7%. У насінні бобових вміст фітинової кислоти варіює від 0,2 до 2,9% (по сухій речовині).

У насінні олійних рослин вміст солей фітинової кислоти становить від 1,4 до 5,4% (у перерахунку на суху речовину), а спеціальні харчові продукти, такі як соєві і білкові концентрати з насіння ріпакової рослини містять солі фітинової кислоти до 10,7 і 5,3-7,5% відповідно.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			16

Фітином також багаті горіхи (фундук, волоські горіхи, мигдаль, кеш'ю та ін.). Вміст фітинової кислоти в них коливається від 0,15 до 9,4% (на суху речовину). Особливо висока кількість фітину міститься в мигдалі (9,4%), волоських горіхах (6,7%) і бразильських горіхах (6,3%) [8].

Таблиця 1.2

Вміст солей фітинової кислоти в продуктах

Назва продукту	Кількість фітину, в г на 100 г продукту
1	1
<u>Крупи і злаки</u>	
Пшениця	0,39 – 1,35
Пшеничні/житні висівки	5,2 – 7,3
Пшеничні зародки	1,5 - 4
Білий рис	0,06 – 1,08
Коричневий рис	12,5
Дикий рис	2,2
Рисові висівки	2,8 – 9
Перловка	0,38 – 1,2
Вівсяні пластівці	0,5 – 1,2
Жито	0,6 – 1,5
Пшоно	0,2 – 1,7
<u>Борошно</u>	
Пшенична біла	0,27
Пшенична цільна	1,35
Кокосова	0,28
<u>Бобові</u>	
Квасоля червона, рожева, чорна	0,6 – 2,3
Горох	0,2 – 1,2
Нут	0,3 – 1,8

1	2
Сочевиця	0,2 – 1,5
Арахіс	0,2 – 4,5
<u>Горіхи</u>	
Мигдаль	0,35 – 9,4
Волоський горіх	0,2 – 6,7
Кеш'ю	0,1 – 5,0
Фісташки	0,2 – 2,83
Фундук	0,2 – 0,9
Кедрові горіхи	0,2
Пекан	0,18 – 4,5

Примітка. Вміст солей фітинової кислоти в різних продуктах не є постійним значенням, так як багато чого залежить від виду насіння і злаків, географічних і кліматичних умов вирощування, застосування фосфатних добрив, тривалості зберігання, особливостей технології переробки зерна тощо.

1.3. Основні сфери застосування та вплив на організм фітинової кислоти та її солей

Харчова добавка E391 (фітинова кислота) - відноситься до антиоксидантів натурального походження і раніше використовувалась в технологічних цілях в процесі виробництва харчових продуктів.

Негативний вплив. На основі результатів досліджень, проведених у 2008 році, виявлено, що харчова добавка фітинова кислота (E391) та її солі призводять до зниження здатності організму людини засвоювати такі важливі елементи, як калій, фосфор, цинк, магній і т. д., що негативно позначається на здоров'ї людини [9].

Для людей, що харчуються продуктами з рослинної сировини, фітинова кислота і її солі стають основною причиною мінеральної недостатності. На думку дієтологів вживання висівок дозволяє збагатити раціон харчовими волокнами і сприяє схудненню. Однак щоденне вживання їх буде сприяти втраті кісткової маси і може викликати захворювання кишечника (синдром подразненого кишечника). При відсутності фітинової кислоти та її солей організм людини засвоює цинку більше на 20% і магнію – на 60%. Особливо негативний вплив, надає фітин на зростаючий організм дитини, позбавляючи його раціон харчування кальцієм, фосфором, що призводить до слабкого розвитку кісткової системи, рахіту, остеопорозу, проблем з зубами; магнієм, що знижує регуляцію діяльності нервової системи; цинку і заліза, що є причиною анемії та уповільненого розумового розвитку [10].

Застосування. З 2008 року додавати E391 в продукти харчування заборонено. В косметичних засобах фітин включається до теперішнього часу, граючи роль біогенного стимулятора, що дозволяє поліпшити зовнішній вигляд шкіри і усунути запалення.

Фітинова кислота та її солі частий компонент в косметичних продуктах, завдяки своїм зволожуючим, відбілюючим, кератолічним властивостям. Вона діє тільки на поверхні шкірних покривів, не проникаючи вглиб шкіри, так як має велику молекулярну масу, через що і «не провалюється» вглиб. Навіть при концентрації в 50% і низьким рН (рН = 1) вона не викликає подразнення або опіків. Якщо використовувати її в якості пілінгу – це буде поверхневий пілінг, який не здатний глибоко проникнути в шкіру і пошкодити шари шкіри [9].

У фармацевтиці він використовується як лікарський засіб при захворюваннях печінки і нервової системи.

Користь для організму. Незважаючи на негативний вплив на засвоюваність мікроелементів і білка, фітин може надавати позитивний вплив на організм людини, захищає від серцево-судинних захворювань, діабету, раку. Фітин надає сильну антиоксидантну дію. Завдяки наявності в його молекулі катіонів металів, фітин знижує в організмі рівень холестерину, цукру в крові. Через високий ступінь комплексоутворення він може використовуватися в якості лікувально-профілактичного засобу в разі отруєння організму іонами металів.

Дозування. У 2009 р американські вчені вивчили продукти, що містять фітинову кислоту, її кількість, ступінь засвоєння і її вплив на засвоєння мінералів, а також сприятливий вплив на організм людини. Середній вміст фітинової кислоти та її солей в раціоні харчування людей в США, Великобританії, Фінляндії, Швеції становить відповідно 0,63; 0,76; 0,37; 0,18 г / доб. Для категорії осіб, які особливо потребують мінеральні речовини, необхідно прагнути до мінімального вживання фітинової кислоти. Ідеальним вважається кількість фітинової кислоти і її солей не більше 0,025 г в 100 г продукту [11].

Правовий статус. Харчова добавка E391 не входить в список дозволених для використання в Україні, Російській Федерації, Євросоюзі і більшості країн світу [9].

1.4. Технологія отримання фітину

Вперше фітинова кислота та її солі були синтезовані 100 років назад (у 1920 році) вченим R. J. Anderson, який і подарував назву цій кислоті.

Основною проблемою виділення фітину з біоматеріалу є його погана розчинність як в полярних (етиловому спирті), так і в неполярних (сірчаному ефірі) розчинниках і в воді.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Методи виділення та очищення фітину представляють собою багатостадійні процеси, в ході яких спочатку проводять екстракцію досліджуваної речовини з рослинної сировини мінеральними кислотами, потім ультрафільтрацію на анізотропних мембранах та проводять осадження гідроксидами металів. Також з рисових відходів у виробництві отримують солі фітинової кислоти шляхом їх обробки 1% розчином азотної кислоти, потім проводять осадження 10% вапняним молоком з подальшою фільтрацією на пресі. Отриманий технічний фітин перекристалізують 10% азотною кислотою, осаджують і висушують. Ще одним методом виділення і очищення фітину є екстракція азотною кислотою з подальшим осадженням розчином аміаку.

Однак ці процедури призводять до великих втрат цільового продукту і забруднення досліджуваних зразків різними домішками. Баластні речовини заважають точному кількісному визначенню фітину. Крім того, існує необхідність проводити всі роботи на холоді для виключення активування фітазою [4].

Відомий спосіб отримання фітину з хлопкового шроту, що включає екстракцію фітинової кислоти з шроту 1% -ним розчином азотної кислоти, осадження фітину з екстракту 10% - вим розчином вапняного молока, відділення осаду на фільтр-пресі з отриманням технічного фітину, очищення його перекристалізацією 10% -вим розчином азотної кислоти з подальшим осадженням цільового продукту, відділенням його і сушінням. Очищення фітину перекристалізацією дозволяє підвищити чистоту кінцевого продукту, але все ж не є достатньою мірою для забезпечення необхідної якості цільового продукту. Іншими недоліками способу є його багатостадійність, невисока продуктивність внаслідок того, що стадії фільтрації фітину є лімітуючими, тому що їх осадки важко фільтруються і крім того є потреба у додатковій витраті реагентів на стадіях екстракції й очищення фітину перекристалізацією [12].

Найбільш екологічно та економічно вигідним є спосіб отримання солей фітинової кислоти з відходів рисового підприємства. Рисові висівки піддають екстракції 1% - вим розчином соляної кислоти при співвідношенні твердого до рідкого як 1:4. Прискоренню процесу сприяє проведення вилучення фітинової кислоти при температурі 50 – 80 °С. Отриманий екстракт фільтрують та відправляють на стадію ультрафільтрації на спеціальних мембранах, завдяки якій підвищується якість продукту. Далі фільтрат осаджують кальцій та магній нітратом. Маточний розчин видаляють за допомогою центрифуги та кристалічний осад сушать до постійної маси.

Саме такий спосіб виробництва дає можливість отримати готовий продукт високої якості.

1.5. Шляхи удосконалення технології виробництва солей фітинової кислоти

Здійснення удосконаленого способу отримання солей фітинової кислоти в порівнянні з відомим дає наступні переваги:

- ✓ з очищеного ультрафільтрацією екстракту солі швидко осідають солями металів або амонію, причому осади добре коагулюються і потім легко і повністю відокремлюються фільтрацією;
- ✓ оскільки всі домішки, спочатку присутні в екстракті, концентруються після УФ-фільтрації в залишку, спосіб забезпечує отримання високоякісних солей фітинової кислоти – вміст домішок в чистому продукті в 2 – 10 разів нижче, а білизна в 13 – 15 разів вище, ніж без ультрафільтрації;
- ✓ загальний час, що витрачається на отримання фітину пропонуваним способом, скорочується в 60 разів;

Заміна звичайної фільтрувальної установки на мембранний вакуумфільтр для проведення процесу ультрафільтрації являється основним методом удосконалення існуючої технології. Використання фільтру з мембраною призводить до отримання прозорого розчину, який не містить неорганічні домішки та речовини білкової природи. Білизна готового продукту збільшується в рази [12].

Використання у якості осаджувальних речовин кальцій та магній нітрату слугує для отримання більш чистого продукту. Оскільки саме солі нітратів краще вимиваються з утворюваної речовини. Також їх доцільно використовувати з екологічної точки зору, адже відходи кальцієвої та магнієвої селітри можна використовувати у якості добрив.

Важливою стадією будь – якого технологічного процесу є сушіння. Оскільки під час сушіння великим ризиком є зруйнування структури вихідної речовини. Застосування вакуумної стрічкової сушарки допомагає пом'якшити умови виробництва кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти, у результаті чого зменшується можливість отримання неякісного продукту.

1.6. Висновки до розділу I

Згідно огляду науково – технічної літератури встановлено:

1. Термін «фітин» - це загальна назва солей фітинової кислоти (частіше всього кальцієвих і магнієвих), тоді як «фітати» - це аніони фітинової кислоти з різним ступенем дисоціації.
2. Фітин (загальна назва солей фітинової кислоти, найчастіше на увазі мають кальцієву або магнієву сіль) міститься в насінні злакових, картоплі, соняшнику, бобових та інших культурах, а також в продуктах харчування, що не зазнали обробки, входить до складу клітинних мембран.

3. Найбільш екологічно та економічно вигідним є спосіб отримання солей фітинової кислоти з відходів рисового підприємства.
4. Заміна звичайної фільтрувальної установки на мембранний вакуумфільтр для проведення процесу ультрафільтрації являється основним методом удосконалення існуючої технології. Використання фільтру з мембраною призводить до отримання прозорого розчину, який не містить неорганічні домішки та речовини білкової природи. Білизна готового продукту збільшується в рази.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			24

РОЗДІЛ II

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика вихідної сировини

Сировиною для отримання фітину можуть служити такі рослини, що містять інозитгексафосфорну кислоту, в %: конопля - 3,22; соняшник - 2,01; рицина - 1,40; арахіс - 1,13; льон - 1,03; ячмінь - 0,74; пшениця - 1,52; кукурудза - 0,96; горох - 0,40; сочевиця - 0,32; соя - 1,40; бавовняний шрот - 6,5. Найбільш багатим джерелом сировини для фітину є відходи виробництва рису, вміст фітину в рисі 0,85 %, а в рисових висівках 6,0 %.

Понад шістдесят країн займаються вирощуванням рису, річний обсяг збору, якого складає близько 100 млн т. Рис займає друге місце після пшениці як найбільш цінний харчовий продукт. Рис в Україні вирощується в Херсонській та Одеській областях.

Багато виробників рису не підозрюють про можливості застосування відходів від їх рисового виробництва, в результаті якого можна отримати цінні продукти. Проблема зводиться до відсутності якісних і продуманих технологій з переробки такого великотоннажного відходу [13].

У круп'яній промисловості термін «рисові висівки» - це відходи, що утворюються при шліфуванні зерна, які містять домішки дрібних частинок рисової лузги. Хімічний склад висівок рисових вказує на можливість виготовлення з них великої кількості нових цінних продуктів.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.025.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Четвертнова</i>			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Фесич І. В.</i>					25	89
<i>Консульт.</i>		<i>Житнецький І.В.</i>				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О. В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

Хімічний склад рисових висівок, %

Вид відходу	Вода	Білок	Олія	Зола	Пентозани	Ліпіди
Звичайні висівки	8,4 – 14,3	9,8 – 15,4	7,7 – 22,4	7,1 – 20,6	8,7 – 11,4	21,8 – 25,3
Знежирені висівки	до 12	10,4 – 21,0	0,5 – 0,9	7,4 – 12,5	-	-

Високий вміст у висівках вітамінів групи В зіграло велику роль в харчуванні, медицині та хімії на початку ХХ століття, коли було встановлено, що ці відходи містять речовину, що запобігають захворюванню "бері-бері".

Близько 80% ліпідів рису знаходиться у висівках. У ліпідах виявлені холестерин і токоферолі, які є сильними антиоксидантами і володіють вітаміном Е. Найбільш цінними компонентами рисових висівок є високоякісний білок.

До складу неорганічних компонентів висівок входять кальцій, магній, фосфор, калій, натрій, кремній. Кальцій, магній і фосфор знаходяться в висівках у вигляді солей фітинової кислоти [14].

2.2. Принципова технологічна схема отримання кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти

Відходи рисового виробництва (а саме рисові висівки) будь-яким транспортом доставляють на виробничу площадку і розвантажують. Звідси рослинну сировину направляють на *подрібнення*. Цей процес триває одну годину і розміри частинок становлять 5 мм.

Далі рисові висівки необхідного розміру подають на *екстракцію*. Сировину піддають обробці розведеним розчином мінеральної кислоти. Природа мінеральної кислоти практично не впливає на вихід готового продукту. Але з огляду на те, що при використанні для екстракції соляної кислоти в екстракті виявляється в 1,5-2 рази менше домішок заліза, магнію, натрію, калію і кальцію, ніж при екстракції іншими кислотами, тому кращим є використання соляної кислоти. Також було встановлено, що збільшення концентрації кислоти понад 1% недоцільно, оскільки це ніяк не діє на ступінь вилучення фітинової кислоти. Тому для процесу екстракції було взято 1% - ий розчин соляної кислоти, приготовлений на промивних водах. Прискоренню екстракції сприяє проведення процесу при температурі 50°C і безперервному перемішуванні протягом 60 хвилин.

Співвідношення вихідної сировини до розчину кислоти (співвідношення твердого до рідкого) становить $T : P = 1 : 4$. На цій стадії відбувається вилучення фітинової кислоти.

Після екстракції проводиться *фільтрація* на протязі однієї години при тиску $P = 0,02$ МПа. Жмих, який утворився в результаті процесу вилучається, а очищений розчин відправляється на наступну стадію.

Очищений екстракт відправляють на *ультрафільтрацію*, яку здійснюють, пропускаючи отриманий розчин через електрохімічну синтезовану мембрану.

Ультрафільтраційне очищення від домішок екстракту, що містить фітинову кислоту, з впровадженням мембран з необхідними параметрами, зокрема електрохімічних синтезованих мембран, призводить до отримання прозорих розчинів, що мають блідо-жовте забарвлення, в той час як залишок, в якому сконцентровані всі білки, органічні та неорганічні домішки, являє собою в'язку, каламутну, пінливу, буро-коричневу рідину.

Процес ультрафільтрації здійснюють при перепаді тиску $P = 0,4$ МПа і температурі 50°C. Ультрафільтрація слугує важливим етапом очищення розчину від дрібного жмиху, який утворився в результаті процесу, а чистий розчин фітинової кислоти йде на наступний процес.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			27

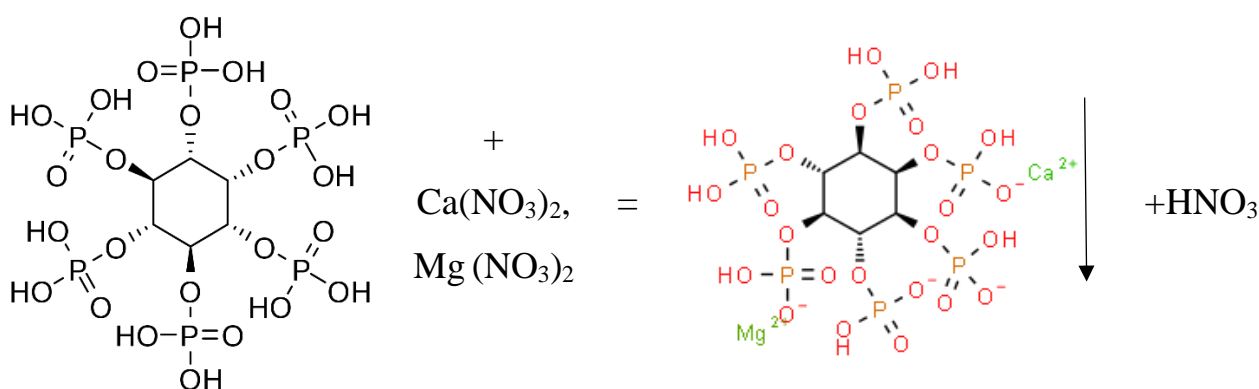
З очищеного екстракту проводять *осадження* солей фітинової кислоти розчинами солей з відповідними одержуваними солями при рН 4,0. Для осадження солей фітинової кислоти можуть бути використані розчини солей натрію, або калію, або амонію, або барію, або кальцію, або магнію, або суміші кальцію і магнію. Для отримання фітину (тобто кальцієво – мангієвої солі фітинової кислоти) доцільно використовувати нітрати магнію та кальцію, оскільки саме від нітратів легше відмити осад. Процес триває 40 хвилин при рН = 4,0.

Далі розчин з осадом йде на стадію *фільтрування*. Під час фільтрації відбувається також промивання осаду від нітратів. Процес триває годину при тиску $P = 0,02$ МПа. З речовини видаляється маточний розчин, а кристалічний осад переходить до наступної процесу.

Відфільтрований осад потрапляє на стадію *сушіння*. Готовий продукт висушують до постійної маси при температурі 50°C . Вміст вологи у продукті становить 4%.

Остання стадія – *фасування*. Процес триває 30 хвилин. Готову кальцієво – магнієву сіль фітинової кислоти фасують у мішки та зберігають її у темному прохолодному місці [15].

Хімізм основного процесу осадження фітину:



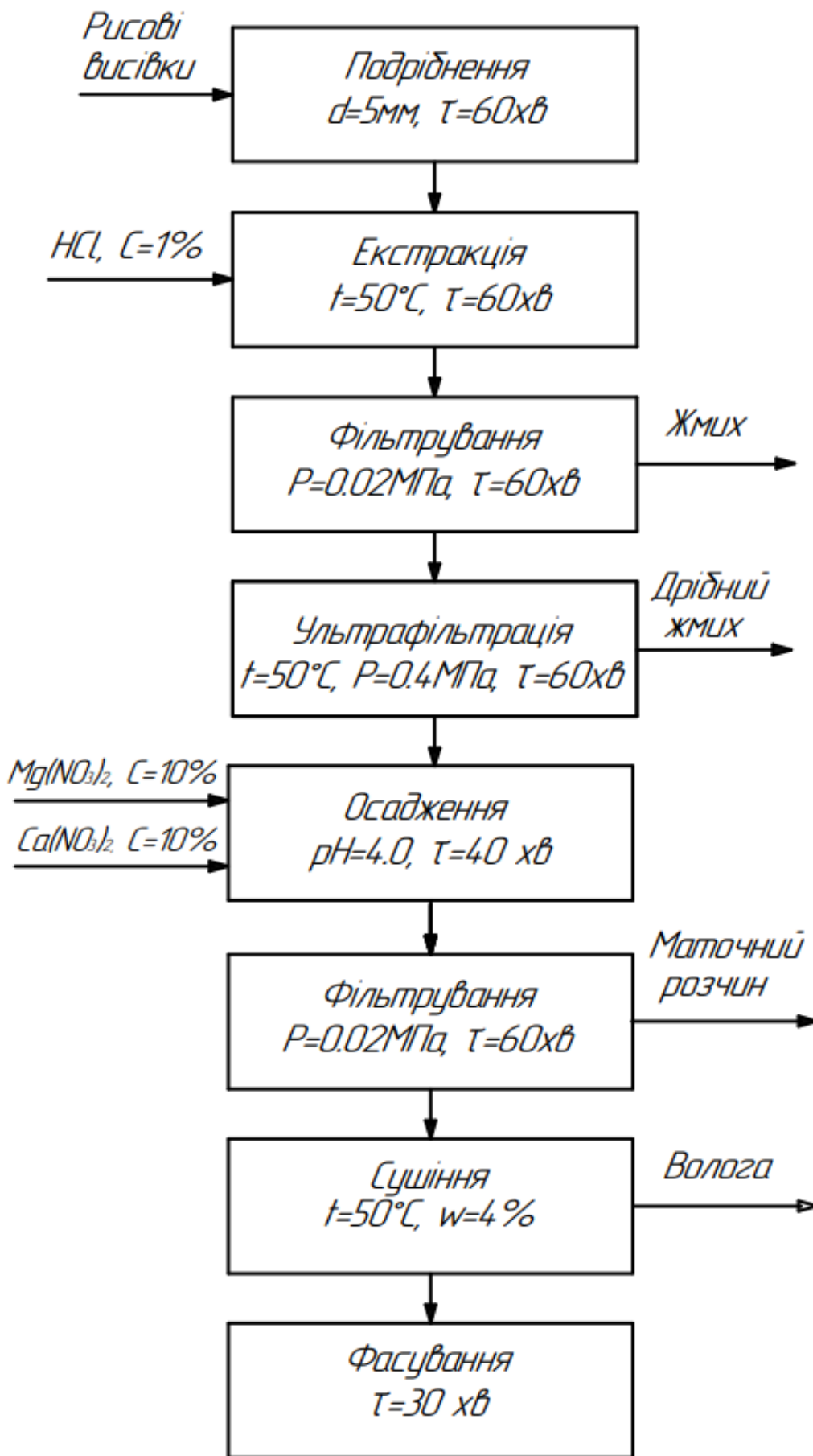


Рис. 2.1. Принципова технологічна схема отримання фітину

2.3. Розрахунок матеріального балансу

В основу розрахунку матеріального балансу покладено закон збереження маси речовини, який полягає в тому, що у будь якій замкнутій системі маса речовин залишається постійною, незалежно від того, які зміни перетерплюють речовини в цій системі (у замкненій системі сумарна маса всіх речовин зберігається, незважаючи на будь-які внутрішні процеси).

Стосовно до розрахунку матеріального балансу будь якого процесу виробництва цей закон приймає наступне просте формулювання: *маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів*. Отже, коли проводиться матеріальний розрахунок процесу, необхідно враховувати масу кожного компонента, що надходить в даний апарат (прихід) і масу кожного компонента, що виходить з апарату (витрата). Сума приходу компонентів повинна дорівнювати сумі витрат, незалежно від складу продукту на вході та виході, тобто незалежно від того, яким змінам вони піддалися в даному апараті [16].

В таблиці 2.2 наведений розрахунок матеріального балансу процесу подрібнення рисових висівок.

Таблиця 2.2

Розрахунок матеріального балансу процесу подрібнення

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Рисові висівки	1000	Подрібнені рисові висівки	995,5
		Втрати (0,45%)	4,5
Всього	1000	Всього	1000

В таблиці 2.3 наведений розрахунок матеріального балансу процесу екстракції рисових висівок.

Таблиця 2.3

Розрахунок матеріального балансу процесу екстракції рисових висівок

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Подрібнені рисові висівки	995,5	Відпрацьовані рисові висівки	942,04
Розчин HCl 1%	3982,00	Екстракт	4030,48
		Втрати	4,98
Всього	4977,50	Всього	4977,50

Співвідношення вихідної сировини до розчину кислоти (співвідношення твердого до рідкого) становить $T : P = 1 : 4$.

Масова частка фітинової кислоти у рисових висівках становить 5,37%.

В таблиці 2.4 наведений розрахунок матеріального балансу для процесу фільтрування.

Таблиця 2.4

Розрахунок матеріального балансу процесу фільтрування

Стаття приходу		Стаття витрат	
1		2	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Відпрацьовані рисові висівки	942,04	Відпрацьовані рисові висівки	942,04

Продовження табл. 2.4

1		2	
Екстракт	4030,49	Фільтрат	4024,49
		Втрати	6,00
Всього	4972,53	Всього	4972,53

В таблиці 2.5 наведений розрахунок матеріального балансу для процесу ультрафільтрації.

Таблиця 2.5

Розрахунок матеріального балансу процесу ультрафільтрації

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Екстракт з висівок	4024,49	Домішки	2,01
		Фільтрат (екстракт фітинової кислоти)	4018,45
		Втрати	4,03
Всього	4024,49	Всього	4024,49

В таблиці 2.6 наведений розрахунок матеріального балансу для процесу осадження.

Таблиця 2.6

Розрахунок матеріального балансу процесу осадження

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Фільтрат	4018,45	Розчин з осадом	4991,96
Розчин Mg(NO ₃) ₂ 10%	487,00		
Розчин Ca(NO ₃) ₂ 10%	493,00	Втрати	6,49
Всього	4998,45	Всього	4998,45

В таблиці 2.7 наведений розрахунок матеріального балансу для процесу фільтрації.

Таблиця 2.7

Розрахунок матеріального балансу процесу фільтрування

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розчин з осадом	4991,96	Кристалічний осад	837,42
		Маточний розчин	4149,56
		Втрати	4,98
Всього	4991,96	Всього	4991,96

В таблиці 2.8 наведений розрахунок матеріального балансу для процесу сушіння.

Таблиця 2.8

Розрахунок матеріального балансу процесу сушіння

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Кристалічний осад (сирий продукт)	837,42	Сухий продукт (фітин)	365,23
		Вода (волога)	468,50
		Втрати	3,69
Всього	837,42	Всього	837,42

В таблиці 2.9 наведено розрахунок зведеного матеріального балансу виробництва кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти.

Таблиця 2.9

Зведений матеріальний баланс виробництва кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти

Стаття приходу		Стаття витрат	
1		2	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Рисові висівки	1000	Відпрацьовані рисові висівки	942,04
Розчин HCl 1%	3982,00	Водяна пара з домішками HCl	5923,97

1		2	
Розчин $Mg(NO_3)_2$ 10%	487,00	Тверді домішки	2,01
Розчин $Ca(NO_3)_2$ 10%	493,00		
Кристалічний осад	837,42		
Вода	468,50	Готовий продукт	365,23
		Втрати	34,67
Всього	7267,92	Всього	7267,92

2.4 Розрахунок теплового балансу

Для розрахунку теплового балансу використовується стадія сушіння.

Данні для розрахунку:

1. Продуктивність сушарки по вологому матеріалу: $G_1=100$ кг/год
2. Вміст води в продукті:
 - початковий: $W_1 = 12\%$
 - кінцевий : $W_2 = 4\%$
3. Температура продукту, що надходить в сушильну камеру: $\theta_1 = 20^\circ C$
4. Температура сухого продукту, що виходить із сушильної камери: $\theta_2 = 50^\circ C$
5. Температура зовнішнього повітря: $t_0 = 20^\circ C$
6. Температура повітря на вході в калорифер: $t_1 = 70^\circ C$
7. Температура відпрацьованого повітря: $t_2 = 60^\circ C$
8. Відносна вологість свіжого повітря : $f_0 = 60\%$

Для розрахунку теплового балансу знаходимо масову витрату видаленої води і абсолютну витрату повітря в сушарці, для цього розраховують матеріальний розрахунок сушіння.

а. Розраховуємо масову витрату видаленої вологи (W):

$$W = G_1 \times \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} = 100 \times \frac{12 - 4}{100 - 4} = 8,33 \text{ кг/год} = 0,0023 \text{ кг/с}$$

б. Проводимо розрахунок продуктивність сушарки по сухому продукту (G₂):

$$G_2 = G_1 \times \frac{100 - W_1}{100 - W_2} = 100 \times \frac{100 - 12}{100 - 4} = 91,67 \text{ кг/год} = 0,025 \text{ кг/с}$$

Використовуючи І-х діаграму Рамзіна (рис.2.2.) для вологого повітря, визначаємо початковий (x₀) і кінцевий (x₁) вологовміст повітря, а також характерні ентальпії. На перетині ліній знаходимо точку А, що характеризує початковий стан зовнішнього повітря. З точки А, опустивши перпендикуляр на вісь х, знаходимо значення x₀=0,014 кг/кг сухого повітря. Через точку А проходить лінія постійної ентальпії (ізоентальпа) I₀=13 кДж/кг. З точки А, піднявшись по перпендикуляру до перетину з ізотермою t₁=70°C, знаходимо точку В, що характеризує стан повітря на виході із калорифера перед подачею в сушильну камеру. Від точки В рухаємося вниз по ізоентальпі I₁=17 кДж/кг до перетину з ізотермою 60 °С, отримавши точку С. З точки С, опустивши перпендикуляр на вісь х, знаходимо значення x₁=0,02 пари/кг сухого повітря.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			36

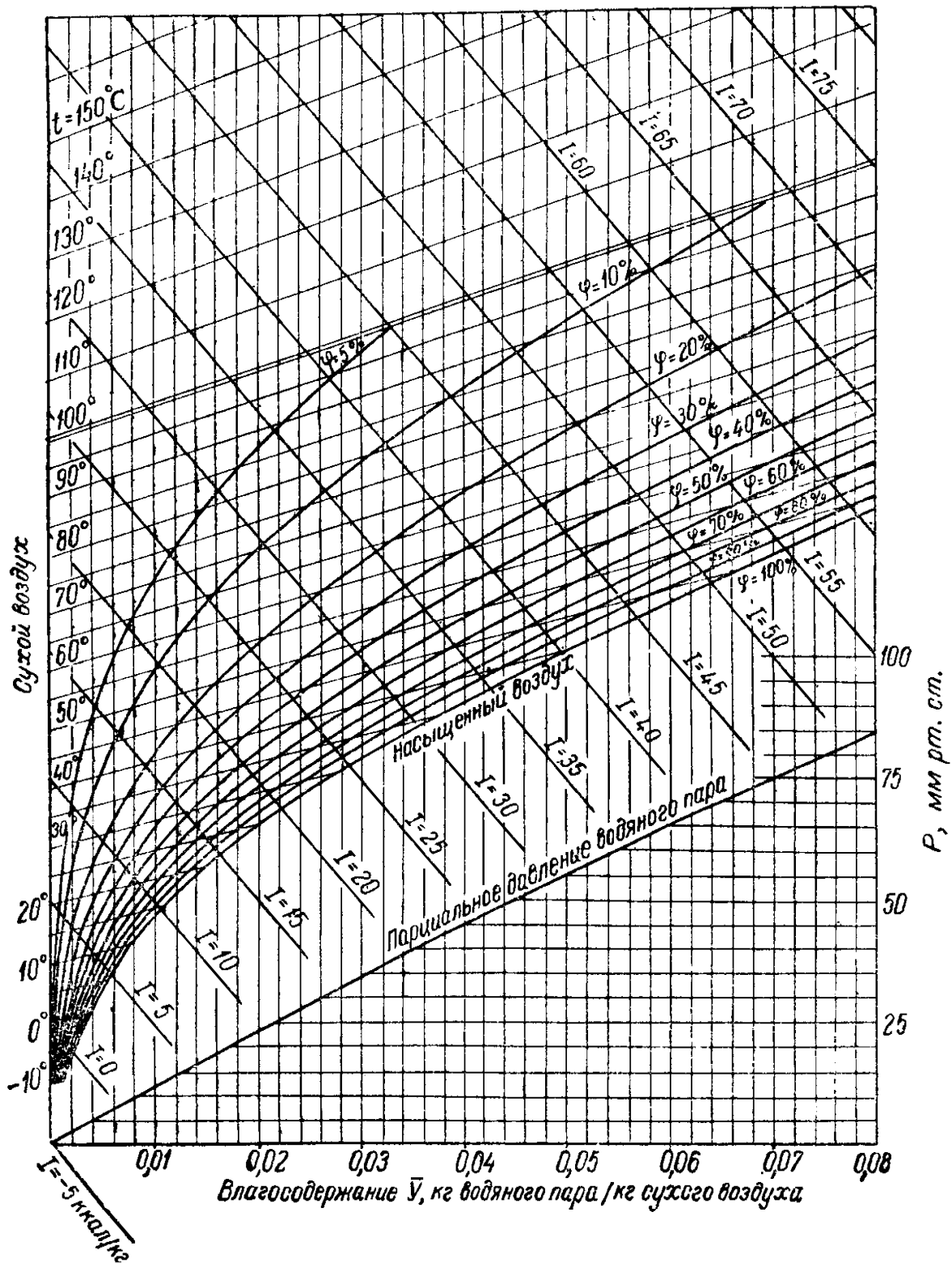


Рис. 2.2. Діаграма Рамзіна

с. Розраховуємо теоретичну абсолютну витрату повітря в сушарці:

$$l_0 = \frac{1}{x_1 - x_2} = \frac{1}{0,020 - 0,014} = 167 \text{ кг/с}$$

$$L = l_0 \times W = 167 \times 0,0023 = 0,384 \text{ кг/с} = 1383 \text{ кг/год}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис
------	------	----------	--------

Складаємо рівняння теплового балансу для сушильної камери:

$$L \times I_1 + G_1 \times c_1 \times \theta_1 = L \times I_2 + G_2 \times c_2 \times \theta_2 + Q_{\text{п}},$$

де θ_1 – температура продукту, що надходить в сушильну камеру, °С;

θ_2 – температура продукту, що надходить в сушильну камеру, °С;

$Q_{\text{п}}$ – теплові втрати, які з урахуванням правильно накладеної ізоляції приймаємо 5 % від тепла, що надійшло з гарячим повітрям.

d. Розраховуємо теплові втрати:

$$Q_{\text{п}} = 0,05 \times L \times I_1 = 0,05 \times 0,384 \times 17 = 0,326 \text{ кДж}$$

e. Знаходимо значення теплоємностей для волого та сухого продукту:

$$c_1 = 1,07 \text{ кДж/(кг} \times \text{°С)}; c_2 = 1,13 \text{ кДж/(кг} \times \text{°С)}.$$

f. Із рівняння теплового балансу розраховуємо витрати тепла на сушіння в сушильній камері та теплову поправку:

$$\begin{aligned} L \times (I_2 - I_1) &= G_2 \times c_2 \times \theta_2 - G_1 \times c_1 \times \theta_1 + Q_{\text{п}} \\ \frac{[L \times (I_2 - I_1)]}{W} &= \frac{[G_2 \times c_2 \times \theta_2 - G_1 \times c_1 \times \theta_1 + Q_{\text{п}}]}{W} \end{aligned}$$

$$G_2 \times c_2 \times \theta_2 - G_1 \times c_1 \times \theta_1 + Q_{\text{п}} = \Sigma Q$$

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W}$$

$$\Delta = l \times (I_2 - I_1),$$

де ΣQ - алгебраїчна сума абсолютних теплот в сушильній камері, кДж.

Δ - теплова поправка на дійсний (реальний) сушильний процес, кДж/кг.

g. Знаходимо значення ΣQ :

$$\Sigma Q = G_2 \times c_2 \times \theta_2 - G_1 \times c_1 \times \theta_1 + Q_{\text{п}}$$

$$\Sigma Q = 0,025 \times 1,13 \times 50 - 0,028 \times 1,07 \times 20 + 0,326 = 1,1393 \text{ кДж}$$

h. Розраховуємо теплову поправку Δ :

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W} = \frac{1,1393}{0,0023} = 495,3 \text{ кДж/кг}$$

i. Визначаємо I_2 :

$$I_2 = I_1 + \Delta / l_0 = 17 + (495,3 / 167) = 19,97 \text{ кДж/кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			38

Коригуємо витрату повітря на дійсний сушильний процес.

Знаходимо точку C_1 на перетині ізоентальпи I_2 і ізотерми t_2 . З'єднуємо прямою точки B і C_1 . Маємо ламану лінію ABC_1 , що характеризує дійсний сушильний процес. З точки C_1 , опустивши перпендикуляр на вісь x , визначаємо дійсний вологовміст повітря на виході з сушильної камери $x_2=0,01$ кг/кг.

ж. Тоді дійсна питома витрата повітря визначається:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} = \frac{1}{|0,01 - 0,014|} = 250 \text{ кг/с}$$

к. Розраховуємо дійсну абсолютну витрату повітря в сушарці.

$$L = l \cdot W = 250 \cdot 0,0023 = 0,575 \text{ кг/с} = 2070 \text{ кг/год}$$

2.5. Підбір основного технологічного обладнання

Ваговий шнековий дозатор – це пристрій для автоматичного відмірювання заданої маси або об'єму твердих сипучих матеріалів. Дозатор шнековий використовується для дозування сипких продуктів, пшениці, ячменю, жита, вівса, шроту соняшникового та соєвого, дріжджів, висівок, гранульованого і розсипного трав'яного борошна, мучки, цементу і їм подібних сипучих матеріалів.

Принцип роботи шнекового дозатора: шнековий живильник забирає сипучий матеріал з накопичувального бункера і направляє його в дозатор шнековий. Швидкість обертання шнека можна плавно змінювати за допомогою керованого приводу, який складається з асинхронного мотор-редуктора і перетворювача частоти. Потік матеріалу потрапляє в приймальний бункер дозатора шнекового, встановлений на тензодатчиках. Електричний сигнал з тензодатчиків, пропорційний вазі матеріалу в приймальному бункері дозатора, надходить в тензометричний контролер. Контролер за допомогою сигналів управління перетворювачем частоти виробляє безперервну корекцію швидкості обертання шнеків і їх зупинку для вивантаження в разі набору заданої маси дози.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			39

Дезінтегратор МК-05 призначений для подрібнення в промислових умовах в повітряному середовищі різних сипучих матеріалів з початковим розміром частинок до 15 мм. Дезінтегратор має два диски, кожен з яких набуває руху від окремого приводного вала. Вали обертаються у протилежних напрямках від шківів. На дисках по концентричних колах закріплені пальці. Ряди пальців одного диска проходять між рядами пальців другого. Матеріал надходить у дробарку через бункер і подрібнюється ударами пальців дисків, що швидко обертаються. Подрібнений матеріал вивантажується крізь люк у нижній частині корпусу.

Завантажувач шнековий ЗШП – це агрегат, який призначений для транспортування і навантаження зернових, бобових, круп'яних і олійних культур на необхідну висоту [17].

Екстрактор (екстракційний апарат) застосовуються для екстрагування корисних речовин з рослинної (або органічного) сировини шляхом впливу на нього екстрагентом-розчинником. В якості екстрагента можуть бути використані різні водні розчини, вода або інші рідини.

Екстрактор для рослинної сировини складається з вертикального корпусу з паровою сорочкою і технологічними патрубками, в нижній частині якого встановлена горизонтальна ґратчаста перегородка, над якою встановлено перемішувачий пристрій, виконаний у вигляді верхньої та нижньої мішалок, між якими на різній висоті закріплені ножі з бічними ріжучими крайками.

Принцип дії екстрактору: рослинну сировину з дозатора подають в корпус, по патрубку туди ж заливають екстрагент. Обертання відбувається за допомогою валу і перемішувачого пристрою. В полі відцентрових сил відбувається перемішування екстракційної суміші. Встановлені на валу мішалки, а також розташовані на різній висоті ножі, з'єднані між собою гнучкими елементами, розпушують застійні зони сировини по всьому об'єму вертикального корпусу, полегшуючи доступ екстрагента до всієї поверхні кожної частинки твердого тіла.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Для підтримки необхідної температури в корпусі встановлена парова сорочка, куди через патрубок подають теплоносії. Видалення відпрацьованого теплоносія здійснюється через патрубок. Після завершення процесу екстрагування по приводу екстракт повністю зливають з вертикального корпусу [18].

Кулачкові насоси прийнято вважати одними з найбільш надійних з усіх видів насосних агрегатів, представлених на сучасному ринку. Кулачкові насоси відрізняються універсальною конструкцією і знаходять широке застосування в тих промислових областях і сферах, в яких процес перекачування рідких і в'язких середовищ вимагає суворого збереження їх первісної структури, а також потребує постійного і безперервного потоку.

Кулачкові насоси відносяться до агрегатів об'ємного типу, в яких витіснення рідкого робочого середовища здійснюється за допомогою синхронного обертання між собою пари кулачкових роторів, які не торкаються одне одного, розміщених в міцному, профільованому корпусі. У процесі обертання роторів перекачувана рідина послідовно заповнює собою простір між ними і корпусом насоса, а потім відкидається в напрямку напірного патрубка. Безперервний і ефективний потік перекачуваного робочого середовища створюється завдяки кліренсу між роторами і корпусом.

Відцентровий насос – це гідравлічний динамічний механізм. Являє собою конструкцію, що складається з спіралеподібного металевих корпусу; робочого колеса з лопатями, зібраного з двох дисків. При цьому, зовнішні кінці лопатей крильчатки виконані загнутими, в протилежну сторону від напрямку її руху.

Принцип роботи відцентрового агрегату цілком відповідає його назві. Коли корпус помпи заповнюється рідиною, через всмоктуючий патрубок починає обертання колесо-крильчатка, створюючи відцентрову силу, відштовхуючу рідину від центру колеса на периферію.

Тут виникає зона підвищеного тиску, що виштовхує рідину в напірну трубу. У той же час, в центральній зоні тиск знижується, забезпечуючи надходження нової порції рідини з всмоктуючої труби. Такий принцип дії насоса забезпечує постійний приплив, що транспортується.

Фільтр з центробіжним вивантаженням осаду – це фільтр, в якому робочим органом є пустотілий обертовий диск з розташованою на бічних поверхнях фільтруємою перегородкою. Фільтр складається з окремих дисків, покритих фільтрувальним матеріалом. Кожен диск має декілька секторів, які зв'язані з порожнистим валом, на який насаджені диски; всередині останніх за допомогою вакуум-насосів створюється розрідження [17].

Установка для нагнітання рідини в трубопроводі шляхом її витіснення за допомогою роторів, що обертаються в нерухомому корпусі – це гвинтовий насос (шнековий).

Гвинтові насоси, зважаючи на особливості їх конструкції і широкий спектр матеріалів, з яких виробляється даний вид насосного обладнання, призначені для швидкого і ефективного перекачування рідких середовищ різного ступеня щільності, в'язкості, забруднення, агресивності і токсичності, що робить дані агрегати гостро затребуваними в багатьох промислових і побутових областях.

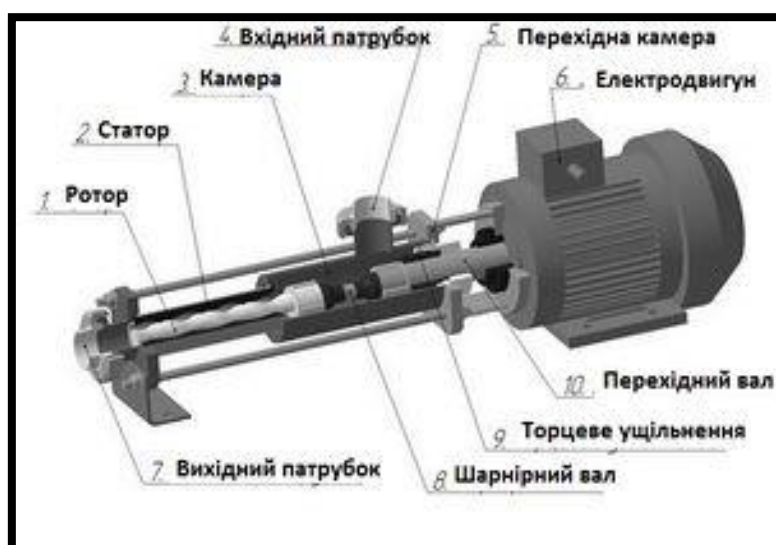


Рис. 2.3. Будова гвинтового насосу

Мембранний вакуум-фільтр типу ДОО призначений для поділу нейтральних, лужних і слабоагресивних суспензій (рН = 4,0 – 11,0) з частинками твердої фази більш-менш однорідної крупності. Застосовується в крупнотонажних збагачувальних виробництвах гірничорудної, вугільної, металургійної та хімічної промисловості.

Головною відмінністю фільтруючих центрифуг від відстійних є те, що вони мають перфорований барабан, обтягнутий фільтрувальною тканиною. У центрифугі періодичної дії суспензія завантажується в барабан зверху. Після завантаження суспензії барабан приводиться в обертання. Суспензія під дією відцентрової сили відкидається до внутрішньої стінки барабана. Рідка дисперсійна фаза проходить через фільтрувальну перегородку, а осад випадає на ній. Фільтрат по зливному патрубку направляється в збірник. Осад після закінчення циклу фільтрування вивантажують вручну через кришку [19].

Принцип дії вакуумної стрічкової сушарки: сушка матеріалу проводиться безперервно при атмосферному тиску. У камері сушарки шар висушується рухається по нескінченній стрічці, натягнутою між ведучим і веденим барабанами. Вологий матеріал подається на один кінець стрічки, а підсушений видаляється з іншого кінця. Сушка здійснюється гарячим повітрям або топковим газами, які рухаються протитечею або перехресним струмом до напрямку руху матеріалу.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			43

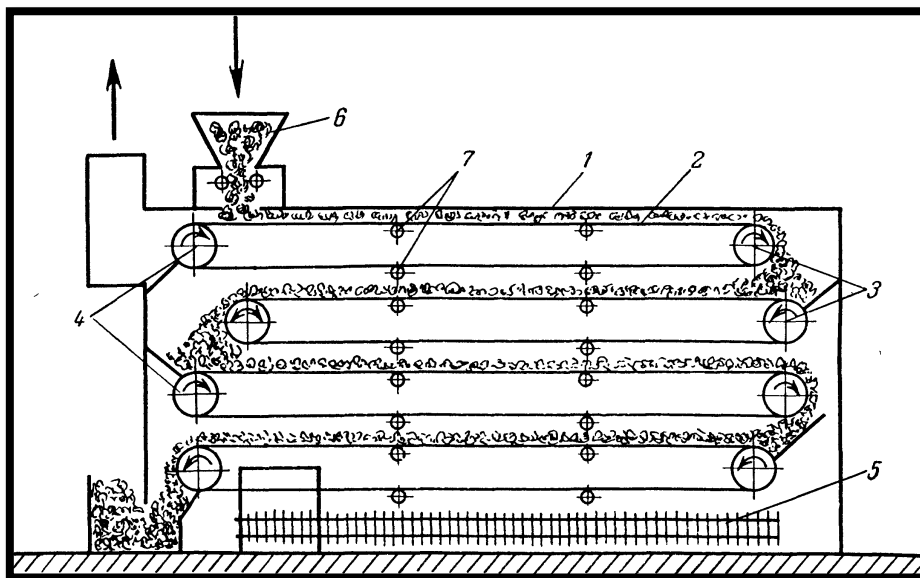


Рис. 2.4. Загальний вигляд вакуумної стрічкової сушарки

Фасувально-пакувальні апарати призначені для фасування і упаковки однорідних, легкоспіких продуктів.

Автоматизовані системи сьогодні застосовуються в харчовому, фармацевтичному і інших типах виробництва. Особливим попитом користуються вертикальні фасувально-пакувальні автоматичні апарати. В якості пакувального матеріалу застосовується плівка з поліпропілену, або інші аналоги [18].

Фасувально-пакувальне обладнання являє собою сукупність техніки (машини, механізми), яка призначена для первинної та групової упаковки різних продуктів. Головне завдання таких пристроїв – максимально автоматизувати ємні процеси виробництва.

Стрічковий конвеєр(транспортер) призначений для транспортування різних вантажів (штучних і сипучих) на необхідні відстані. Принцип дії стрічкового конвеєра нескладний, гнучка стрічка яка є основною робочою частиною, огинає приводний і натяжний барабан, який приводить в рух електродвигун конвеєра через редуктор, у прольотах між барабанами встановлені роликові опори з певною відстанню на рамі, на які і спирається транспортерна стрічка. Як правило, надходження матеріалу на стрічку здійснюється через завантажувальну воронку, а розвантаження — через приводний барабан.

В таблиці 2.10 наведено основне технологічне обладнання та його технологічні параметри.

Таблиця 2.10

Загальна характеристика обладнання

№	Назва обладнання	Характеристика	Зовнішній вигляд
1	2	3	4
1	Шнековий ваговий дозатор	Дозатор шнековий використовується для дозування сипких продуктів, пшениці, ячменю, жита, вівса, висівок, тощо. Може дозувати сипучі матеріали з діапазоном маси від 100 до 2000 кг.	

1	2	3	4
2	Дезінтегратор МК-05	Продуктивність 1500 кг / добу; Швидкість обертання дисків – 1200 об / хв; Здійснює помел матеріалів від розміру частинок 15 мм до 10 мм.	
3	Завантажувач шнековий ЗШП-6	Повна довжина завантажування – 6м; максимальна висота вивантаження – 4 м; в конструкції агрегату використовується труба діаметром 219 мм і товщиною стінки 4 мм.	
4	Екстрактор з паровою сорочкою фірми Norma	Робочий об'єм – 4700 л; максимальна температура – 80 °С; частота обертання – 100 об/хв	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	

1	2	3	4
5, 11, 13	Кулачкові насоси Boger	Обертання вала - 50 - 600 об/хв; макс. продуктивнiсть - 1100 м ³ /год; макс. тиск - 10 бар.	
6	Фiльтр з центробiжним вивантаженням осаду	Продуктивнiсть 800 кг / добу; швидкiсть обертання дискiв – 12 об / год; кiлькiсть дискiв – 6.	
7	Гвинтовий насос	Продуктивнiсть - до 250 м ³ / год. Тиск - до 24 бар.	
8	Мембранний вакуумфiльтр типу ДОО	Площа поверхнi фiльтрування – 250 м ³ ; Потужнiсть – 13 кВт; Дiаметр мембран – 3,75 м; Робочий тиск – 0,085 МПа.	

Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	

1	2	3	4
9	Відцентровий насос Pedrollo	Макс. тиск – 6 бар; макс. температура – 80 °С.	
10	Реактор для осадження	Робочий об'єм – 1,25 м ³ ; Діаметр внутрішньої частини – 1200 мм; Потужність електродвигуна – 6,06 кВт	
12	Центрифуга	Внутрішній діаметр ротору центрифуги – 1150 мм; Продуктивність – 80 т / год	
14	Вакуумна стрічкова сушарка EVOLUM	Продуктивність – 600 кг / год; Потужність – 2,5 кВт; Інтенсивність випарування – 15 кг/м ² ·год	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	

1	2	3	4
15	Пневматичний насос	Тиск – 70 мм. рт. ст.; Максимальна витрата – 7 м ³ /год	
16	Пакувальний апарат	Продуктивність – 65 уп/хв; Потужність – 3,5 кВт	
17	Стрічковий конвеєр	Довжина стрічки – 650 мм; Потужність електродвигуна – 0,55 кВт	

2.6. Розрахунок реактора для осадження з рамною мішалкою

Хімічний реактор – це технологічний апарат, в якому здійснюються хімічні процеси. Мета – отримання заданого продукту з певним виходом. На ефективність процесу, основою якого є хімічна реакція, впливають різноманітні фактори: температура, тиск, умови перемішування, концентрації реагентів і інші.

Основні вимоги, що пред'являються до хімічних реакторів:

- ❖ висока продуктивність;
- ❖ простота пристрою і низька вартість;
- ❖ висока екологічність і безпека;
- ❖ можливість автоматизації.

В реакторах процес перемішування відбувається за рахунок відносного руху елементів об'єму рідини, який викликаний за рахунок обертання мішалки.

Реактор складається з таких елементів: посудина, теплообмінна сорочка, перемішувач, привод перемішувача, вал перемішувача і вал приводу з муфтою. В апараті можуть встановлюватися також, труба передавлювання, гільза термометра та пристрої для відмірювання рівня рідини, тощо [20].

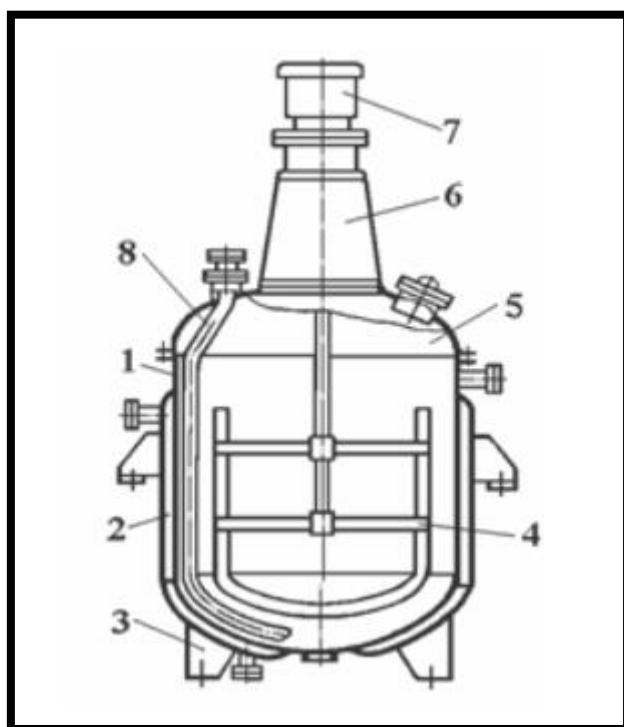


Рисунок 2.5. Будова реакційного апарату з сорочкою та рамною мішалкою: 1 - корпус; 2 - сорочка; 3 - опора; 4 - мішалка рамна; 5 - кришка знімна; 6 - редуктор; 7 - електродвигун; 8 - труба для передавлювання середовища

Конструктивний розрахунок реактора для осадження з рамною мішалкою

Конструктивний розрахунок реактора полягає в визначенні розмірів апарата та його конструктивних елементів [21].

1. Визначаємо робочий об'єм реактора:

$$V_p = \frac{G}{\rho} = \frac{4998,45}{1420 + 2500 + 2300} = 0,80 \text{ м}^3$$

де G – разове завантаження реагентів в реактор, кг;

ρ – густина реагентів, кг/м³.

ρ (фітинової кислоти) = 1420 кг/м³;

ρ (Mg(NO₃)₂) = 2300 кг/м³;

ρ (Ca(NO₃)₂) = 2500 кг/м³.

2. В періодичних процесах, якщо заданий робочий об'єм середовища і коефіцієнт заповнення, номінальний об'єм реактора визначається за формулою:

$$V_H = \frac{V_p}{K_3} = \frac{0,80}{0,75} = 1,07 \text{ м}^3$$

де K_3 – коефіцієнт заповнення; K_3 для фізичних чи хімічних процесів без піноутворюючих ефектів дорівнює 0,75 – 0,80.

Отримане значення V_H округляють до найближчого більшого значення наведеного в ГОСТ 6533-78 (Основні технічні дані реакторів з еліптичними кришками) та знаходимо значення внутрішнього діаметра реактору D .

Отже, згідно ГОСТ 6533-78 вибираємо стандартний об'єм реактора з еліптичною кришкою та днищем найближчим значенням номінального об'єму $V_H = 1,07 = 1,25 \text{ м}^3$.

Діаметр внутрішньої частини апарата $D = 1200 \text{ мм}$.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			51

3. Розраховуємо дійсний коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = \frac{V_p}{V_H} = \frac{0,80}{1,25} = 0,64$$

4. Визначаємо висоту рідини в реакторі за формулою:

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

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

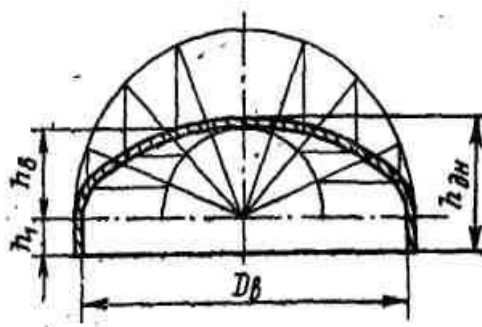
h_1 – висота відбортованої частини днища, м;

h_B – висота еліптичної частини днища, м.

Значення величин знаходять за допомогою таблиці 2.

Таблиця 2.11

Розміри еліптичних днищ (за ГОСТ 6533-78)



Базові розміри днищ , мм		Площа внутрішньої поверхні днища $F_{дн}$, m^2		Ємність днища $V_{дн} \cdot 10^3$, m^3	
D_B	h_B	$h_1=25$	$h_1=40$	$h_1=25$	$h_1=40$
1200	300	1,66	1,71	255,0	271,5

Згідно табл. 2. об'єм рідини в днищі $V_{дн} = 0,255 m^3$, $h_1=0,025 m$, $h_B = 0,3 m$.

Підставляємо данні у формулу та розраховуємо висоту рідини в реакторі:

$$H_p = \frac{4 \times (0,80 - 0,255)}{3,14 \times 1,2} + 0,025 + 0,3 = 0,90 \text{ м}$$

5. Розраховуємо об'єм циліндричної частини днища:

$$V_{\text{ц}} = V_p - V_{\text{дн}} = 0,80 - 0,255 = 0,545 \text{ м}$$

6. Висота циліндричної частини:

$$H_{\text{ц}} = \frac{4 \times V_{\text{ц}}}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0,545}{3,14 \times 1,2^2} = 0,482 \text{ м}$$

7. Розміри реактора ті мішалки визначають за співвідношеннями наведеними на рис. 2.6.

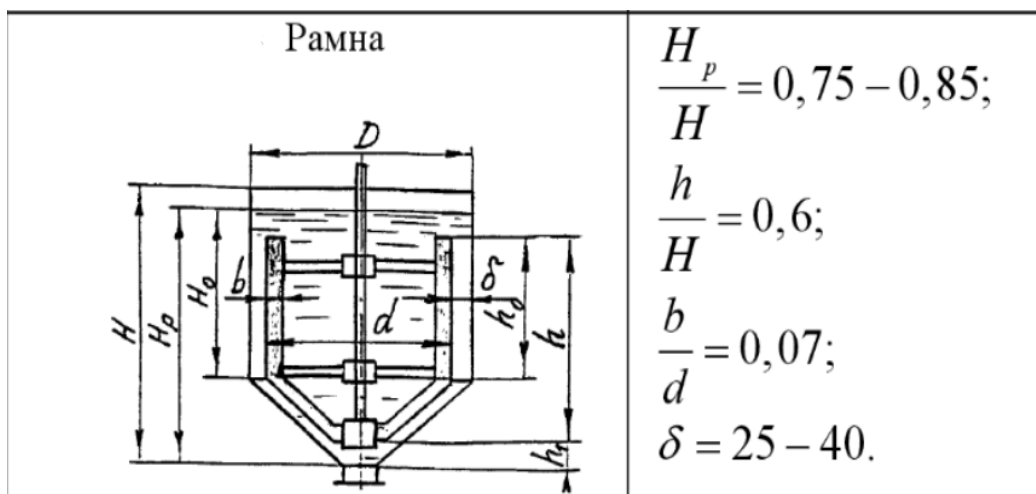


Рис. 2.6. Тип мішалки та співвідношення розмірів

✓ Розраховуємо висоту реактора:

$$\frac{H_p}{H} = 0,75$$

$$H = \frac{H_p}{0,85} = \frac{0,90}{0,80} = 1,13 \text{ м}$$

✓ Розраховуємо висоту мішалки:

$$\frac{h}{H} = 0,6$$

$$h = H \times 0,6 = 1,3 \times 0,6 = 0,68$$

- ✓ Розраховуємо діаметр робочого органа:

$$d_M = \frac{D}{\Gamma_D} = \frac{1,2}{1,3} = 0,92 \text{ м}$$

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

Знайдене значення діаметра мішалки d_M округляють до стандартного згідно з ГОСТ 20680-75.

Стандартне значення діаметру мішалки приймаємо:

$$d_M = 0,92 = 0,95 \text{ м}$$

- ✓ За співвідношенням розраховуємо ширину лопаті мішалки:

$$\frac{b}{d_M} = 0,07$$

$$b = d_M \times 0,7 = 0,95 \times 0,07 = 0,067 \text{ м}$$

- ✓ Розраховуємо відстань від лопаті до стінки реактора:

$$\delta = \frac{D - d_M}{2} = \frac{1,2 - 0,95}{2} = 0,13 \text{ м}$$

Енергетичний розрахунок реактора для осадження з рамною мішалкою

Для визначення потужності реактора необхідно провести енергетичний розрахунок [21].

- а. Частота обертів рамної мішалки дорівнює 65 об/хв
б. Потужність електродвигуна для приводу робочого органа мішалки визначається за формулою:

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

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

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

N – потужність, що затрачується на перемішування;

N_c – потужність, що втрачається в сальниках;

η – коефіцієнт корисної дії приводу, $\eta = 0,85 - 0,9$.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			54

с. Розраховуємо k_1 :

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{0,90}{1,2} = 0,75$$

d. Розраховуємо потужність, що затрачується на перемішування:

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

де K_N – критерій потужності;

μ – в'язкість перемішувального середовища, Н·с / м²;

n – частота обертання робочого органа, с⁻¹.

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

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

де $C = 12,0$ для мішалки з двома лапатями;

Re_B – відцентровий критерій Рейнольдса.

$$Re_B = \frac{n \times d_M^2 \times \rho}{\mu} = \frac{1,08 \times 0,95^2 \times 2073}{6} = 337$$

$$K_N = 12,0 \times 337^{0,77} \times \left(\frac{0,68}{0,95}\right) = 759$$

Отже, потужність, що затрачується на перемішування дорівнює:

$$N = 759 \times 6 \times 1,08^2 \times 0,95^3 = 4554 \text{ Вт} = 4,55 \text{ кВт}$$

e. Розраховуємо потужність, що витрачається в сальниках:

$$N_c = 9,84 \times (P + 0,98 \times 10^5) \times f \times l \times n \times d_B^2 = 9,84 \times (25 \times 10^5 + 0,98 \times 10^5) \times 0,2 \times 0,16 \times 1,08 \times 0,048^2 = 2036 \text{ Вт} = 2,04 \text{ кВт}$$

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

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

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

d_B – діаметр валу мішалки, м.

Потужність, що витрачається на тертя в ущільненнях вала мішалки залежить від діаметра вала d_B в місці ущільнення.

Значення d_B можна наближеним співвідношенням:

$$d_B = C \times d_M = 0,05 \times 0,95 = 0,048 \text{ м}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			55

Знаходимо значення потужності електродвигуна приводу:

$$N_{ед} = \frac{0,75 \times 1 \times 4,55 + 2,04}{0,9} = 6,06 \text{ кВт}$$

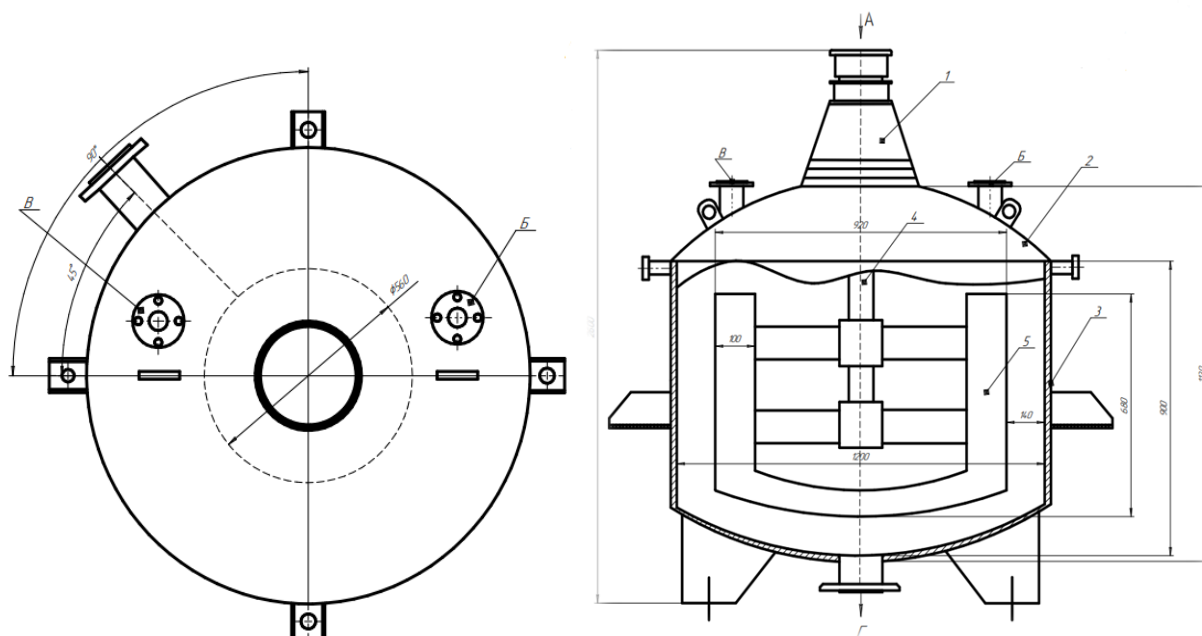


Рис. 2.7. Загальний вигляд реактора для осадження

2.7. Удосконалена технологія отримання солей фітинової кислоти із рисових висівок

Удосконалена апаратурно – технологічна схема виробництва фітину зображена на рис. 2.7.

Рисові висівки доставляють на виробничу площадку будь – яким транспортом. Вхідна сировина загружається у шнековий ваговий дозатор **1**. У цьому пристрої сировина автоматично відміряється до заданої маси. Дозована кількість сировини надходить до дезінтегратора **2**, де за допомогою двох дисків, які обертаються в протилежні сторони відбувається подрібнення рисових висівок до розміру частинок 10 мм. Процес триває годину.

Подрібнена сировина вивантажується і за допомогою шнекового транспортера **3** доставляється на необхідну висоту до реактора.

В екстрактор з паровою сорочкою **4** до подрібнених рисових висівок доливається 1 - % розчин соляної кислоти, приготовлений на промивних водах. Процес триває одну годину при температурі 50 °С. Парова сорочка слугує для підтримки необхідної температури в корпусі. Після завершення процесу екстрагування по приводу суміш повністю зливають з вертикального корпусу.

Отриманий екстракт фітинової кислоти перекачується за допомогою кулачкового насосу **5** і надходить до фільтра з центробіжним вивантаженням осаду **6**, за допомогою якого здійснюється фільтрування суміші на протязі однієї години при тиску $P = 0,02$ Мпа. Жмих, який утворився в результаті екстракції, йде в утиль, а фільтрат перекачується через гвинтовий насос **7** і відправляється на стадію ультрафільтрації.

Отриманий фільтрат фітинової кислоти поступає в мембранний вакуумфільтр **8**, де відбувається якісне очищення суміші від речовин білкової та небілкової природи. Процес ультрафільтрації здійснюють при перепаді тиску $P = 0,4$ Мпа і температурі 50 °С на протязі однієї години. За допомогою фільтра, в який встановлено змінні пластини всі білки, органічні і неорганічні домішки залишаються на касеті, а очищений розчин фітинової кислоти через відцентровий насос **9** відправляється на наступну стадію.

Очищена фітинова кислота потрапляє до реактора для осадження з рамною мішалкою **10**, до неї доливають кальцію та магнію нітрат та проводять перемішування на протязі 40 хвилин при кімнатній температурі, рН розчину становить 7,5. Суміш, яка утворилася в процесі осадження за допомогою кулачкового насосу **11** проходить до наступного апарату.

Розчин з осадом потрапляє до центрифуги **12**, де відбувається процес фільтрації. Видалення зневодненого продукту та фугату здійснюється через відповідні камери. У результаті процесу центрифугування маточний розчин йде в утиль, а осад перекачується кулачковим насосом **13**.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			57

Сирий продукт з насосу потрапляє у вакуумну стрічкову сушарку **14**. Саме на стрічковій сушарці процес передачі тепла проходить менш інтенсивно, аніж на звичайних вакуумних сушарках. Завдяки цьому структура отриманої речовини не руйнується. Матеріал проходить стадію сушіння послідовно, пересипаючись з однієї транспортної стрічки на іншу.

Сухий продукт у вигляді дрібних кристалів через пневматичний насос **15** подається до пакувального апарату **16**, готовий продукт фасується у мішки та за допомогою стрічкового транспортеру **17** доставляється на склад для подальшого зберігання.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			58

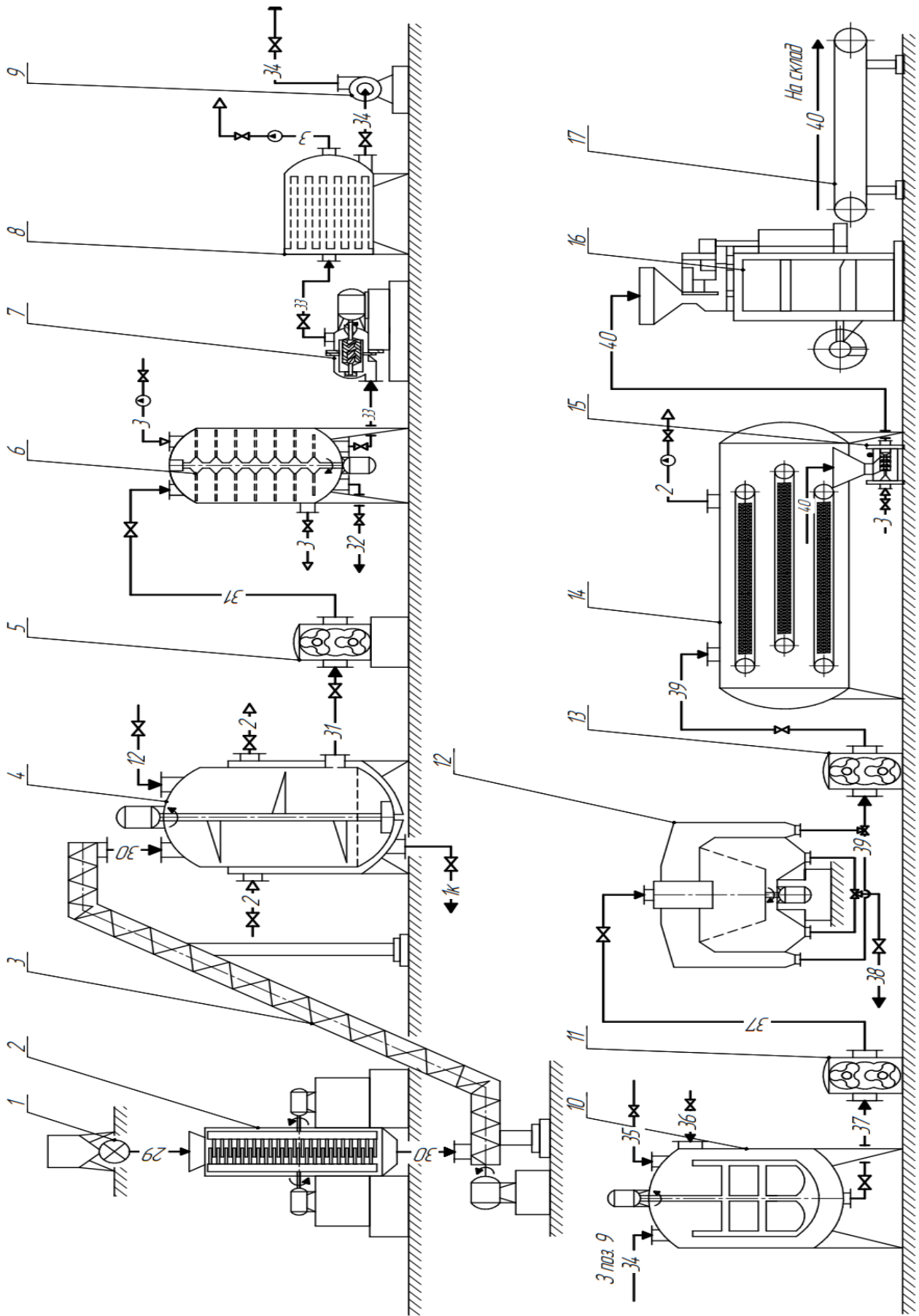


Рис. 2.8. Удосконалена апаратурно – технологічна схема виробництва фітину

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

59

РОЗДІЛ ІІІ

ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Перед виготовленням запланованого виробу необхідно з'ясувати чи є даний проект економічно вигідним, чи є потреба у заміні окремих конструктивних елементів, технології виготовлення виробу в цілому, використаних матеріалів тощо.

Щоб з'ясувати ці питання проводять експертизу проекту, експертиза виробу нерозривно пов'язана з економікою виробництва, і має достатньо складну структуру. Це пояснюється тим, що виріб має багато характеристик, не лише з точки зору дизайнера, а й технолога, інженера, соціолога, маркетолога. Їх необхідно враховувати не лише під час виготовлення дослідного зразка, а й після випуску виробу у серійне виробництво.

Завдання економічного обґрунтування проекту. Після обґрунтування прототипу виробу, чим підтверджується принципова можливість його виготовлення, на конструкторському етапі необхідно дати: обґрунтування витрат необхідних матеріалів, засобів енергії, грошових коштів на оплату праці при виготовленні виробу; визначення собівартості виробу, що виготовляється; величини запланованого прибутку і договірної ціни виробу; визначення рівня рентабельності виготовленого виробу; планування випуску виробу: кошторис доходів і витрат. Тобто необхідно зробити попередню економічну оцінку доцільності постановки розробленого проекту на виробництво, її випуску й продажу.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.060.КР.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Четвертнова			ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Фесич І. В.						60	89
Н. Контр.		Подобій О. В.					НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.							

До економічного обґрунтування виробу відносять:

- ✓ Визначення собівартості виробу. Шляхи зниження собівартості.
- ✓ Визначення енергетичних витрат.
- ✓ Визначення загальних витрат на виготовлення виробу та формування ринкової ціни виробу.
- ✓ Шляхи економії матеріальних ресурсів проекту (підвищення якості виробу, багаторазове використання деяких матеріалів тощо).

Для того, щоб визначити доцільність виробництва необхідно розрахувати калькуляцію собівартості.

Калькулювання – це процес визначення величини витрат, пов'язаних з виробництвом і реалізацією конкретної одиниці продукції, окремо по кожній статті витрат.

Таблиця 3.1

Калькуляція потреб в сировині на 730 кг готового продукту

№	Сировина	Одиниці вимір.	Норма витрат на 1000 кг	Ціна за 1000 кг або л, грн	Вартість, грн
1	Рисові висівки	кг	2000	1,6	3200
2	Соляна кислота (1%)	л	7964	10	79640
3	Магній нітрат (10%)	л	974	1,1	1072
4	Кальцій нітрат (10%)	л	986	3,6	3550
Всього:					87 462 грн

Отже, згідно матеріального балансу калькуляційний розрахунок показав, що для отримання 730 кг кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти необхідно затратити 87,5 тисяч гривень.

Припустимо, що транспортування та підготовка сировини складає 5% від отриманої вартості. Тоді, розраховуємо транспортно – заготівельні витрати:

$$87462 \times 0,05 = 4373 \text{ грн}$$

Звідси повні витрати на сировину становлять:

$$87462 + 4373 = 91835 \text{ грн}$$

Проведемо розрахунок калькуляції потреб на допоміжні матеріали.

Таблиця 3.2

**Калькуляція потреб в допоміжних матеріалах
на 1000 кг готового продукту**

№	Допоміжний матеріал	Одиниці вимір.	Норма витрат на 730 кг	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
2	Мішки поліпропіленові на 10 кг	Шт.	73	3	219
3	Наліпки	Шт.	100	0,5	50
Всього:					269 грн

Для виробництва 730 кг фітину потреби у допоміжних матеріалах становлять 269 гривень.

Витрати на електроенергію на підприємстві складають 1900 кВт. Згідно до постанови Кабінету Міністрів України ціна за електроенергію в 2021 році складає 1,68 грн. (з ПДВ) за 1 кВт/год. незалежно від об'єму споживання. Тоді, вартість енерговитрат при виробництві кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти становить:

$$1900 \times 1,68 = 3192 \text{ грн}$$

Розраховуємо фактичний добовий обсяг виробництва:

$$P_{\text{ф}} = P_{\text{доб}} \times K_{\text{вик}} = 730 \times 0,8 = 584 \text{ кг}$$

де $K_{\text{вик}} = 0,8$ – коефіцієнт потужності.

Тоді річний обсяг виробництва буде дорівнювати:

$$O = P_{\text{ф}} \times 250 = 584 \times 250 = 146000 \text{ кг}$$

де 250 – кількість робочих днів за рік.

Проводимо обчислення заробітної плати для всіх співробітників. Заробітна плата – це винагорода, обчислена, як правило, в грошовому виразі, яку за трудовим договором роботодавець виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Тривалість робочої зміни на виробництві – 12 год., кількість робочих днів – 250 днів у рік. Так як, підприємство працює цілодобово, то робітники працюють в 2 зміни: I зміна – 8⁰⁰ - 20⁰⁰, II зміна – 20⁰⁰ - 8⁰⁰. За роботу у нічні зміни встановлено доплату в розмірі 25% годинної тарифної ставки за кожну годину роботи.

Розрахунок зарплати проводять для співробітників згідно їх професійних навиків:

					ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			63

- Плата за працю для робітника I розряду становить:

$$6000 \div 160 = 38 \text{ грн/год}$$

де 6000 – мінімальна заробітна плата станом на 2021 рік; 160 – кількість відпрацьованих годин за місяць.

- Погодинна оплата для робітника II розряду складає:

$$38 \times 1,09 = 41 \text{ грн/год}$$

де 1,09 – тарифний коефіцієнт для робітників II розряду.

- Погодинна оплата для робітника III розряду становить:

$$38 \times 1,18 = 45 \text{ грн/год}$$

- Погодинна оплата для робітника IV розряду:

$$38 \times 1,27 = 48 \text{ грн/год}$$

- Погодинна оплата для технолога на виробництві становить:

$$38 \times 1,64 = 62 \text{ грн/год}$$

У таблиці 3.4 наведено загальна сума заробітної плати за день усім штатним співробітникам.

					ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			64

Основна заробітна плата штатних співробітників

Кваліфікація співробітника	Кількість співробітників	Кількість відпрацьованих годин за день	Зарплата за день для одного співробітника, грн	Загальна сума заробітної плати співробітників, грн
1	2	3	4	5
Начальник зміни				
І зміна	1	8	800	800
II зміна	1	8	1000	1000
Технолог				
І зміна	1	10	620	620
II зміна	1	10	775	775
Робітник I розряду				
І зміна	4	12	456	1824
II зміна	4	12	570	2280
Робітник II розряду				
І зміна	3	12	492	1476
II зміна	3	12	615	1845
Робітник III розряду				
І зміна	5	15	540	2700
II зміна	5	12	675	3375

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5
Робітник IV розряду				
I зміна	4	12	576	2304
II зміна	4	12	720	2800
Всього:	36			21 799 гривень

Отже, заробітна плата всіх співробітників за день складає 21 тисячі гривень.

Також на підприємстві є обов'язковий платіж – Єдиний соціальний внесок, який згідно Закону України становить 22% від мінімальної суми зарплати.

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) - обов'язкові відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. ЄСВ оплачується підприємцем за себе і за кожного найманого працівника. Є внеском в загальнодержавну систему соціального страхування з метою захисту у випадках, передбачених законодавством, прав застрахованих осіб на отримання страхових виплат. Єдиний соціальний внесок сплачується на рахунки органів доходів і зборів за місцем обліку підприємця.

Отже, сума яка йде на Єдиний соціальний внесок складає:

$$21799 \times 0,22 = 4796 \text{ грн}$$

Також, за виконання робочого плану на виробництві встановлена премія, яка складає 30 % від основної заробітної плати. Розраховуємо витрати на премію:

$$21799 \times 0,3 = 6540 \text{ грн}$$

Згідно проведених обчислень розраховуємо загальні витрати на заробітну плату за день:

$$21799 + 4796 + 6540 = 33135 \text{ грн}$$

На оренду та ремонт робочого обладнання витрати становлять 150 % від ЗП:

$$33135 \times 1,5 = 49703 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати складають 200% від основної зарплати:

$$33135 \times 2,0 = 66270 \text{ грн}$$

Проводимо обрахунок собівартості:

$$91835 + 269 + 33135 + 49703 + 66270 = 241212 \text{ грн}$$

Адміністративні витрати становлять 2 % від собівартості:

$$241212 \times 0,02 = 4824 \text{ грн}$$

Витрати на збут становлять 2,3% від собівартості:

$$241212 \times 0,023 = 5548 \text{ грн}$$

Операційні витрати становлять 1,5% від собівартості:

$$241212 \times 0,015 = 3618 \text{ грн}$$

Згідно проведених вище обчислень розраховуємо загальні витрати собівартості:

$$241212 + 4824 + 5548 + 3618 = 255202 \text{ грн}$$

Витрати на виробництво за рік складають:

$$255202 \times 250 = 63800500 \text{ грн}$$

					ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			67

Розраховуємо прибуток виробництва:

$$63800500 \times 0,1 = 6380050 \text{ грн}$$

де 10% - рентабельність виробництва.

20% від загальної суми становить податок на додану вартість:

$$(63800500 + 6380050) \times 0,2 = 14036110 \text{ грн}$$

Сума з ПДВ:

$$63800500 + 6380050 + 14036110 = 84216600 \text{ грн}$$

Вартість 1 кг кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти з урахуванням всіх затрат повинна бути:

$$84216600 \div (584 \times 250) = 577 \text{ гривень}$$

Отже, згідно проведеного розрахунку було обчислено вартість 1 кг фітину, яка становить 577 гривень. Вартість солі фітинової кислоти на інших підприємства складає 650 – 800 гривень, якщо урахувати ще додаткові витрати на рекламу та створення дизайну продукції, то готовий продукт є конкурентноспроможним в умовах сучасного ринку.

					ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			68

РОЗДІЛ IV

ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1. Визначення органолептичних властивостей солей фітинової кислоти

Органолептичні показники солей фітинової кислоти повинні відповідати умовам, які наведені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Органолептичні властивості фітину

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Кристалічний сипучий продукт, без сторонніх домішок
Смак	Без смаку
Колір	Від білого до світло жовтого
Запах	Немає

4.2. Методи якісного та кількісного визначення фітинової кислоти та її солей

Методи визначення фітинової кислоти та її солей засновані на її здатності активно хелатувати різні іони з утворенням осадів і кольорових продуктів.

Кольорові реакції визначення фітинової кислоти та її солей

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.069.КР.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Четвертнова			ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ		
Перевір.		Фесич І. В.					
						69	89
Н. Контр.		Подобій О. В.			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.					

Спектрофотометричне визначення вмісту фітинової кислоти в зразках засноване на її здатності конкурентно пов'язувати іони металів в складі забарвлених комплексів, внаслідок чого інтенсивність світлопоглинання комплексів в певному діапазоні довжин хвиль слабшає. Таким чином, щодо зниження оптичної щільності зразка можна визначити наявність і встановити кількісний вміст фітинової кислоти та її солей.

Існує безліч кольорових реакцій на фітинову кислоту, одна з них заснована на застосуванні залізо сульфосаліцилатного комплексу, або реактиву Вейда. Саме цей метод застосовується в даний час для визначення невеликих кількостей фітину в рослинній сировині, тоді як в харчовій промисловості використовується метод рідинної хроматографії.

Реактив Вейда є розчином 0.324 г сульфосаліцилової кислоти в 100 мл води, змішаний з 0.0324 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, розчиненого в 100 мл води. Метод визначення концентрації фітину з реактивом Вейду має ряд недоліків: низьку збіжність (значний розкид) результатів вимірювання, внаслідок чого виникає необхідність збільшення числа повторювання досліду до 12 і більше; нестійкість забарвлення аналізованої суміші в часі (не більше 1-2 хвилин) і її залежність її від рН середовища (тому вимірювання проводять при різних довжинах хвиль (416, 510 або 580 нм)); вплив сторонніх домішок на результати аналізу [22].

Найчастіше, в якості реагентів в аналізі використовують комплекси заліза (III) – реактив Вейда (залізо (III) –сульфосаліцилова кислота), залізо (III) –тіоціанатний комплекс, а також комплекс ітрію (III) хлориду з 4- (2-піриділазо) резорцином.

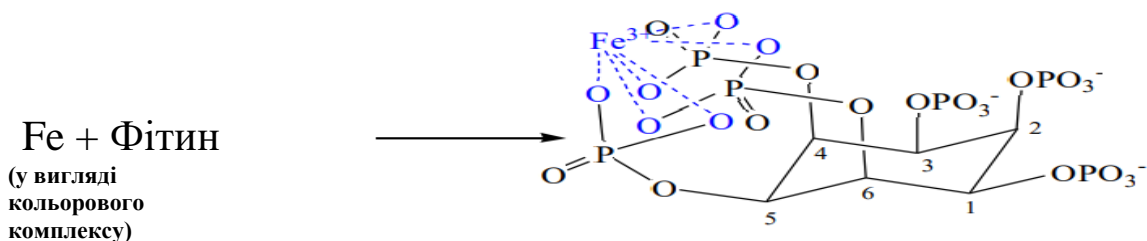


Рис. 4.1. Реакція взаємодії заліза з фітиновою кислотою

Кольорові реакції витіснення заліза з залізо-вмісних органічних комплексів фітинової кислоти, що лежать в основі спектральних методів її визначення [4].

Таблиця 4.2

Спектральні методи визначення фітину

Реагент	Колір	pH	λ_{max} , нм
Реактив Вейда (залізо (III) – сульфосаліцілова кислота)	Рожево – фіолетовий	1,8 – 2,5 [FeSaI] ⁺	510
	Червоно – бурий	4,0 – 8,0 [FeSaI ₂] ⁻	580
	Жовтий	8,0 – 12,0 [FeSaI ₃] ³⁻	416
Залізо (III) - тіоціанатний комплекс [Fe(NCS) _n (H ₂ O) _{6-n}] ₃	Червоний	До 4,0	480
Залізо катехінний комплекс	Фіолетовий	6,0 – 7,0	560 – 580
Комплекс Fe (II) з 2,2'- біпіридіном [Fe(bipy) ₃] ²⁺	Червоний	3,6	520

Аналіз на загальний фосфор

Кількісний вміст фітинової кислоти можна оцінити з допомогою аналізу на вміст загального фосфору. Для цього фітинову кислоту спочатку гідролізують до утворення простих фосфатів окисною сумішшю азотної та хлорної кислот. Отриманий розчин аналізують різними методами, один з яких – фотометрування комплексу молібденованадатних гетерополікислот при довжині хвилі $\lambda_{\max} = 425$ нм. Отриманий розчин також можна аналізувати за допомогою методу ІСР (іонізації в індуктивно-зв'язаній плазмі) або атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Відомий метод визначення фосфору в складі фітинової кислоти (метод Мішель-Дюрана), в якому фітинової кислота осідає у вигляді кальцієвої солі і аналізується гравіметрично.

Для кількісного визначення вмісту фітинової кислоти і її похідних в біологічному матеріалі застосовують титриметричні, колориметричні, хроматографічні методи. Протягом декількох десятиліть титриметричний методом був найбільш поширеним, активно розроблявся й удосконалювався; пізніше були розроблені спектральні методи аналізу [23].

4.3. Інші сучасні фізико – хімічні методи визначення фітинової кислоти та її солей

Високоєфективна рідинна хроматографія

Для аналізу фітинової кислоти використовуються різні методи ВЕР хроматографії.

Вміст компонента визначали на ВЕР-хроматографі з RI-детектором (детектор показника заломлення) і колонкою з звернуто-фазовим режимом. В якості рухомої фази використовувався розчин KH_2PO_4 (рН 6,0).

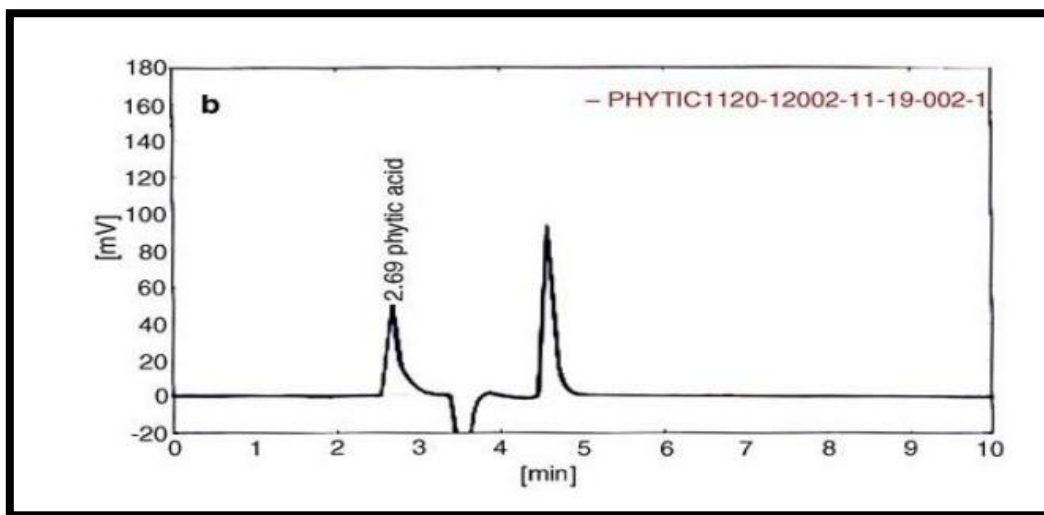


Рис. 4.1. Хроматограма стандарту фітинової кислоти

Також використовують ВЕР-хроматограф з UV/vis – детектором (ультрафіолетовий детектор) і колонкою з звернуто-фазовим режимом. Для цього попередньо проводять кольорову реакцію, що лежить в основі хроматографічного визначення фітинової кислоти з залізо (III) -тіоціанатним комплексом. В якості рухомої фази використовували суміш 30% ацетонітрилу в воді, підкисленою 0,1М HNO₃. Пік залізо (III) – тіоціанатного комплексу аналізують при довжині хвилі 460 нм [24].

Концентрація фітинової кислоти в цьому випадку розраховується з допомогою калібрувальної кривої.

Подібним чином, в якості пофарбованого реагенту, що утворює комплекси з фітиновою кислотою, можуть використовуватися комплекси заліза (III), такі як залізо-катехінний комплекс або реактив Вейда.

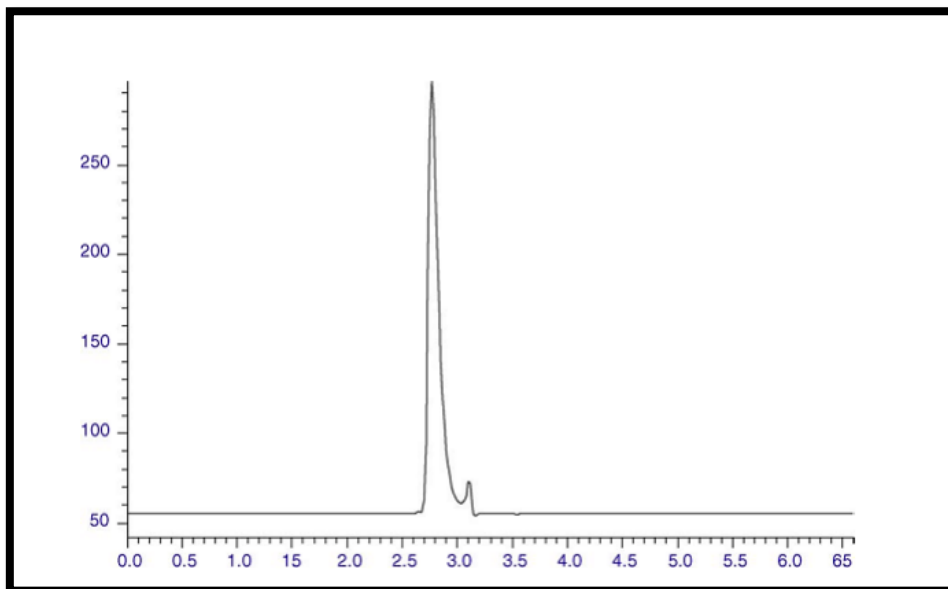


Рис. 4.2. Хроматограма залізо – тіоціанатного комплексу

Окремо виділяють метод високоефективної іонної хроматографії, тому його використовують не стільки для аналізу фітинової кислоти, скільки для якісного і кількісного визначення продуктів її гідролізу [25].

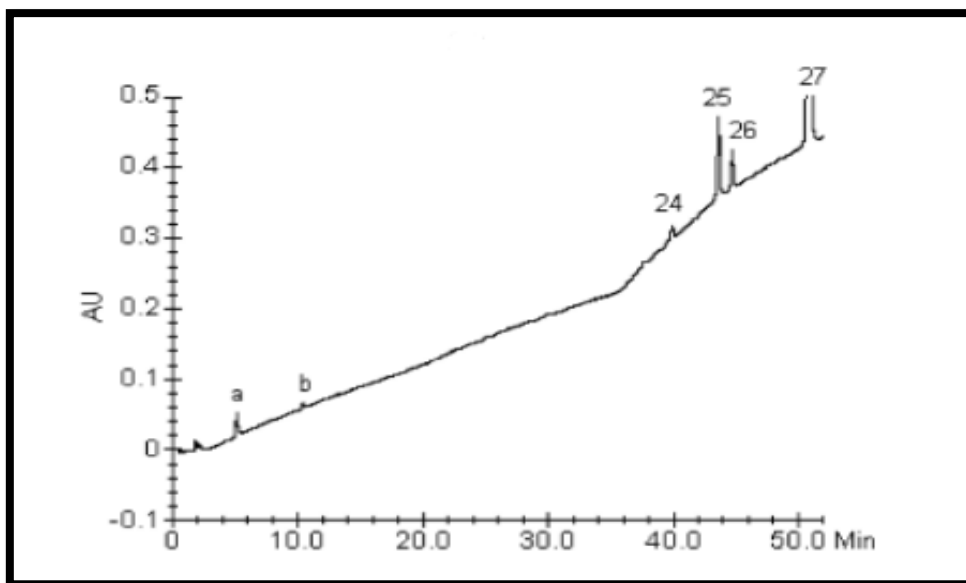


Рис. 4.3. Хроматограма визначення фітину з рослинних культур

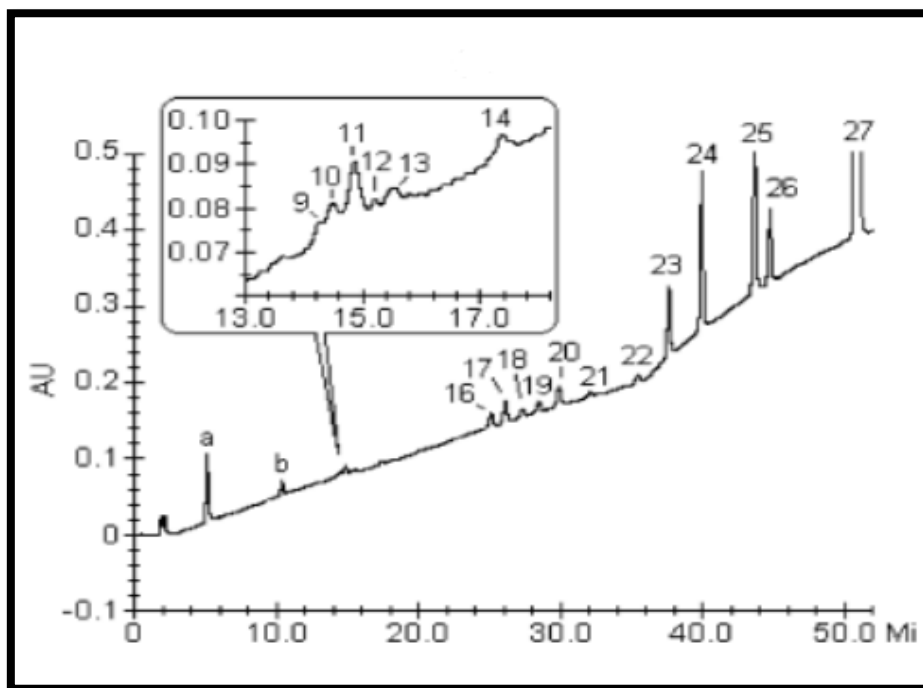


Рис. 4.4. Хроматограма визначення фітину з арахісу смаженого

РОЗДІЛ V

ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Екологічна частина

Рисова мучка (відходи рисового виробництва)

Основною сировиною для виробництва солей фітинової кислоти є відходи рисового виробництва. Тому доцільно організувати підприємство поруч з заводом виробництва рису. З 1 тонни сировини можна отримати різноманітні види хімічної продукції: аморфний діоксид кремнію; фурфурол (хімікат для промисловості); ксиліт; рисове масло; фітин і його похідні і багато іншого.

Рис є одним із значущих харчових продуктів в світі, займаючи друге місце після пшениці. Згідно з даними останнього звіту International Grains Council, світове виробництво зернових щорічно зростає і в 2020 р. воно становить 2,178 млрд тонн. При виробництві рису утворюється до 30% відходів (рисового лушпиння) від маси сухого зерна. Щорічно світ імпортує відходи зернової культури в середньому на суму 240 млн доларів. Великими імпортерами товарної продукції є Китай, США, Туреччина і Бельгія, на частку яких припадає 52,5% усього світового імпорту.

Рисове лушпиння здебільшого спалюється в печах або піддається захороненню. При цьому лушпиння не розпадається в землі через наявність в ній діоксиду кремнію (15%). При її спалюванні утворюється зола, яка складає 20-25% її маси. Рисові висівки і їх зола є багатокомпонентне з'єднання, але переважаючим компонентом в золі - близько 85% - є оксид кремнію [14].

Отже, використання у вигляді основної сировини відходи рисового виробництва допомагає вирішити низьку екологічних та економічних проблем.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.076.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Четвертнова			ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Фесич І. В.					76	89
Н. Контр.		Подобій О. В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Кальцій та магній нітрат

Нітрат кальцію – швидкодіюче унікальне добриво, що містить нітратний азот і повністю розчинний у воді кальцій, для рідкої підгодівлі всіх рослин в теплиці або в саду або для добрива через листя шляхом обприскування.

Кальцій – це будівельний матеріал для клітин рослин і матеріал, необхідний для утворення нових клітин. В результаті дефіциту кальцію молоде листя деформується, набуває блідого забарвлення і пізніше висихає.

Особливо добре підходить для добрива молодих рослин, а також рослин на остаточному місці зростання.

Нітрат магнію містить в собі 15% магнію і 11% азоту. Ці два мікроелементи слугують у якості добрих та сприяють посиленому росту і розвитку рослин. Своє застосування магнієва селітра знаходить у вигляді підгодівлі овочевих культур, ягідних рослин, плодових дерев, винограду [26].

Отже, для підвищення екологічності виробництва доцільно відходи кальцію і магнію нітрату відправляти на виробництво добрив.

Соляна кислота

Соляну кислоту, яка втратила свої властивості, знешкоджують шляхом нейтралізації вуглекислим натрієм або іншою лужною сумішшю.

Можливе повторне використання упаковки із – під речовини після промивки та сушки тари. Кислі стічні води перед надходженням в систему каналізації повинні проходити стадію нейтралізації на локальних очисних установках.

При неможливості повторного використання очищеної та сухої тари необхідно обов'язково здати її на утилізацію організаціям, які займаються збором відходів для вторинної переробки [27].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			77

5.2. Охорона праці

Основні вимоги охорони праці на хімічному виробництві:

- 1) У виробничих приміщеннях необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки згідно вимог ДСТУ Б В.1.1-36.
- 2) Організація технологічного процесу виробництва засобів і гігієнічні вимоги до виробничого устаткування здійснюються згідно вимог ДСТУ 3273.
- 3) Гранично – допустимий вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони і мікроклімат виробничих приміщень повинні відповідати вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджених наказом МОЗ України.
- 4) Виробничі приміщення повинні бути обладнані:
 - ✓ Припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони нижче граничнодопустимих значень;
 - ✓ Водопровідною системою;
 - ✓ Питною водою;
 - ✓ Робочим і аварійним освітленням.
- 5) Рівень шуму обладнання повинен відповідати ДСН 3.4.6.037, рівень вібрації – у відповідності до ДСН 3.3.6.039.
- 6) Обладнання, яке застосовується при виробництві продукції, повинно бути заземленим від статистичної електрики. Приміщення повинні бути оснащені вогнегасниками згідно з вимогами чинного законодавства.

7) Виробничий персонал повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту, згідно з чинними галузевими нормами: технологічним та спецодягом, спецвзуттям, окулярами відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці». Увесь персонал, що зайнятий в виробництві, в виробничих приміщеннях повинен використовувати спецодяг, який видається кожному працівнику підприємства, що має доступ на виробничі ділянки, при прийомі на роботу. Спецодяг, призначений для роботи на виробничих ділянках необхідно періодично прати. Спецодяг потрібно зберігати окремо від особистого та верхнього одягу. Забороняється носіння спецодягу поза виробничими приміщеннями підприємства. Наявність, чистота і справність спецодягу перевіряється завідуючим виробництвом.

8) До роботи під час виробництва засобів допускаються особи, які пройшли попередній та періодичний медичний огляд у відповідності з наказом МОЗ України №246. Працівники виробничих ділянок не допускаються до роботи за наявності таких симптомів:

- ☼ жовтяниця;
- ☼ пронос;
- ☼ блювота;
- ☼ підвищення температури;
- ☼ ураження шкіри з видимої інфекції (фурункули, порізи і т.д.);
- ☼ виділення з вух, очей або носа.

Будь-яка особа, яка знаходиться в такому стані, має негайно попередити про захворювання або про симптоми керівництву. Керівник в свою чергу направляє працівника до лікаря [28].

Аналіз токсичних речовин, які використовуються на виробництві

Хімічне виробництво відноситься до галузі промисловості, яка має потенційну небезпеку захворювань працюючих та професійних отруєнь. Це відбувається через те, що в процесі праці на виробництві багато співробітників стикаються з хімічними речовинами, які мають токсичні властивості.

Під впливом небезпечних речовин, які можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкіру або шлунок в організмі відбуваються різні порушення. Вони проявляються у вигляді гострих і хронічних отруєнь.

Соляна кислота. Соляна кислота – досить частий гість на хімічних підприємствах. А побічний ефект її використання – викиди, небезпечні для здоров'я.

Гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони – 5 мг/м³.

Мінімальна смертельна концентрація для людини при вдиханні:

- ✘ На протязі 30 хвилин – 1968 мг/м³;
- ✘ На протязі 5 хвилин – 4542 мг/м³.

Соляна кислота є високо небезпечним продуктом, так як може викликати корозію металів, хімічні опіки при потраплянні на шкіру та в очі, а також може викликати подразнення верхній дихальних шляхів. HCl відноситься до другого класу небезпечних сполук. Зберігати речовину необхідно в приміщенні з гарною вентиляцією; у недоступних місцях для сторонніх людей; в ємності, яка не піддається корозії.

Засоби індивідуального засобу при контакті з кислотою:

- Використовувати захисні окуляри з бічним захистом. Користуватися засобами захисту обличчя.

- Користуватися відповідними захисними рукавичками. Підходять рукавички хімзахисту. Перевірити герметичність / непроникність до використання. Рекомендується перевірити хімічну стійкість вищеназваних захисних рукавичок для спеціального застосування, а також постачальника цих рукавичок.
- Апарат захисту органів дихання необхідний при: використанні аерозолі або утворенні туману.

Перша допомога при контакті з соляною кислотою:

- При вдиханні забезпечити доступ свіжого повітря. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.
- При контакті зі шкірою негайно промити великою кількістю води. Терміново потрібно медичне лікування.
- При попаданні в очі негайно промити їх при відкритих віках протягом 10-15 хвилин проточною водою і звернутися до окуліста.
- При ковтанні терміново прополоскати рот і випити велику кількість води. Негайно зверніться до лікаря. При ковтанні виникає небезпека перфорації стравоходу і шлунка (сильний роз'їдаючий вплив).

Соляна кислота не горить та не є вибухонебезпечною рідиною. При нагріванні відбувається виділення хлористого водню – це токсичний газ, який призводить до сильного кашлю, удушення. При контакті зі шкірою може привести до почервоніння та опіків. При взаємодії з металами виділяється водень, який створює з повітрям вибухонебезпечну суміш. Ємності з кислотою можуть підриватися при нагріванні. Заборонено тушити одяг на людині вуглекислою, оскільки можливе обмороження. Не можна заливати водою, охолоджувати з великої відстані [27].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			81

Магній нітрат. Нітрат магнію (магнієва селітра, магній азотнокислий) – це з'єднання неорганічної етіології у вигляді білої твердої маси, яке не має забарвлення. Речовина гігроскопічна. Відноситься до 3 класу небезпечних сполук. $Mg(NO_3)_2$ немає граничної концентрації в повітрі робочої зони.

Препарат зберігають у закритій тарі в критих складських приміщеннях. Приміщення для зберігання магній азотнокислого не повинно містити в небезпечній близькості горючі матеріали, органічні матеріали, сильні відновники. Повітря повинно бути прохолодним і сухим, приміщення обладнане вентиляцією або з хорошим провітрюванням.

Речовина є легкозаймистою. При пожежі необхідно тушити піском, сухим порошком або піною. Не рекомендується використовувати воду. У разі пожежі можуть утворитися оксиди азоту – небезпечні продукти горіння. Ліквідувати вогонь необхідно з далекої відстані та в автономному дихальному апараті.

Перша допомога при контакті з магнієвою селітрою:

- ❖ При вдиханні забезпечити доступ свіжого повітря. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.
- ❖ При контакті зі шкірою промити її водою / прийняти душ. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.
- ❖ При попаданні в очі обережно промивати водою протягом декількох хвилин. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.
- ❖ При ковтанні прополоскати рот. Звернутися до лікаря / фахівця при поганому самопочутті [29].

Нітрат кальцію. Кальцієва селітри- безбарвна кристалічна речовина. При 500 °C нітрат кальцію починає розкладатися з виділенням вільного кисню і утворенням спочатку нітриту кальцію $Ca(NO_2)_2$, а потім CaO і NO_2 . За впливом на організм речовина відноситься до третього класу небезпечних речовин.

Гранично допустима концентрація в повітрі робочого приміщення дорівнює 2,5 мг/м³.

Нітрат кальцію не відноситься до легкозаймистих та вибухонебезпечних речовин, але у суміші з горючими матеріалами і органічними сполуками легко займається і сильно горить. Навколишній вогонь може виділяти небезпечні продукти термодеструкції речовини (азотисті гази, оксиди азоту). Засоби пожежогасіння підбираються залежно від пожежовибухонебезпечних властивостей горючих матеріалів, що знаходяться у зоні загорання разом із даним продуктом.

Заходи першої допомоги:

- ✚ При потраплянні в очі промити проточною водою при широко відкритій очній щілині.
- ✚ При потраплянні на шкіру зняти забруднений одяг, взуття, спорядження. Промити проточною водою до повного видалення продукту.
- ✚ При проковтуванні очистити ротову поверхню від залишків продукту і прополоснути водою. Не застосовувати блювотні засоби. Напоїти потерпілого водою. При природній блювоті – нахил вперед для зниження ризику аспірації. Повторити прийом води. Всередину – активоване вугілля або сульфат натрію (1 ст. ложка на 0,25 склянки води), при судомач – діазепам [30].

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено аналітичний огляд науково – технічної літератури та розглянуто властивості солей фітинової кислоти, основні сфери застосування та шляхи удосконалення отримання фітину.
2. Встановлено, що основною сировиною для виробництва похідних фітинової кислоти слугують відходи рисового виробництва, а саме рисові висівки.
3. Розроблено удосконалену принципову технологічну та апаратурно – технологічну схеми виробництва солей фітинової кислоти: використано у якості речовин для осадження магній та кальцій нітрат, оскільки вони краще вимиваються і дозволяють отримати високоякісний продукт; замінено фільтр з відцентровим вивантаженням осаду на мембранний вакуум фільтр, завдяки якого видаляються речовини білкової природи і збільшується білизна вихідного продукту.
4. Розраховано матеріальний баланс виробництва кальцієво – магнієвої солі фітинової кислоти. З'ясовано, що для виробництва 365 кг фітину необхідно 1000 кг рисових висівок, 3982 кг 1 - % розчину соляної кислоти, 487 кг 10 - % магнію нітрату та 493 кг 10 - % розчину кальцій нітрату. Пораховано тепловий баланс стадії сушіння солі фітинової кислоти. Продуктивність підприємства згідно отриманого готового продукту становить 365 кг / зміну.
5. Проведено підбір обладнання та обчислено конструктивний та енергетичний розрахунок основного апарату виробництва, а саме реактора для осадження з рамною мішалкою.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.084.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Четвертнова</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Фесич І. В.</i>				84	89
					ВИСНОВКИ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О. В.</i>			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>					

6. У дипломному проекті наведено техніко – економічне обґрунтування доцільності запропонованих заходів удосконалення технології. Вартість 1 кг фітину становить 577 гривень, що є конкурентною ціною на сучасному ринку.
7. Надано показники якості та безпечності готового продукту згідно наведеної технології.
8. Досліджено заходи щодо вирішення екологічних питань підприємства та описано охорону праці для об'єкту, що розробляється.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

8. Reddy, N. R. Nutritional Consequences of Phytates, Phytate in Cereals and Legumes / Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. // CRC Press, Boca Raton, FL 1989, pp. 80 – 110.
9. Сарафанова, Л.А. Пищевые добавки. Энциклопедия. / Л.А. Сарафанова. – С-Пб.: ГИОРД, 2004. – 808 с.
- 10.Reddy, N. R. Food Phytates / Ed. N.R. Reddy //S.K. Sathe. - London, New York, Washington. – 2001. – P. 43.
- 11.Shamsuddin, A. M., Anti-cancer function of phytic acid / Shamsuddin, A. M.// Int. J. Food Sci. Technol. – 2002. - № 37. – P. 769 – 782.
- 12.Колзунова, Л. Г. Использование ультрафильтрации для извлечения солей фитиновой кислоты из отходов производства риса / Л. Г. Колзунова, Л. А. Земнухова, Г. А. Федорищева, Л. Н. Куриленко, В. И. Сергиенко // Журнал прикладной химии. - 2000. - Т. 73, № 10. - С. 1652-1664.
- 13.Козьмина, Е. П. Рис и его качество : научное издание /Е.П. Козьмина, Г.М. Бардышев, Н.А. Емельянова - Москва: Колос, 1976. - 400 с.
14. Сергиенко, В. И. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи / В. И. Сергиенко, Л. А. Земнухова, А. Г. Егоров, Е. Д. Шкорина, Н. С. Василюк // Рос. хим. ж. – 2004. - №3. – С. 116 – 124.
- 15.Колзунова Л.Г., Земнухова Л.А., Сергиенко В.И. Патент РФ, №2171808, 2000.
- 16.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. - 21 с.
17. Оборудование химических производств [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. / А.И. Леонтьева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2012. – Ч. 1. – 232 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			87

- 18.Товажнянский Л.Л., Готлинская А.П. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В двух книгах. Книга 1 / Под общ. ред. Л.Л. Товажнянского. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 632 с.
- 19.Дубинін, А.І. Процеси і апарати хімічної технології: Навчальний посібник / А.І. Дубинін, Р.І. Гаврилів, І.О. Гузьова; за ред. проф. А.І. Дубиніна. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 360 с.
- 20.Процеси і апарати біотехнологічних виробництв: Метод. рекомендації до вивчення дисципліни, виконання курсових і контрольних робіт для студ. напряму 6.051401 "Біотехнологія" ден. та заоч. форм навч. /Уклад.: Зав'ялов В.Л., Зоткіна Л.В., Немирович П.М., Бодров В.С., Запорожець Ю.В., Попова Н.В., Мисюра Т.Г. – К.: НУХТ, 2012. – 98 с.
- 21.Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник. / В.Г.Мирончук, І.С.Гулий, М.М. Пушанко та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
- 22.Dost K. Determination of phytic acid in wheat and wheat products by reverse phase high performance liquid chromatography / Dost K., Tokul O. // Anal. Chim. Acta. – 2006. - №558. – P. 22–27.
- 23.Титок В. Анализ структурных и качественных особенностей депонирования фитина / В.В. Титок , С.И. Вакула, В.Н. Леонтьев, В.Г. Лугин // Цитология и генетика. – 2015. – Минск. – Т.49, №1. – С. 40 – 45.
- 24.Amaro R. HPLC with inductively coupled plasma optical emission spectrometric detection for the analysis of inositol phosphates / Amaro R., Escalona A., Murillo M. // Journal of Chromatographic Science. - 2004. – Vol. 42. – P. 491-491.
- 25.Chen Q.-Ch. Determination of phytic acid and inositol pentakisphosphates in foods by high-performance ion chromatography / J. Agric // Food Chem. – 2004. - №52(15). – P. 4604-4613.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			88

26. Кротких, Т.А. Эколого-агрохимические основы применения удобрений [Текст]: учебное пособие / Т.А. Кротких, Л.А. Михайлова; под ред. Т.А. Кротких; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 335 с.
27. ГОСТ 30333-2007 «Паспорт безопасности соляная кислота. Общие требования». – 2007 г. – 14 с.
28. Охрана труда и промышленная экология: учебник для студ. 2 учреждений сред. проф. образования / [В. Т. Медведев, С. Г. Новиков, А. В. Каралюнец, Т. Н. Маслова]. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 416 с
29. ГОСТ 30333-2007 «Паспорт безопасности нитрат кальция. Общие требования» . – 2014 г. – 23 с.
30. ГОСТ 30333-2007 «Паспорт безопасности нитрат магния. Общие требования» . – 2009 г. – 17 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			89