

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

Тамара Носенко

“ ”. _____ . 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Подлубний Ярослав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання гуміарабіку

керівник роботи Подобій Олена Валеріївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16”березня 2025 р.№ 231 КС

2. Строк подання здобувачем роботи 02 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи передбачити отримання гуміарабіку Е414 шляхом послідовного очищення. Маса вихідного необробленого продукту становить 1500

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Розділ І. Аналітичний огляд науково-технічної літератури; Розділ ІІ. Технологічна частина; Розділ ІІІ. Техніко-економічне обґрунтування; Розділ ІV. 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	06.05.2025р.	01.06.2025р.

7. Дата видачі завдання 06.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	05.05.2025р.	
2	Аналітичний огляд науково-технічної літератури	06.05-11.05.2025р.	
3	Технологічна частина. Розрахунок матеріального балансу отримання гуміарабіку.	12.05-25.05.2025р.	
4	Техніко-економічне обґрунтування	26.05-27.05.2025р.	
5	Організація контролю якості продукції	28.05.2025р.	
6	Екологічна частина та охорона праці	29.05.2025р.	
7	Висновки	01.06.2025р.	
8	Список використаної літератури. Реферат	15.05-25.05.2025р.	
9	Графічна частина проекту. Принципова технологічна схема	12.05-19.05.2025р.	
10	Графічна частина проекту. Апаратурно-технологічна схема	20.05-27.05.2025р.	
11	Графічна частина проекту. Креслення апарату (загальний вигляд)	28.05-01.06.2025р.	
12	Передзахист, перевірка на академплагіат, рецензування ДП	03.06.2025р.-10.06.2025р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Ярослав ПОДЛУБНИЙ

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олена ПОДОБІЙ

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 93 СТОР., 27 ТАБЛ., 15 РИС., 62 ДЖЕРЕЛА.

Основною темою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка технології отримання гуміарабіку. У роботі висвітлено склад камеді та ключові напрями її застосування. Проведено аналіз найпоширеніших технологій виробництва та очищення гуміарабіку, а також запропоновано шляхи вдосконалення існуючих методів.

Описано сировинну базу для виробництва та проаналізовано глобальні тенденції розвитку ринку цієї добавки. Розроблено принципову технологічну схему виробництва гуміарабіку. Здійснено розрахунок матеріального балансу процесу, відповідно до якого із 1500 кг необробленої камеді за один цикл отримують 1349,1 кг очищеного продукту. Підбрано основне технологічне обладнання для кожного етапу виробництва. Зокрема, виконано розрахунок параметрів підвісної фільтрувальної центрифуги: її діаметр становить 1,25 м, висота барабана – 1 м, а середня продуктивність складає 56,22 м³/год суспензії. Обґрунтовано апаратурно-технологічну схему виробництва гуміарабіку.

Проведено техніко-економічний аналіз запропонованої технології, згідно з яким рентабельність складає 10%, а прибуток становить 44952 грн на кожні 1000 кг очищеного гуміарабіку. У роботі наведено дані щодо організації контролю якості готової продукції на основі вимог Європейської Фармакопеї.

Також запропоновано заходи зі збереження довкілля та реалізації екологічної політики на підприємстві. Розглянуто питання забезпечення охорони праці та безпеки робочих процесів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГІДРОКОЛОЇДИ, ГУМІАРАБІК, КАМЕДЬ АКАЦІЇ, СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧ, ОСАДЖЕННЯ, РОЗПИЛЕННЯ, АГЛОМЕРАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 93 PAGES, 27 TABLES, 15 FIGURES, 62 SOURCES.

The main topic of the bachelor's qualification work is the development of a technology for obtaining gum arabic. The work highlights the composition of the gum and key areas of its application. The most common technologies for the production and purification of gum arabic are analyzed, and ways to improve existing methods are proposed.

The raw material base for production is described and global trends in the development of the market for this additive are analyzed. A basic technological scheme for the production of gum arabic is developed. The material balance of the process is calculated, according to which 1349.1 kg of purified product is obtained from 1500 kg of raw gum in one cycle. The main technological equipment for each stage of production is selected. In particular, the parameters of the suspended filter centrifuge were calculated: its diameter is 1.25 m, the drum height is 1 m, and the average productivity is 56.22 m³/h of suspension. The hardware and technological scheme of gum arabic production was substantiated.

A technical and economic analysis of the proposed technology was carried out, according to which the profitability is 10%, and the profit is 44952 UAH for every 1000 kg of purified gum arabic. The work provides data on the organization of quality control of finished products based on the requirements of the European Pharmacopoeia. Measures for environmental protection and the implementation of environmental policy at the enterprise are also proposed. The issue of ensuring labor protection and safety of work processes is considered.

KEY WORDS: HYDROCOLOIDS, GUMIARABIC, ACACIA GUM, STRUCTURE FORMER, DEPOSITION, SPRAYING, AGGLOMERATION, TECHNOLOGIES.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ЗМІСТ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Властивості гуміарабіку.....	9
1.2 Галузі використання гуміарабіку.....	12
1.3 Стан сировинної бази.....	20
1.4 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки.....	22
1.5 Висновки до першого розділу.....	26
РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	28
2.2 Принципова технологічна схема.....	30
2.3 Матеріальний розрахунок.....	36
2.4 Розрахунок теплового балансу.....	44
2.5 Підбір основного технологічного обладнання.....	45
2.6 Розрахунок центрифуги ФПН-1251 Л-07.....	62
2.7 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	66
РОЗДІЛ III. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	70
РОЗДІЛ IV. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	75
4.1 Організація системи контролю якості на виробництві.....	75
4.2 Показники якості та безпечності отриманого гуміарабіку.....	76
РОЗДІЛ V. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	78
5.1 Охорона праці на підприємстві.....	79
5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві.....	80
5.2.1 Реєстр ризиків, які впливають на навколишнє середовище.....	80
5.2.2 Інструкція щодо контролю за якістю стічних вод.....	84
5.2.3 Очистка атмосферного повітря.....	87
5.3 Висновки до п'ятого розділу.....	87
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	90
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Подлубний Я.Ю. Документ затверджено Носенко Т.Т.	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.007.КР.ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				01.05.2025	ua	6/96

ВСТУП

Актуальність теми. Камедь акації (INS No. 414), відповідно до визначення Об'єднаного експертного комітету ФАО/ВООЗ з харчових добавок (Joint Expert Committee on Food Additives – JECFA), є висушеним ексудатом, отриманим зі стебел і гілок Акації Сенегал (*Acacia Senegal* (L) Willdenow) або Акації Сейял (*Acacia Seyal*, родина Leguminosae).

Ця речовина, відома також як гуміарабік, збирається переважно з дерев акації видів Сенегал, які називають Хашаб (Hashab), та Сейял, відомих як Талха (Talha). Їхній природний ареал охоплює Африканський пояс Сахель, що є перехідною зоною між пустелею Сахара на півночі й Суданською саваною на півдні.

Найбільшими виробниками гуміарабіку є такі країни, як Судан, який займає перше місце у світі за виробництвом, а також Нігерія, Чад і Сенегал.

За останні 25 років обсяги експорту необробленого гуміарабіку зросли майже втричі: з рівня 35 000 тонн на рік у період 1992-1994 років до 102 000 тонн щорічно у проміжок із 2014 по 2016 роки. Крім того, експорт обробленого гуміарабіку за цей же період зріс із 17 000 до 53 000 тонн на рік.

Актуальність роботи. Завдяки своєму природному походженню гуміарабік займає провідну позицію серед продуктів із високими обсягами експорту. Його багатофункціональні властивості забезпечують широкий спектр застосування в різних галузях промисловості. Гуміарабік виконує роль емульгатора, стабілізатора, текстуруючого агента й харчового волокна, що дозволяє використовувати його у виробництві оздоровчих харчових продуктів.

Мета роботи полягає у створенні технології для отримання очищеного гуміарабіку з метою задоволення потреб швидко зростаючого ринку цього продукту.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа -	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Подлубний Я.Ю.	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 7/96

Завдання роботи включають:

- аналіз існуючих технологій та дослідження ринку готової продукції;
- розроблення принципової технологічної схеми виробництва гуміарабіку із розрахунком матеріального та теплового балансу;
- створення технологічних стадій, розрахунок і підбір основного технологічного обладнання для забезпечення максимального виходу продукту;
- проектування апаратурно-технологічної схеми виробництва;
- виконання розрахунків економічної ефективності підприємства, визначення собівартості продукції, її рентабельності та супутніх витрат;
- організація контролю якості готової продукції;
- розробка заходів для охорони навколишнього середовища та забезпечення безпечних умов праці.

Предметом дослідження є природний – гуміарабік.

Об'єктом дослідження є технології отримання природнього гуміарабіку.

РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Властивості гуміарабіку

Камедь акації представляє собою складний комплекс, що включає глікопротеїни, полісахариди та солі, формуючи сферичні утворення різного розміру. Її хімічний склад варіюється залежно від джерела походження, віку дерева, кліматичних умов і характеристик ґрунту. [5, 6].

Основні структурні компоненти молекули–галактоза, арабіноза, рамноза, глюкуронова кислота та 4-О-метилглюкуронова кислота. Співвідношення цих компонентів змінюються залежно від виду акації – *A. senegal* та *A. seyal*, що також впливає на молекулярну масу речовини. Детальні дані наведені у таблиці 1.1. [6].

Таблиця 1.1

Характеристика складу камеді з різних видів дерев акації

	<i>A. senegal</i> (Sudan)	<i>A. senegal</i> (Nigeria)	<i>A. seyal</i> (Sudan)
Галактоза, %	38,9	45,3	44,2
Арабіноза, %	25,7	24,9	32,5
Рамноза, %	9,5	9,2	2,0
Глюкуронова кислота, %	21,5	15,5	13,0
Білки, %	2,09	2,93	0,99
Молекулярна маса, г/моль	640000	485000	1140000

За результатами фракціонування біополімеру з використанням гідروفобної хроматографії, у роботах [5, 6] було виділено три фракції: арабіногалактан (AG), арабіногалактан-протеїновий комплекс (AGP) та глікопротеїн (GP). У всіх трьох фракціях полісахаридний компонент із молекулярною масою від 200 до 300 кДа має подібну структуру і належить до гетерополісахаридів [6, 17].

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Подлубний Я.Ю.	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.007.КР.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				01.05.2025	ua	9/96

Цей полісахарид має галактанове ядро, побудоване з β -(1 \rightarrow 3)-зв'язаних 116 залишків D-галактопіранози. Воно розгалужується за допомогою β -(1 \rightarrow 6)-зв'язків, утворюючи з'єднання з іншими моносахаридними ланками, такими як L-арабіноза, L-рамноза, D-глюкуронова кислота та 4-O-метилглюкуронова кислота. Залишки рамнози, уронових кислот та арабінози у формі фуранози розташовуються ближче до периферії молекули. У природному полімері уронові кислоти найчастіше представлені у вигляді солей магнію, калію та кальцію. [6, 7, 8].

Таким чином, за складом моносахаридів (див. рис. 1.1), полісахарид у гуміарабіку головним чином представлений арабіногалактаном. [9, 10].

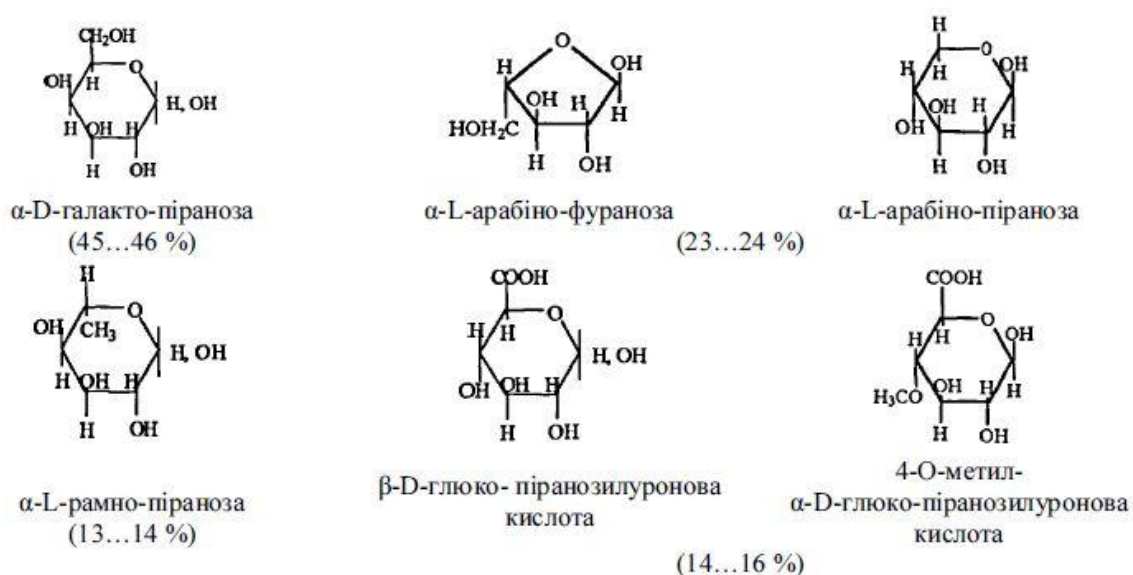


Рис.1.1 Моносахаридні ланки полісахаридної складової гуміарабіку

Макромолекула гуміарабіку перебуває у формі короткої жорсткої спіралі. Довжина головного ланцюга може варіюватися від 1050 до 2400 Å (1 Å = 10⁻¹⁰ м) залежно від величини її заряду. Завдяки наявності арабіногалактану в складі гуміарабіку, біополімер у водних розчинах набуває компактної сфероїдальної структури. [6].

Основна відмінність між фракціями полягає у різниці молярної маси й вмісту білка. Фракція AGP (арабіногалактанпротеїновий комплекс) [19] характеризується високим вмістом білка і легко піддається руйнуванню протеолітичними ферментами. Це свідчить про те, що вуглеводні блоки

пов'язані із ланцюгом поліпептиду. Загальні хімічні характеристики докладно описані у таблиці 1.2. [6].

Таблиця 1.2

Хімічні характеристики фракцій гуміарабіку

	Цільна камедь	Арабіногалактан	Арабіногалактанпро-теїновий комплекс	Глікопротеїн
Загальна частка		88,4	10,4	1,2
Галактоза, %	36,2	34,5	29,3	12,3
Арабіноза, %	30,5	27,6	31,4	15,0
Рамноза, %	13,0	11,8	12,9	6,7
Глюкуронова кислота, %	19,5	23,1	17,6	11,2
Білки, %	2,24	0,35	11,8	47,3
Молекулярна маса, г/моль	460000	279000	1450000	

Для отримання максимального виходу чистого продукту слід враховувати органолептичні та фізико-хімічні властивості, які впливають на вибір параметрів на різних технологічних етапах. Детальніші дані наведено в таблиці 1.3. [6].

Таблиця 1.3

Органолептичні та фізико-хімічні властивості гуміарабіку

Характеристика	Опис
1	2
Запах та смак	Відсутній

1	2
Розчинність	Добре розчинний у теплій воді та трохи гірше у холодній (1 грам розчиняється у 2 мл води) в результаті чого утворюється клейкий слабкокислий розчин від блідо-жовтого кольору до оранжево-коричневого кольору; нерозчинний у оліях і в більшості органічних розчинниках; розчинний у

	водно-спиртовому розчині етанолу, якщо концентрація етанолу не перевищує 60%. [6, 11, 12].
В'язкість	1% розчин – 2-5 мПа·с, 20% розчин – 100 мПа·с, 35% розчин – 1000 мПа·с. За концентрації вищої ніж 40,0 % розчини біополімеру проявляють реологічні властивості. В'язкість камеді у водному середовищі досягає максимуму при рН 5,0...5,5, а в присутності електролітів та за низьких значень рН вона знижується. У кислому середовищі гуміарабік проявляє стійкість, однак його гідроліз може відбуватися вже при рН 2,0. [14, 15].
Стійкість до дії високих температур	За умов підвищення температури розчину вище ніж 60 °С та тривалій термічній обробці за температури понад 100 °С білок у складі біополімеру денатурує. Це призводить до помутніння розчину, необерненого падіння в'язкості та зниження здатності до емульгування.
Питоме обертання площини поляризації водних розчинів	Цей показник є одним з найважливіших контролів якості, які використовують постачальники та виробники гуміарабіку для розмежування обох дерев [6, 13, 14]. <i>A. senegal</i> – -30° <i>A. seyal</i> – +50°

1.2 Галузі використання гуміарабіку

Камедь акації, відома також як гуміарабік, є природним гідроколоїдом, що широко використовується у різних галузях промисловості, зокрема харчовій, косметичній та фармацевтичній. Це зумовлено її винятковими фізико-хімічними властивостями і функціональними можливостями.

Гуміарабік виконує роль ефективного емульгатора, засобу для утворення плівки, поверхнево-захисного колоїда, стабілізатора емульсій, загусника,

структуруювача, текстуризатора та пластифікатора. Також він використовується як натуральний харчовий клей, фіксуючий агент і засіб для інкапсуляції. Більш детальна інформація представлена нижче.[1, 4, 18].

1.2.1 Кондитерська промисловість

Камедь акації вже багато століть відіграє ключову роль у кондитерській промисловості. Її цінують за здатність запобігати кристалізації цукру, поліпшувати текстуру, виконувати функції емульгатора та забезпечувати рівномірне зберігання жирових компонентів. Завдяки цим якостям гуміарабік застосовують у виробництві різнопланових кондитерських виробів, включаючи формовані цукерки, мармелад, пастилу, глазуровані та неглазуровані жувальні цукерки, льодяники без цукру, а також у різних процесах таблетування, де важливі зв'язувальні властивості. [33, 34]

Вироби з високим вмістом цукру. У кондитерських продуктах із підвищеним вмістом цукру (пастила, цукерки, жувальні гумки) гуміарабік застосовується в концентраціях до 45%. Він запобігає кристалізації цукру та виступає як сполучна речовина. Цей інгредієнт забезпечує стійкість до танення, збереження форми, м'який смак і запах, а також мінімальну адгезію при жуванні, тобто знижує злипання. У м'яких цукерках із більш ніжною текстурою гуміарабік комбінують з іншими гелеутворювачами. [1, 33, 34]

Льодяники без цукру. Гуміарабік, що походить із природних рослинних джерел і є джерелом харчових волокон, отримав схвалення серед споживачів. У виробках без цукру, які користуються популярністю, він використовується як носій активних речовин, що чинять менш шкідливий вплив на зуби.

У таких випадках для твердих льодяникових покриттів застосовуються природні цукрозамінники, як-от сорбіт, мальтит і ксиліт. Ці поліоли характеризуються стабільністю, низькою гігроскопічністю, хрусткою текстурою та приємною солодкістю. У жувальних гумках без цукру найбільш поширені ксиліт і мальтит. Сироп для нанесення на тверді поверхні включає близько 65% поліолу, 3% гуміарабіку, 1% діоксиду титану і 31% води. Цей склад розподіляється по поверхні жувальної гумки і висушується при температурі

повітря 30 °С. Завдяки гуміарабіку температура кристалізації поліола знижується, що дозволяє використовувати сироп при відносно низьких температурах (65-70 °С). Це сприяє збереженню форми виробів. Крім того, гуміарабик покращує стійкість шарів поліолів і збільшує термін зберігання продукції через зменшення гігроскопічності. [33, 34].

У Скандинавії особливим попитом користується низькокалорійна карамель із антикарієсними властивостями. До її складу входять гуміарабик (45-50%), підсолоджувачі (цукрові спирти, наприклад сорбіт, маніт або мальтит) й ароматизатори. Завдяки вологозв'язувальним властивостям гуміарабіку його додають у невеликих кількостях (2-5%). Це сприяє незначному підвищенню залишкової вологості після термічної обробки (до 1-3%) і дозволяє знизити температуру обробки на 5-15 °С. Унаслідок цього зменшується гігроскопічність виробів та ризик рекристалізації поліолів чи прилипання льодяників до обгортки. [33, 34].

Зниження калорійності у цукерках тоффі більш ніж на 50 % досягнуто завдяки використанню підвищеного рівня гуміарабіку у поєднанні з мікрокристалічною целюлозою.

Компресовані кондитерські вироби, такі як таблетки, пастилки та екструдована паста, виготовляються у кілька етапів. Процес таблетування складається з безпосереднього пресування, мокрого гранулювання та створення самого таблетованого продукту. Для цього як зв'язуючий агент використовується агломерований гуміарабик. У процесі пресування гуміарабик, очищений та агломерований, змішують з іншими компонентами схожого розміру часток. При мокрому гранулюванні розчин гуміарабіку додають до порошкової суміші, після чого отриману суспензію висушують, просіюють і пресують. [1, 20].

Дражировані вироби також широко використовують гуміарабик. Він виконує функції глазуруючого та покривного агента, надаючи продуктам блиску й забезпечуючи захисний шар. [1, 22].

У виробках із цукровою глазур'ю гуміарабик застосовують на стадії гумування. Наприклад, у корпусах із мигдалю чи шоколаду, де вміст жиру може становити 30-55 %, він запобігає міграції жиру, посивінню поверхні та

утворенню тріщин. Це покращує адгезію цукрових шарів.[28] Типовий сироп із гуміарабіком містить 60 % води, 20 % гуміарабіку, 15 % цукру та 5 % глюкози. Його розпилюють на корпус, потім висушують, поступово додаючи шари цукру-піску, а також суміш цукрової пудри й подрібненого гуміарабіку. Використання такого методу дозволяє шоколадній глазурі стати більш глянцевою та яскравою. [33, 34].

Снеки. У виробництві снєків, наприклад, смажених горішків, гуміарабік виступає клейкою речовиною для фіксації солі і спецій на поверхні перед смаженням. Горіхи обробляють 30 %-вим розчином гуміарабіку, після чого їх посипають спеціями й обсмажують у печах. Покриття з гуміарабіку блокує вихід жиру з ядра горіхів і допомагає зберегти їх початковий смак. [1, 33, 34]

Хлібобулочні вироби. У хлібобулочній галузі гуміарабік сприяє покращенню текстури, технологічних властивостей і збільшенню терміну зберігання виробів завдяки своїм плівкоутворювальним якостям та здатності регулювати рівень вологості. Додавання невеликої кількості гуміарабіку (2-5 %) до зернових сніданків дозволяє зберігати їх форму, підвищує крихкість та хрусткі властивості. Крім того, утримання вологи сприяє більш тривалому терміну зберігання хліба, булочок, сендвічів, круасанів, сухарів і печива. [33,34].

Гуміарабік також знаходить застосування у виробництві хліба завдяки його функціональним властивостям, таким як підвищення водопоглинання тіста, зростання висоти й об'єму готового хліба.

1.2.2 Ароматизатори та напої

Камедь акації вже багато років широко застосовується в напоївній індустрії завдяки своїм унікальним властивостям, таким як емульгуюча здатність, стабілізуючий ефект, можливість капсуляції, низька в'язкість і стійкість до кислотності. [1-3].

У емульсіях типу "олія у воді" [17, 19] гуміарабік виступає важливим компонентом як емульгатор і стабілізатор. Як водорозчинний полісахарид, гуміарабік відрізняється від типових емульгаторів, які зазвичай мають у своїй структурі як ліпофільні, так і гідрофільні частини. Білковий компонент в арабіногалактанпротеїновому комплексі надає емульсії поверхнево-активні

властивості, сприяючи утворенню навколо жирових глобул колоїдної захисної плівки. Щоб забезпечити тривалий термін зберігання концентрованих або рідких емульсій, потрібно запобігти їх розшаруванню, утворенню осаду та коалесценції. Стабільність емульсій досягається завдяки властивостям високомолекулярної фракції гуміарабіку та електростатичному відштовхуванню, яке виникає через уронові кислоти, присутні на поверхні жирових глобул.

Рідкі смакові емульсії. Рідкі смакові емульсії. Камедь акації широко використовується для створення та стабілізації емульсій ефірної олії (апельсин, лимон, лайм, вишня, кола), які постачаються у виробництво безалкогольних напоїв. [1, 33, 34]

Стабілізація таких емульсій вимагає використання високої концентрації гуміарабіку, оскільки краплі олії повинні бути повністю покриті для запобігання флокуляції та коалесценції. Наприклад, для стабілізації 12% емульсії напоїв може знадобитися близько 20% гуміарабіку. [12, 15].

Інкапсулюючий ароматизатор. Аравійська камедь класифікується як водорозчинна харчова клітковина, має пребіотичні властивості, сприяє нормалізації ліпідного обміну, уповільнює процеси окиснення ліпідів і виявляє гастропротекторну, антимікробну, антисептичну, пом'якшувальну та заспокійливу дію на слизові оболонки людського організму. Крім того, гуміарабік застосовують для інкапсуляції лабільних і погано розчинних у воді речовин, що об'єднує широке коло технологій з використанням різних носіїв, серед яких чільне місце займає гуміарабік. [1].

Це термін об'єднує цілий ряд технологій, в яких використовуються різні носії, в тому числі гуміарабік [17, 19].

Він визнаний чудовим інкапсулятором ароматизаторів завдяки своїм емульгуючим якостям, низькій в'язкості, нейтральному аромату й здатності захищати ароматичні речовини від окислення під час обробки та зберігання. Додавання цього біополімера сприяє зменшенню втрат летючих ароматичних компонентів. [33, 34].

Ароматизований напій з додаванням м'якоті. Камедь акації забезпечує ефект помутніння у сухих сумішах для напоїв. Емульсії, висушені за допомогою

розпилювального сушіння з використанням рослинних олій, дозволяють створити стабільний капсульований продукт. Під час диспергування у воді він забезпечує ефект помутніння, що імітує додавання натуральної м'якоті цитрусових чи інших фруктових соків. [33, 34]

Напої. Стабілізація вин. Камедь акації дедалі активніше застосовується як джерело розчинної клітковини у виробництві низькокалорійних і дієтичних напоїв. Розчини з низькою концентрацією гуміарабіку використовуються у виноробстві для стабілізації кольору червоного вина, покращення ігристих властивостей шампанських вин і стійкості піни в пивоварінні. Це традиційний компонент виноробства, який використовується для стабілізації червоних і білих вин.

За хімічним складом гуміарабік схожий на природні колоїдні сполуки, що містяться у вині, зокрема арабіногалактанопротеїнову фракцію. Стабілізуючі властивості цих речовин добре вивчені. Зазвичай гуміарабік додають напередодні останньої фільтрації у кількості 10–30 г на 100 літрів для запобігання білковому, поліфенольному чи кристалічному помутнінню (через солі винної кислоти), зменшення танінної терпкості й покращення текстури вина. [22, 33, 34].

1.2.3 Харчові волокна

Харчові барвники. Гумка акації слугує основою для створення олеорезинів (екстрактів із трав і спецій, які є складнішими за будовою, ніж ефірні олії) методом розбризкувального висушування. Прикладами таких екстрактів є аннато, паприка та куркума. [1, 33, 34]

Харчові волокна. Харчові волокна – це група речовин, які не засвоюються і не перетравлюються у тонкому кишечнику. До них належать нерозчинні волокна, як-от целюлоза і геміцеллюлози, а також розчинні: високої в'язкості (гуарова камедь, пектини тощо) і низької в'язкості (гуміарабік, фруктоолігосахариди тощо). Вплив волокон на здоров'я залежить від їх фізико-хімічних властивостей. Збагачення раціону такими волокнами сприяє

покращенню роботи кишечника та зниженню ризику онкології прямої кишки, ожиріння і діабету.

Гуміарабік виявляє позитивний вплив на здоров'я завдяки своїй унікальній хімічній будові. Це підтверджено спеціальними тестами і клінічними випробуваннями. Однією з головних переваг гуміарабіку є його стабільність у кислотних середовищах. Значущий позитивний вплив харчових волокон гуміарабіку триває до року навіть за рівня рН 2,8.

Через такі властивості гуміарабік знаходить застосування у виробництві нутрицевтиків – біологічно активних добавок, які допомагають коригувати хімічний склад раціону, забезпечуючи додаткові джерела поживних речовин. Завдяки комплексній структурі гуміарабік може утворювати зв'язки з іншими компонентами нутрицевтиків, такими як поліфеноли чи мінерали. Проте виробники стикаються з проблемою надійних постачань гуміарабіку, що потребує диверсифікації джерел отримання *A. senegal* та *A. seyal*, збільшення масштабів заготівлі через розширення плантацій і створення запасів цієї сировини [32, 34]. Після ретельної перевірки походження і якості очищення гуміарабік може бути сертифікований як органічна сировина.

Фрукти та овочі після збору. Їстівні покриття на основі 10% камеді уповільнюють зміни твердості, втрату ваги, зменшення рівня розчинних твердих речовин, вмісту аскорбінової кислоти і титруючої кислотності, а також затримують розвиток кольору фруктів та овочів протягом 20 днів зберігання. [1, 33, 34]

Водний 10%-ий розчин камеді акації у поєднанні з наночастинками срібла ефективно пригнічує ріст мікроорганізмів і знижує фізико-хімічні втрати продуктів. Найкраще ці властивості працюють для продовження терміну зберігання зеленого болгарського перцю.

Захисні покриття. Для стабілізації жиророзчинних вітамінів, зокрема вітаміну А, використовується емульсія з антиоксидантом, жиром, лактозою та камеддю акації. Вона сушиться розбрикуванням, перетворюючись на капсульований порошок. Такий продукт зберігає 85% своєї вітамінної активності протягом 12 місяців при кімнатній температурі. Покриття на основі камеді акації

також допомагають захищати нестабільні масла та ароматизатори від згущення і погіршення смаку.

1.2.4 Косметична та фармацевтична промисловість

Камедь акації має значний внесок у різноманітних галузях завдяки своїм універсальним властивостям. У косметичній промисловості вона виконує роль безпечного гелеутворювача, стабілізатора емульсій та структуроутворювача. Найпоширенішим її застосуванням є інгредієнт у масках для обличчя на гелевій основі, зволожувальних кремах, рідкому милі для рук, підводках для очей, тушах для вій і гігієнічних помадах. Окрему нішу займає додавання гуміарабіку до паст для депіляції, зокрема засобів для шугарингу. [1, 22].

У фармацевтичній промисловості гуміарабік широко використовується як клей або покриття для оболонок таблеток. У мінімальних дозах він служить емульгатором у сироватках, які мають заспокійливу та захисну дію, а також зустрічається у лікувальних сиропях від кашлю й льодяниках для горла.

1.2.5 Фарби та друк

Літографія. У літографії камедь акації виступає сенсibilізатором для літографічних плит, забезпечуючи контроль в'язкості і створюючи однорідні покриття. Її розчини також використовуються для захисту друкарських пластин або емульгування розчинників у процесі приготування чистильних засобів. [1, 22].

Чорнила. У виробництві чорнил камедь акації діє як емульгатор або суспендуєчий агент завдяки колоїдним властивостям, тоді як в акварельних фарбах вона забезпечує зв'язування пігментів із паперовою поверхнею, додаючи глибини та прозорості кольорам.

Акварельні фарби. У лакофарбовій і керамічній галузях гуміарабік використовується як пластифікатор у формуванні делікатних керамічних виробів, підвищуючи їх міцність до випалювання. [1, 23].

1.2.6 Інші види промисловості

Клей. Гумка акації раніше використовувалась як клей для поштових марок та виготовлення рідких клеїв, зараз – спеціалізований клей для паперу. Це 50 %

розчин акації, що наносять на папір безпосередньо з насадки аплікатора або валиком з подальшою сушкою.

Кераміка. Гуміарабік у виробництві кераміки виконує роль пластифікатора для ліплення делікатних форм, що забезпечує міцність до випалу в печі, і як клей для нанесення чашок і ручок чаші перед випаленням.

Цементні суміші. У рідких цементних сумішах гумка акації використовується як засіб для утворення в'язкої суспензії та в якості пластифікатора.

Фесрверки / піротехнічні засоби. Також її застосовують у рідких клеях для паперу або як спеціалізований компонент у виробництві цементних сумішей і фесрверків.

Корозія металів. Цікаве застосування гуміарабік знайшов у галузях захисту металів, зокрема для запобігання корозії в акумуляторах [1, 24].

1.3 Стан сировинної бази

1.3.1 Експорт гуміарабіку

Серед основних експортерів необробленого гуміарабіку домінують Судан (66% світового експорту за період 2014-2016 років), Чад (13%) і Нігерія (8.5%). Однак африканські країни часто реімпортують оброблену сировину за більшими цінами через потреби місцевого виробництва.

Спираючись на звітні дані, гуміарабік відіграє ключову роль як сировина, що може сприяти залученню іноземної валюти, сталому розвитку сільського господарства, забезпеченню продовольчої безпеки й боротьбі з опустелюванням та зміною клімату. [1, 12].

Основні регіони виробництва включають посушливі савани Африки, що пролягають від Мавританії до Танзанії. Невеликі обсяги сирого гуміарабіку також виробляються в Південній Азії та на Аравійському півострові. [9].

Сирий гуміарабік виробляється також у невеликих обсягах у Південній Азії та на Аравійському півострові. Проте з 2000-х років Нігерія, Сенегал і Судан почали виробляти високоякісний гуміарабік на власних переробних підприємствах.

Обсяг експорту необробленого гуміарабіку за останні 25 років майже потроївся: із 35 000 тонн на рік у період 1992–1994 років до 102 000 тонн на рік у період 2014–2016 років. Поряд із цим обсяг експорту обробленого гуміарабіку за той самий період зріс із 17 000 до 53 000 тонн на рік. [29].

Дохід від експорту сирого гуміарабіку збільшився з 95,4 млн доларів на рік у середньому в 1992–1994 роках до 150,3 млн доларів на рік у середньому в 2014–2016 роках. Тим часом прибутки від експорту обробленого гуміарабіку виросли з 74,4 млн доларів до 192 млн доларів, причому 90% цього обсягу припадає на європейські країни-експортери. [29].

Хоча середньорічний експорт обробленого гуміарабіку зріс за останні 25 років на 158%, обсяги експорту сирого гуміарабіку збільшилися лише на 58%.

Станом на 2018 рік загальне виробництво гуміарабіку оцінюється в приблизно 70 тисяч тонн на рік. Європа залишається найбільшим ринком збуту для цієї камеді, а основними імпортерами є Франція та Велика Британія. Позаяк найбільший ринок поза Європою знаходиться у США. Ринок гуміарабіку постійно зростає завдяки багатофункціональності цієї харчової добавки. [1, 29].

Існують суттєві відмінності між країнами-виробниками гуміарабіку. Традиційно лідером у цій галузі був Судан. Однак останніми десятиліттями значного прогресу як у кількості виробництва, так і в забезпеченні високої якості досягнуто в Чаді. У Нігерії розвиток виробництва стримується проблемами зі стандартами якості, нерозвиненою ринковою інфраструктурою та частими порушеннями виробничого процесу через діяльність угруповання «Боко Харам». У країнах, таких як Камерун, Малі та Сенегал, експорт почав відновлюватися після тривалого періоду застою та спадів. У багатьох інших державах «смоляного пояса» Африки потенціал гуміарабіку залишається здебільшого невикористаним. Це стосується окремих регіонів Кенії, Ефіопії та Південного Судану. [1, 12, 29].

Щодо світового імпорту сирого гуміарабіку, на Індію та Францію припадає три чверті всієї закупівлі. При цьому Франція є лідером з експорту переробленого гуміарабіку, забезпечуючи близько двох третин його глобальних поставок.

1.3.2 Світові виробники гуміарабіку

Gum Sudan, Premium Gum Co. LTD (Судан), пропонує своїм клієнтам продукцію найвищої якості у сфері обробленої акацієвої камеді.

Altrafine Gums (Індія, штат Гуджарат) спеціалізується на виробництві гідроколоїдів, натуральних гумок, харчових загусників, гелеутворюючих добавок, а також стабілізаторів і емульгаторів.

Universal Gum Arabic S.A (Таїланд) орієнтована на виробництво високоякісної очищеної акацієвої камеді.

Harvest Gum Ltd (Велика Британія) займається постачанням сільськогосподарської сировини африканського походження на міжнародні ринки. Основною спеціалізацією компанії є робота з арабською камеддю. Їй належить навчальний завод площею 11 500 м², оснащений сучасним обладнанням і спеціалізованими машинами для виробництва гумок різних форм і розмірів.

Tmem, Nexira (Франція) є провідною компанією у галузі переробки акацієвої камеді для потреб харчової промисловості.

Norevo GmbH (Німеччина) виступає одним із провідних світових виробників і постачальників натуральної сировини, а також спеціалізованих інгредієнтів для харчової та напоївої галузей, фармацевтичної та косметичної промисловості, а також для технічного використання.

Acacia Gums Ltd (Угорщина) є угорською виробничою та торговельною компанією, що зосереджена на виробництві й продажу високоякісної акацієвої камеді. В асортименті представлені продукти механічного сушіння, розпилювально-висушеної та очищеної акацієвої камеді, а також інші гідроколоїди.

1.4 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки

Усі існуючі технології отримання гуміарабіку ґрунтуються на попередній та ретельній очистці. Основна відмінність між ними полягає у різних комбінаціях методів, підборі стадій обробки, типах обладнання, технологічних параметрах або навіть у відсутності певних етапів.

Технологія отримання гуміарабіку спосіб 1

Природним джерелом гуміарабіку є висушена смола акацій, таких як *Acacia Senegal*, *Acacia seyal* або споріднені види. Смола збирається вручну, очищується від залишків кори, сортується за кольором, розмелюється чи подрібнюється (етап попередньої очистки). Після цього її розчиняють і здійснюють тонке очищення за допомогою осадження етанолом, центрифугування або ультрафільтрації. Завершальним етапом є сушіння в розпилювальній сушарці, яке забезпечує отримання сухого дрібнодисперсного порошку очищеного гуміарабіку, що за необхідності додатково гранулюють. [1, 9].

Ручну конвеєрну очистку можна повністю автоматизувати, але, враховуючи специфіку регіонів збору та переробки сировини, економічно доцільніше залучати людську працю. При цьому альтернативою ручної роботи може стати фотосепаратор (оптичний сепаратор), який з високою точністю сортує сипкі продукти не лише за кольором, а й за формою та текстурою завдяки інтелектуальній системі контролю якості. [1-4, 9].

Є процеси, в яких пастеризація є обов'язковою стадією. Вона полягає в короткотривалому нагріванні розчину гуміарабіку до температури нижче точки кипіння (від однієї секунди до 30 хвилин) для знищення бактерій. Проте в обраній технології цього методу не застосовують, оскільки температура теплоносія під час сушіння становить 105 °С, чого достатньо для забезпечення мікробіологічної чистоти кінцевого продукту. [1-4, 12].

Важливим етапом також є ультрафільтрація – баромембранний процес, за допомогою якого видаляються розчинені речовини з розчину. Вилучаються домішки, як-от солі, токсини та інші компоненти, розміри молекул яких набагато більші за молекули розчинника, зокрема макромолекули полісахаридів.

Одним із ключових методів тонкого очищення вибрано осадження етанолом із концентрацією 60%. [2] Цей процес є ефективним і не потребує складного обладнання. Він проводиться в реакторі та сприяє селективному осадженню цільового продукту, одночасно очищаючи його від водорозчинних домішок

На стадії солубілізації та очищення важливо дотримуватися постійного температурного режиму через наявність у камеді акацій білків, які відіграють важливу роль в емульгуванні, але схильні до денатурації при високих температурах. Тому для оптимального результату температура під час розчинення та центрифугування не перевищує 30 °С.

Сушіння виконується за допомогою вальцевої або розпилювальної сушарки. Вальцева сушка забезпечує отримання порошкоподібного продукту з гарними гідратуючими властивостями. Однак використання високих температур у цьому методі негативно впливає на емульгуючі властивості гідролоїду.

Дегідратована камедь, отримана за допомогою традиційної технології розпилювальної сушки, характеризується високими якісними показниками та відмінними функціональними властивостями. Нещодавно було розроблено багатостадійний процес розпилювальної сушки, під час якого дрібні частки камеді повертаються у верхню частину сушильної камери. Завдяки цьому отримані частинки повністю зберігають властивості початкової сировини. Слід зазначити, що частинки з діаметром у межах 75–130 мкм забезпечують легке розчинення камеді у воді без утворення грудочок [9,12, 33-34].

Технологія отримання гуміарабіку спосіб 2

Смоли акації очищують фізичним методом, що включає розчинення у воді, центрифугування, фільтрацію та стерилізацію. Для використання у харчовій і фармацевтичній промисловості ексудат після подрібнення додатково очищують через розчинення у воді, ультрафільтрацію та пастеризацію, а потім висушують методом розпилювальної сушки. Отриманий продукт у вигляді порошку легко розчиняється у воді, є безбарвним, позбавленим запаху та смаку. [1,3,4].

Кліматичні умови суттєво впливають на час початку збору смоли. Зазвичай збиральний сезон стартує після осіннього періоду (жовтень/листопад), коли дерева скидають листя. [1, 26].

Раніше в обробці деревини використовували традиційний різьбовий інструмент, як-от сокиру. Проте сьогодні в Судані застосовують гострий спис під назвою Sonke. Цим інструментом проводять зверху вниз уздовж гілки,

видаляючи частину кори та оголюючи камбіальний шар протяжністю 30 см і шириною 5 см. У відповідь на стресові умови, такі як засуха або механічні пошкодження, камедь починає виступати між внутрішньою корою та камбіальною зоною.

Біосинтез камеді пов'язують із процесом гумозу, який є патологічним явищем для деревних рослин. Він проявляється через розчинення клітинних стінок деревини, що супроводжується накопиченням великої кількості камеді. Це може бути спричинено бактеріальними чи грибковими інфекціями під час травмування дерева. Існує також думка, що гумоз є частиною нормального обміну речовин рослин або пов'язаний із метаболізмом крохмалю. Утворення камеді часто виникає внаслідок фізіологічних порушень через стресові фактори. [1, 9, 30].

Коли рідина висихає на сонці, вона формується у склоподібні вузлики діаметром до 60 мм. Зібраний вручну місцевими фермерами, матеріал сортують за кольором та розміром. Акація Сенегал виробляє тверді склоподібні грудочки прозорого або світло-бурштинового кольору, тоді як акація Сейял утворює ламкі фрагменти бурштинового чи темно-коричневого відтінку. [29, 30].

Для отримання камеді дерево має досягти п'ятирічного віку. Одне доросле дерево здатне дати близько 400 г смоли щороку. Камедь акації є складним комплексом глікопротеїнів, полісахаридів та солей і формує сферичні грудочки різного розміру. Її хімічний склад залежить від джерела походження, віку рослини, кліматичних умов та характеристик ґрунту. [1, 3, 4].

Після збору смола потребує належного сушіння, аби запобігти бродінню та утворенню злиплих фрагментів. Її рівномірно розподіляють для просушування і залишають на кілька днів, уникаючи прямого сонячного світла. Сиру камедь попередньо очищують вручну від домішок піску та кори за допомогою сит і лотків. Цей процес традиційно виконують жінки, які сортують смолу за розміром грудочок і видаляють сторонні матеріали. [1].

Виробництво гуміарабіку можна розділити на три процеси:

- Механічний процес;
- Процес сушіння за допомогою розпилювача;

– Процес агломерації (скупчення, гранулювання).

Механічний процес збору камеді передбачає так зване "постукування" по дереву, що включає етапи очищення, сортування та формування частинок різних розмірів. Після цього відбувається ручне очищення, відоме як HPS (Hand Process Separation). Ця процедура спрямована на сортування частинок смоли за кольором та очищення від залишків кори. Процес виконується працівниками під час транспортування камеді на конвеєрі та доповнюється просіюванням за допомогою ручних сит.

До механічного процесу також входить стадія подрібнення, яка розщеплює грудки смоли на різнокаліберні частинки, розміром від 0,5 мм до 6,0 мм. Завдяки цьому збільшується площа поверхні частинок, що дозволяє камеді швидше розчинитися у воді порівняно з нероздробленими шматками. [1].

Процес сушіння за допомогою розпилювача починається з розчинення гуміарабіку у воді за визначених температурних умов. Далі проводяться декантація розчину, центрифугування, фільтрування та пастеризація. Ця пастеризація дозволяє усунути патогенні мікроорганізми та зменшити загальну кількість бактерій, дріжджів і плісняви. Пастеризований розчин смоли розпилюється у формі крапельок через атомізатор чи струмені гарячого повітря за допомогою спеціальної сушарки. Сухий порошок камеді відділяється від потоку гарячого повітря за допомогою циклонів. [1].

Процес агломерації [1] є технологічним процесом збільшення тонкодисперсних матеріалів у більші гранули через використання різних природних сил. Агломерація гуміарабіку виконується у грануляторах із додаванням води до попередньо висушеного матеріалу (вологе гранулювання). Отриманий агломерований порошок після цього додатково підсушується і просіюється для забезпечення однакових розмірів частинок у готовому продукті. Цей процес надає продукту екологічні характеристики, покращує дисперсність і розчинність. Завдяки цьому агломеровані камеді можна розчинити без використання потужних змішувачів.

1.5 Висновки до першого розділу

На основі аналізу наукової літератури визначено, що основною сировиною для виробництва харчових добавок гуміарабіку є смола акацій *A. senegal* та *A. seyal*. Розглянуто хімічний склад камеді та її основні сфери застосування. Оцінено найбільш розповсюджені технології обробки та очищення гуміарабіку. Було запропоновано оптимальну виробничу технологію шляхом поєднання двох способів. Також представлено аналіз сировинної бази й актуальних тенденцій розвитку світового ринку цієї добавки.

РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

Гуміарабік, також відомий як камедь акації, являє собою смолу, яка утворюється природним способом на деревах акації. Цей природний комплексний полісахарид широко використовується як натуральна харчова добавка. Він має забарвлення, яке варіюється від жовтого до прозорого, і характеризується відсутністю вираженого запаху. [1-4].

Економічність та вплив на навколишнє середовище

Виробництво гуміарабіку є прибутковою галуззю, яка здатна не лише стимулювати економічний розвиток за рахунок зростання доходів, але й забезпечувати мешканців сільських територій засобами для існування. Воно також сприяє розширенню прав і можливостей вразливих груп населення, включаючи жінок, а також сприяє раціональному використанню природних ресурсів, зменшуючи антропогенний вплив на клімат. [1, 12].

Розширена відповідальність виробників є економічним інструментом, спрямованим на розширення зони відповідальності виробників на етап життєвого циклу продукції після її споживання. Більшість таких систем зосереджені на стимулюванні роздільного збору матеріалів або продуктів. Економічно вигідним є також запровадження заходів, що сприяють повторному використанню, збільшенню рівня переробки та поверненню матеріалів у виробництво. [41].

Ціна гуміарабіку

За даними джерела журналу *Marchés Tropicaux* (який публікує ціни щотижня) ціна гуміарабіку необробленого гуміарабіку становила:

Гумка арабська (Судан, 'Кордофан') – 1650 \$ за тону;

Гумка арабська (Нігерія, клас 1) – 1150 \$ за тону;

Гумка арабська (Судан 'Талха') – 750 \$ за тону;

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Воманова О.О.	Вид документа Технічний документ	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Подлубний Я.Ю.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.031.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 28/96

Гумка арабська (Нігерія, клас 2) – 750 \$ за тону [29].

З 1998 року виробники почали будувати установки для сортування та дроблення у країнах виробництва, наслідуючи приклад Судану. Такий підхід дозволив не лише змінити місце виробництва, а й трохи збільшити вартість продукту (приблизно на 10%) та скоротити витрати на робочу силу, яка є високою в індустріальних країнах. Гуміарабик, який збирають і очищають, відправляють для подальшої обробки в автоматизоване промислове виробництво. Незалежно від того, має країна сортувальні та дробильні установки чи ні, специфічна чистота продукту визначає його реальну цінність. Для цього потрібне якісне обладнання, спеціальні виробничі приміщення та, звичайно, робоча сила. [1, 29].

Відомості про екологічну безпеку

Біодеструктивність – не володіє. *Забруднення водних джерел* – згідно зі стандартами Міжнародної Морської Організації (ММО) продукт не входить до переліку речовин - забруднювачів води [15, 16].

Токсикологічні відомості

Короткочасний токсичний ефект – значиться практично не токсичним в регламентуючих документах ЕЕС (ADI) і визнаний безпечним продуктом згідно стандартам США (GRAS).

Локальні ефекти – в окремих випадках вдихання пилової форми продукту здатне викликати алергічну реакцію дихальних шляхів або подразнення верхніх дихальних шляхів. При потраплянні на шкіру продукт зазвичай не провокує значних реакцій і проявляє лише тимчасову дію. Може спричиняти серйозні ушкодження очей, втім, вони зазвичай є зворотними і швидко загоюються.

Провідні світові виробники прагнуть приділяти значну увагу збереженню довкілля. Вони зазвичай виступають проти вирубки лісів. Для прикладу, щоб акація почала виділяти камедь, дерево має досягти віку понад 3-4 роки, що може впливати на стабільність постачання необробленого гуміарабіку. Також вони

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	29/96

контролюють споживання енергії, впроваджуючи більш екологічні рішення. Якщо б будувався мій завод, обов'язково було б реалізовано використання сонячної та вітрової енергії як екологічно безпечних джерел живлення..

2.2 Принципова технологічна схема

За аналізом науково-технічної літератури було розроблено принципову технологічну схему отримання гуміарабіку з смоли акацій *A. Senegal* та *A. Seyal*, яка передбачає такі основні та допоміжні технологічні стадії. Принципова технологічна схема наведена на рисунку 2.1.

1. Обдування повітрям

Метою даної стадії є очищення вхідної сировини від пилу, піску який міг потрапити у сировину під час збору або транспортування, а також видалення легких домішок. Тверда смола характеризується здатністю до злипання, тому на початковому етапі її обдувають повітрям не лише для видалення домішок, а й для підсушування сировини. Очищення відбувається за допомогою повітряного сепаратора в який поступово всипається сира камедь. Після проходження через повітряний сепаратор, камедь самовільно потрапляє на наступну стадію

2. Просіювання

Метою даного процесу є видалення різних крупних механічних домішок (залишки деревини, кори). Для кращого ефекту при просіюванні сито розташовують під кутом нахилу від 10 до 25° до горизонту. Сировину просіюють з метою отримання фракції очищеного продукту, при цьому діаметр сита становить від 15 до 20 мм. Процес обдування повітрям і просіювання здійснюються в одному апараті, що значно скорочує витрати на закупівлю обладнання, а також енерговитрати. Камедь яка пройшла крізь сито самовільно потрапляє на наступну стадію. Частилки, що не пройшли крізь сито знешкоджуються [1-4, 9, 12, 33-34].

3. Магнітна сепарація

Цей процес здійснюється за допомогою магнітної стрічки конвеєра, і його основна мета полягає у відділенні металевих домішок від сировини. Камедь, потрапляючи на стрічку конвеєра, переміщується до проміжної ємності, в той

час як металеві домішки залишаються на стрічці, після чого розмагнічуються і видаляються. Очищена камедь з проміжної ємності за допомогою шнекового транспортера надходить на етап фотосепарування.

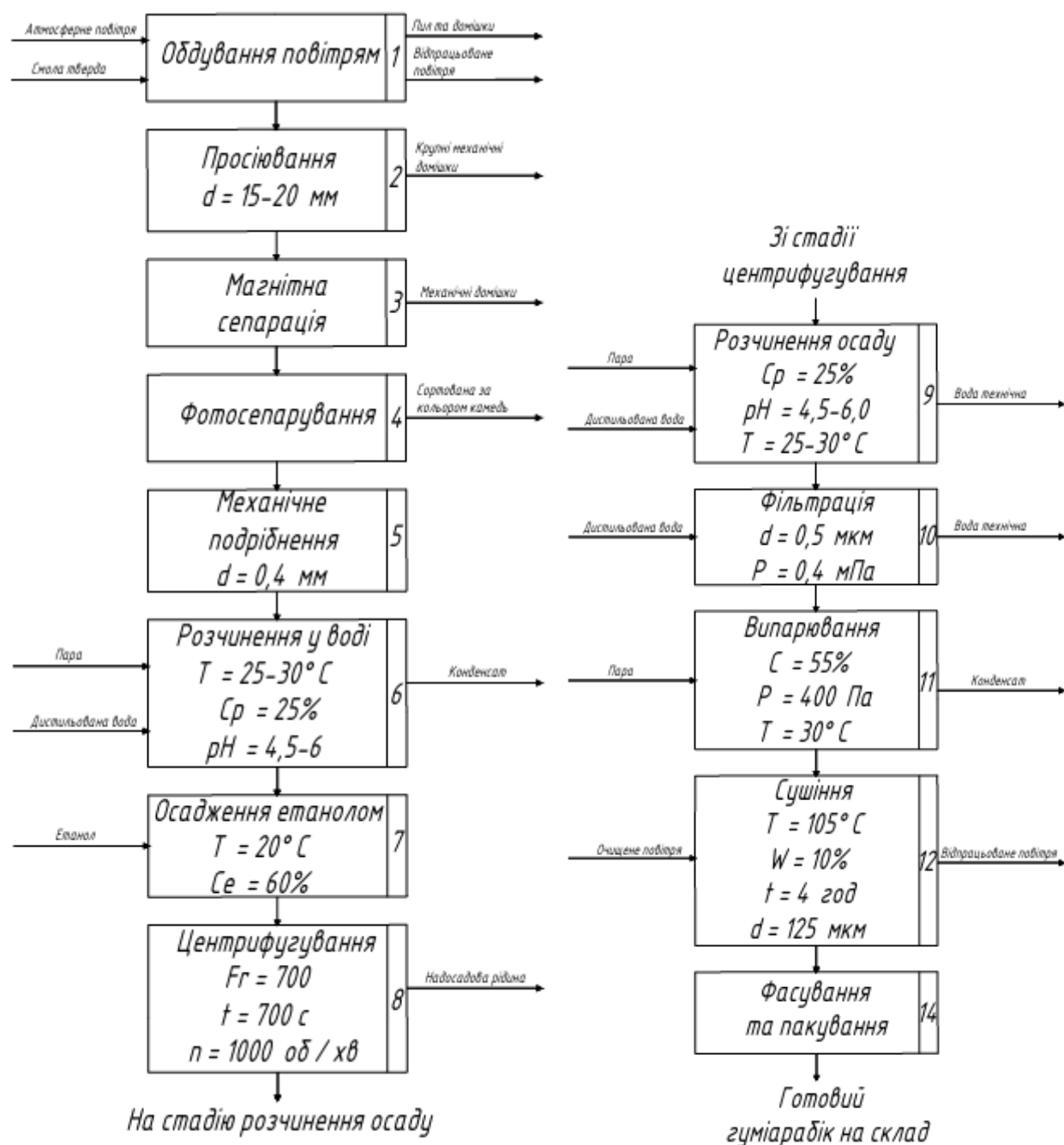


Рис.2.1 Принципова технологічна схема виробництва гуміарабіку

4. Фотосепарування (оптичне сортування)

Метою даного етапу є оптичне сортування камеді на фракції за кольоровими характеристиками. У процесі використовується фотосепаратор, оснащений

високоякісними спеціалізованими промисловими лінзами та сенсорами з роздільною здатністю до 0,1 мм, а також процесором із високою швидкістю ідентифікації. Однією з ключових переваг такого підходу є значне скорочення часу сортування порівняно з традиційними методами, що базуються на використанні людської праці. Продуктивність сортувальної машини може сягати від 1,5 до 3 тонн на годину, залежно від розміру частинок. У даному випадку 1,5 тонни матеріалу можуть бути просортовані за 30 хвилин, що сприяє зниженню енергетичних витрат. Другою важливою перевагою є висока точність сортування, яка досягає 99,5 %. Це забезпечує суттєве зменшення витрат на виконання відповідного процесу та підвищення ефективності виробництва.

5. Механічне подрібнення

Процес подрібнення виконується за допомогою щокової дробарки. Основна мета цього процесу — роздроблення камеді шляхом стискання між щоками. Діаметр частинок камеді після виходу з апарата становить 0,4 мм. Подрібнена камедь транспортується на наступний етап за допомогою шнекового транспортера. [1-4, 9, 12, 33-34].

6. Розчинення у воді

У реактор-змішувач дрібнодисперсний гуміарабік вводиться за допомогою шнекового дозатора. Сам реактор обладнаний лопатевими мішалками та паровою сорочкою, що забезпечує контроль температурного режиму. Мішалки лопатевого типу представляють конструкції з двох або більше лопатей прямокутного перерізу, які кріпляться на валу, що обертається. З огляду на особливості конструкції, лопатеві мішалки забезпечують перемішування лише тих шарів рідини, які знаходяться в безпосередній близькості до їхнього робочого елемента, оскільки величина осьового потоку є досить незначною. Для забезпечення більш ефективного перемішування в масштабах всього об'єму реактора в нього інтегровано рамну мішалку спеціального призначення. Її конструкція дозволяє здійснювати рівномірне перемішування всього вмісту реактора, водночас підтримуючи чистоту внутрішніх поверхонь його стінок і дна.

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	32/96

В реактор подають дистильовану воду та перемішують гуміарабік при температурі 25-30 °С до повної його гідратації. Ступінь гідратації гуміарабіку визначають за водневим показником (величиною рН розчину (рН = 4,5-6). Концентрацію розчину гуміарабіку доводять до 25% масових ($C_{\text{роб}} = 25\%$). Мета цієї стадії полягає у розчиненні гідроколоїду для подальшого очищення.

7. Осадження етанолом.

Метою цієї стадії є здійснення цільового осадження гуміарабіку для отримання продукту високого ступеня чистоти. Розчин камеді подається за допомогою шестерінчастого насоса до реактора-змішувача, де він комбінується з розчином етанолу із концентрацією 60%. Процес перемішування триває до формування стабільної суспензії, що забезпечує ефективне відокремлення компонента. Реакція відбувається за стабільної температури 20°С. Кінцевим результатом цього етапу є отримання очищеного гуміарабікового осаду. Отриману суспензію транспортують на наступний технологічний етап – центрифугування, використовуючи той самий шестерінчастий насос. [1-4, 9, 12, 33-34].

8. Центрифугування

Завдання цієї стадії полягає в розділенні суспензії на тверду та рідку дисперсні фази шляхом використання фільтрувальної підвісної центрифуги. Для значного прискорення осідання та інтенсифікації процесів поділу неоднорідних систем у промисловості активно застосовують методи, за яких на частинки дисперсної фази впливають штучно створені інерційні сили, зокрема відцентрові. Ці сили у десятки, а інколи й сотні разів перевищують гравітаційні сили, що діють на частинки. Такі технології отримали назву циклонних або центрифугувальних процесів.

Внаслідок проведення процесу центрифугування суспензій у відстійних та фільтрувальних центрифугах одержують вологий осад і освітлену рідину - фугат. Вологість осаду, що одержують, та вміст твердої фази у фугаті залежать від властивостей початкової суспензії, від типу і технічної характеристики центрифуги. Частота обертання становить 1000 об/хв. Концентрація твердої фази

становить 11,8 %. Фактор розділення $F_r = 700$. Тривалість одного циклу роботи центрифуги становить $\tau_c = 550$ с.

9. Розчинення осаду

Отриманий осад знову завантажують у реактор-змішувач з рамною мішалкою, подаємо дистильовану воду та перемішуємо до повної гідратації (мета стадії). Концентрація розчину становить 25 % масових. Температурний режим процесу підтримується в межах 25-30 °С. Відповідно рН розчину 4,5-6. Суспензію перекачують на наступну стадію з допомогою шестерінчастого насоса.

10. Фільтрація

Фільтрація відбувається у НУТЧ-фільтрі, де розчин гуміарабіку проходить крізь мембрану з діаметром пор 0,5 мкм (діаметр яких підбирався відповідно до розміру молекули полісахариду, яка становить від 1050 до 2400 Å, або 0,1-0,2 мкм ($1\text{Å} = 10^{-10}$ м)). Такий розмір мембрани забезпечить очищення розчину гуміарабіку від вірусів, бактерій, грибів та інших мікроорганізмів (розмір яких становить від 0,5-5 мкм). Очищений розчин гуміарабіку, що пройшов крізь мембрану подається на наступну стадію випарювання (концентрування розчину). Мембрана промивається водою, після чого отримана суспензія подається на знешкодження. Надлишковий тиск процесу 0,2-0,4 мПа [1-4].

11. Випарювання

На даній стадії суспензія надходить у випарний апарат у якому відбувається концентрування розчину гуміарабіку шляхом виділення розчинника і перетворення його на пару, що є метою даної стадії.

Процес відбувається при температурі 30 °С. Концентрація розчину зростає відповідно з 25 % до 55 % масових, тиск відповідно 400 Па. Втрати на даній стадії обумовлені тим, що частина розчину виділиться з паром, інша може залишитися на стінках апарата, так як розчин стане більш в'язким. Чим більше концентрація розчину, тим більше його в'язкість. Концентрований розчин гуміарабіку подається на наступну стадію сушіння.

12. Сушіння

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	34/96

Метою стадії сушіння є видалення вологи з продукту в результаті підведення ззовні теплоти. Сушіння харчових і кормових продуктів застосовують для консервування, підвищення термінів їх зберігання у звичайних умовах і для придбання нових технологічних властивостей.

Процес сушіння відбувається при температурі 105 °С. Концентрований розчин подається у розпилювальну сушарку, а саме на розпилювальний диск, який обертається з частотою від 20 до 25 тисяч об/хв. та розпилює рідину, яка контактує з гарячим повітрям, завдяки чому видаляється волога. Витяжний вентилятор забезпечує рівномірне розподілення повітря по всьому об'єму камери. Сухі частинки за допомогою пневмотранспортеру рухається до циклонів, з яких безпосередньо випадає готовий продукт – дрібний порошок з діаметром частинок 125 мкм. Весь процес займає 4 години. А вологість кінцевого продукту становить 10 % [1-4, 9, 12, 33-34].

13. Гранулювання

Метою стадії гранулювання є забезпечення формування частинок (гранул) певних розмірів, форми, структури і фізичних властивостей [44, 45, 55].

Дрібний порошок з вологістю 10 %, подається до гранулятора, де відбувається процес злипання частинок за допомогою процесу сухого гранулювання. Процес відбувається у грануляторі ГР-1. Зволожена сировина надходить до завантажувального бункера, потрапляє в зону з двома робочими органами, протискується через жорстко встановлену у вигляді напівциліндрів, перфоровану сітку. Протертий гранулят падає вниз в пересувну ємність. Важливою характеристикою є вологість продукту, його температура. Процес відбувається під тиском 0,2-0,4 мПа.

14. Пакування

Метою даної стадії є дозування готового продукту та його упакування. Готові гранули самовільно потрапляють до шнекового дозатора, в якому дозуються в певних кількостях в пакети з крафт паперу. У харчовій промисловості пакети з крафт паперу незамінні і універсальні, легкі та водночас міцні. Ще однією перевагою є натуральне походження. При утилізації пакети з

крафт паперу не вимагають особливих умов. Частина може піти на вторинну переробку, перетворюючись в картон чи новий папір. Залишки, які не можна використовувати для переробки, прекрасно розкладаються природним шляхом, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу. Готовий упакований продукт передається на склад. Процес відбувається при кімнатній температурі 20 °С та займає 0,5 годин.

2.3 Матеріальний розрахунок

Розрахунок матеріального балансу отримання очищеного гуміарабіку. Розрахунок матеріального балансу будь-якого процесу виробництва підлягає **закону діючих мас**: маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів за формулою [42, 63] (2.1).

$$\Sigma G_{\text{вихідні}} = \Sigma G_{\text{кінцеві}} \quad (2.1), \text{ де}$$

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

$\Sigma G_{\text{кінцеві}}$ – сума ваг (мас) кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру.

Розрахунок проводимо на **1500 кг** камеді. Ця кількість камеді дозволяє нам отримати продуктивність виробництва **1349,1 кг** за один цикл.

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **обдування повітрям** (табл. 2.1).

Маса вихідної сировини (камеді) – 1500 кг.

Втрати на етапі виробництва – 0,5 %.

Розраховуємо втрати на стадії: $1500 \cdot 0,005 = 7,5$ кг

Маса камеді, яку отримуємо (з врахуванням втрат): $1500 - 7,5 = 1492,5$ кг

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс на стадії обдування повітрям

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Камедь	1500	Камедь	1492,5
		Втрати	7,5
Разом	1500	Разом	1500

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **просіювання** (табл. 2.2).

Маса камеді – 1492,5 кг.

Втрати на етапі виробництва – 0,5 %.

Розраховуємо втрати на стадії: $1492,5 \cdot 0,005 = 7,5$ кг

Маса камеді, яку отримуємо (з врахуванням втрат): $1492,5 - 7,5 = 1485$ кг

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс на стадії просіювання

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Камедь	1492,5	Камедь	1485
		Втрати	7,5
Разом	1492,5	Разом	1492,5

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **фотосепарування** (табл. 2.3).

Маса камеді – 1485 кг.

Втрати на етапі виробництва – 0,3 %.

Розраховуємо втрати на стадії: $1485,5 \cdot 0,003 = 4,5$ кг

Маса камеді, яку отримуємо (з врахуванням втрат): $1485,5 - 4,5 = 1480,5$ кг

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс на стадії фотосепарування

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Камедь	1485	Камедь	1480,5
		Втрати	4,5
Разом	1485	Разом	1485

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **подрібнення** (табл. 2.4).

Маса камеді – 1480,5 кг.

Втрати на етапі виробництва – 0,5 %.

Розраховуємо втрати на стадії: $1480,5 \cdot 0,005 = 7,5$ кг

Маса подрібненої камеді, яку отримуємо (з врахуванням втрат):

$$1480,5 - 7,5 = 1473 \text{ кг}$$

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс на стадії подрібнення

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Камедь	1480,5	Камедь	1473
		Втрати	7,5
Разом	1480,5	Разом	1480,5

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **розчинення** (табл. 2.5).

Маса подрібненої камеді – 1473 кг, позначимо як $m_{\text{подр}}$.

Концентрація робочого розчину камеді – 25 %, позначимо як $C_{\text{роб}}$.

Втрати на етапі виробництва – 0,1 %.

Кількість води, необхідної для приготування робочого розчину подрібненої камеді: $V_v = ((m_{\text{подр}} \cdot 100) / C_{\text{роб}}) - m_{\text{подр}} = ((1473 \cdot 100) / 25) - 1473 = 4419 \text{ кг}$

Об'єм розчину камеді:

$$V_1 = V_v + m_{\text{подр}} = 4419 + 1473 = 5892 \text{ л}$$

Розраховуємо втрати на стадії: $5892 \cdot 0,001 = 5,9 \text{ л}$

Об'єм розчину камеді (з врахуванням втрат): $5892 - 5,9 = 5886,1 \text{ л}$

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс на стадії розчинення

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг / Об'єм, л	Сировина	Об'єм, л
Подрібнена камедь	1473	Розчин камеді	5886,1
Вода дистильована	4419	Втрати	5,9
Разом	5892	Разом	5892

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **осадження етанолом** (табл. 2.6).

Об'єм розчину камеді – 5886 л, позначимо як V_{1*}

Концентрація розчину етанолу – 60 %, позначимо як C_e .

Втрати на етапі виробництва – 0,5 %.

Кількість етанолу необхідна для осадження камеді (розраховуємо за пропорцією відносно води в розчині, де C_b становить $100 - 60 = 40$ %).

$$V_e = ((V_b \cdot 100) / C_b) - V_b = ((4419 \cdot 100) / 40) - 4419 = 6628,5 \text{ л}$$

Об'єм отриманої суспензії камеді:

$$V_2 = V_{1*} + V_e = 5886 + 6628,5 = 12514,5 \text{ л}$$

Розраховуємо концентрацію камеді в отриманій суспензії:

$$C_{\text{сусп}} = (m_{\text{подр}} / V_2) \cdot 100 = (1473 / 12514,5) \cdot 100 = 11,8 \%$$

Розраховуємо втрати на стадії: $12514,5 \cdot 0,005 = 62,6 \text{ л}$

Об'єм суспензії камеді, яку отримуємо (з врахуванням втрат):

$$12514,5 - 62,6 = 12451,9 \text{ л} - V_{2*}$$

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс на стадії осадження етанолом

Прихід		Вихід	
Сировина	Об'єм, л	Сировина	Об'єм, л
Розчин камеді	5886	Суспензія камеді	12451,9
Етанол	6628,5	Втрати	62,6
Разом	12514,5	Разом	12514,5

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **центрифугування** (табл. 2.7).

Суспензія камеді – 12451,9 л.

Втрати на етапі виробництва – 2,5 %.

Розрахунок кількості втрат при центрифугуванні:

$$12451,9 \cdot 0,025 = 311,3 \text{ л, позначимо як } X_{\text{ц}}$$

Маса осаду камеді, яка утворилась при центрифугуванні:

$$m_{\text{осаду}} = ((V_{2*} - X_{\text{ц}}) / 100) \cdot C_{\text{сусп}} = ((12451,9 - 311,3) / 100) \cdot 11,8 = 1432,6 \text{ кг}$$

Об'єм надосадової рідини:

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	39/96

$$m_{н.р} = V_{2*} - (X_{ц} + m_{осаду}) = 12451,9 - (311,3 + 1432,6) = 10708 \text{ л}$$

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс на стадії центрифугування

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг / Об'єм, л
Суспензія камеді	12451,9	Осад камеді	1432,6
		Надосадова рідина	10708
		Втрати	311,3
Разом	12451,9	Разом	12451,9

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **розчинення осаду** (табл. 2.8).

Осад камеді – 1432,6 кг.

Втрати етапі виробництва – 0,5 %.

Кількість води, необхідної для розчинення осаду камеді:

$$V_{в1} = ((m_{осаду} \cdot 100) / C_{роб}) - m_{осаду} = ((1432,6 \cdot 100) / 25) - 1432,6 = 4298 \text{ кг}$$

$$\text{Об'єм робочого р-ну осаду камеді: } V_3 = m_{осаду} + V_{в1} = 1432,6 + 4298 = 5730,6 \text{ л}$$

$$\text{Розрахунок кількості втрат при розчиненні осаду: } 5730,6 \cdot 0,005 = 28,7 \text{ л}$$

$$\text{Р-н камеді, яку отримаємо (з урахуванням втрат): } 5730,6 - 28,7 = 5701,9 \text{ л}$$

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс на стадії розчинення осаду

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг / Об'єм, л	Сировина	Маса, кг / Об'єм, л
Осад камеді	1432,6	Розчин камеді	5701,9
Вода дистильована	4298	Втрати	28,7
Разом	5730,6	Разом	5730,6

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **фільтрації** (табл. 2.9).

Розчин камеді – 5701,9 л.

Втрати етапі виробництва – 1,0 %.

Розрахунок втрат при фільтрації: $5701,9 \cdot 0,01 = 57$ л

Об'єм розчину очищеної камеді з урахуванням втрат: $5701,9 - 57 = 5644,9$ л

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс на стадії фільтрації

Прихід		Вихід	
Сировина	Об'єм, л	Сировина	Об'єм, л
Розчин камеді	5701,9	Об'єм розчину очищеної камеді	5644,9
		Втрати	57
Разом	5701,9	Разом	5701,9

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії випарювання (табл. 2.10).

Об'єм розчину очищеної камеді – 5644,9 л.

Концентрація концентрованого розчину камеді після випарювання – 55 %, позначимо як C_k .

Втрати етапі виробництва – 5,5 %.

Розраховуємо втрати при випарюванні: $5644,9 \cdot 0,055 = 310,5$

Об'єм розчину камеді (з урахуванням втрат):

$$5644,9 - 310,5 = 5334,4, \text{ позначимо як } V_4.$$

Кількість абсолютно сухої камеді після випарювання:

$$m_{\text{акк1}} = ((V_4 - C_{\text{роб}}) / 100) = (5334,4 \cdot 25) / 100 = 1333,6 \text{ кг}$$

Об'єм концентрованого розчину камеді:

$$V_5 = (m_{\text{акк1}} \cdot 100) / C_k = (1333,6 \cdot 100) / 55 = 2424,7 \text{ л}$$

Кількість конденсату при випарюванні:

$$V_k = V_4 - V_5 = 5334,4 - 2424,7 = 2909,7 \text{ л}$$

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс на стадії випарювання

	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.032.КР.ПЗ		01.05.2025	ua	41/96

Прихід		Вихід	
Сировина	Об'єм, л	Сировина	Об'єм, л
Розчин камеді	5644,9	Концентрований розчин камеді	2424,7
		Конденсат	2909,7
		Втрати	310,5
Разом	5644,9	Разом	5644,9

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **сушіння** (табл. 2.11).

Концентрований розчин камеді – 2424,7 л (V_5).

Вологість готового продукту – 10 %.

Втрати етапі виробництва – 8,5 %.

Розрахунок втрат на стадії сушіння: $2424,7 \cdot 0,085 = 206$ л, позначимо як X_c .

Кількість абсолютно сухої камеді після сушіння:

$$m_{\text{акк2}} = ((V_5 - X_c) \cdot C_k) / 100 = (2424,7 - 206) \cdot 55 / 100 = 1220,3 \text{ кг}$$

Кількість готового продукту:

$$m_{\text{гот}} = (m_{\text{акк2}} \cdot 100) / (100 - W) = (1220,3 \cdot 100) / (100 - 10) = 1355,9 \text{ кг}$$

Кількість вологи що видалилась під час сушіння:

$$V_{\text{вол}} = V_5 - X_c - m_{\text{гот}} = 2424,7 - 206 - 1355,9 = 862,8 \text{ л}$$

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс на стадії сушіння

Прихід		Вихід	
Сировина	Об'єм, л	Сировина	Маса, кг / Об'єм, л
Концентрований розчин камеді	2424,7	Сухий продукт	1355,9
		Волога	862,8
		Втрати	206
Разом	2424,7	Разом	2424,7

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії **гранулювання** (табл. 2.12).

Сухий порошок камеді – 1355,9 кг.

Втрати етапі виробництва – 0,5%

Розрахунок втрат на стадії сушіння: $1355,9 \cdot 0,005 = 6,8$ кг

Розрахунок гранульованого продукту (з урахуванням втрат):

$$1355,9 - 6,8 = 1348,2 \text{ кг}$$

Таблиця 2.12

Матеріальний баланс на стадії гранулювання

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Сухий порошок камеді	1355,9	Готовий продукт	1349,1
		Втрати	6,8
Разом	1355,9	Разом	1355,9

Розраховуємо матеріальний баланс на стадії пакування (табл. 2.13).

Готовий продукт (гранульована камедь) – 1349,1 кг.

Втрати етапі виробництва – 0,05 %

Розрахунок втрат на стадії пакування: $1349,1 \cdot 0,0005 = 0,7$ кг

Маса кінцевого продукту: $1349,1 - 0,7 = 1348,4$ кг

Таблиця 2.13

Матеріальний баланс на стадії пакування

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Висушена камедь	1349,1	Упакований продукт	1348,4
		Втрати	0,7
Разом	1349,1	Разом	1349,1

Вхід	Маса(кг)	Вихід	Маса(кг)
Камедь (вихідна сировина)	1500	Кінцевий продукт	1349,1
		Втрати на стадії обдування повітрям	7,5
		Інші втрати (на подальших стадіях)	143,4

2.4 Розрахунок теплового балансу

Дано: $G = 500$ кг/год (продуктивність сушарки по кількості випареної вологи за годину); $\omega_1 = 55\%$ (вологість продукту на вході); $\omega_2 = 10\%$ (вологість продукту на виході); $t_1 = 30$ °С (температура продукту на вході); $t_2 = 65$ °С (температура продукту на виході); $C = 0,4$ ккал/(кг · град) (теплоємність абсолютно сухого продукту). Приймаємо напруження камери по вологі $A = 3,25$ кг/м³; відношення висоти камери до її діаметра $K = 1,15$.

1. Приймаючи втрати теплоти з 1 м² площі рівними 100 ккал/год, визначаємо втрати теплоти в навколишнє середовище:

$$q_c = 3,7 \cdot \frac{K + 0,5}{K^2} \cdot \frac{100}{A^2 \cdot G^2} = 3,7 \cdot \frac{1,15 + 0,5}{1,15^2} \cdot \frac{100}{3,25^2 \cdot 500^2} =$$

$$= 31,94 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \text{ вологи} = 133,73 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2. Теплоємність вологого матеріалу:

$$C_{\text{с.м.}} = C + (1 - C) \cdot \frac{\omega_1}{100} = 0,4 + (1 - 0,4) \cdot \frac{55}{100} = 0,73 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

$$= 3,056 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

3. Теплоємність висушеного матеріалу:

$$C_{\text{с.м.}} = C + (1 - C) \cdot \frac{\omega_2}{100} = 0,4 + (1 - 0,4) \cdot \frac{10}{100} = 0,46 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

$$= 1,925 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

4. Втрати теплоти на нагрівання продукту:

$$q_B = C_{\text{с.м.}} \cdot \frac{100 - \omega_1}{\omega_1 - \omega_2} \cdot (t_2 - t_1) - t_1 = 0,46 \cdot \frac{100 - 55}{55 - 10} \cdot (65 - 30) -$$

$$- 30 = -13,9 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \text{ вологи} = -58,197 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

5. Загальні втрати теплоти:

$$\sum q = q_c + q_v = 31,94 - 13,9 = 18,04 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \text{ вологи} = 75,53 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.5 Підбір основного технологічного обладнання

Основою для підбору устаткування [44, 45] є:

- кількість сировини, що обробляється за один цикл;
- функціональність та продуктивність обладнання;
- вартість, енергоємність, габаритні розміри устаткування;
- зручність та безпечність його в експлуатації та обслуговуванні.

Підбір устаткування проводиться залежно від виду сировини, що переробляється та заданої продуктивності підприємства, виходячи із розрахунків матеріального балансу.

Обладнання за ступенем участі в технологічному процесі розділяють на:

- основне;
- допоміжне;
- нейтральне.

Підбір допоміжного та нейтрального устаткування проводять після вибору основного за технологічною необхідністю [22].

2.5.1 Стадія обдування повітрям та просіювання

Перші дві стадії відбуваються в одному апараті, що оптимізує використання електроенергії, сприяє ефективному постачанню атмосферного повітря та забезпечує компактність під час розміщення.

На основі детального аналізу технічних характеристик і функціональних аспектів роботи апаратів, пропонується консолідація двох одиниць устаткування шляхом інтеграції комплексного рішення – повітряного сепаратора-просіювача. Окремо дослідимо принципи функціонування елементів цього інноваційного об'єднання.

Принцип роботи наведений на рис.2.2. Повітряний сепаратор призначений для очищення камеді від домішок, що відрізняються аеродинамічними властивостями. Повітряний сепаратор виконаний із замкнутим циклом використання повітря, без установки зовнішнього вентилятора, циклону і повітропроводів, що сприяє суттєвому зниженню викидів виробництва в атмосферу в цілому, а також енергозбереження на обігрів в холодну пору року.

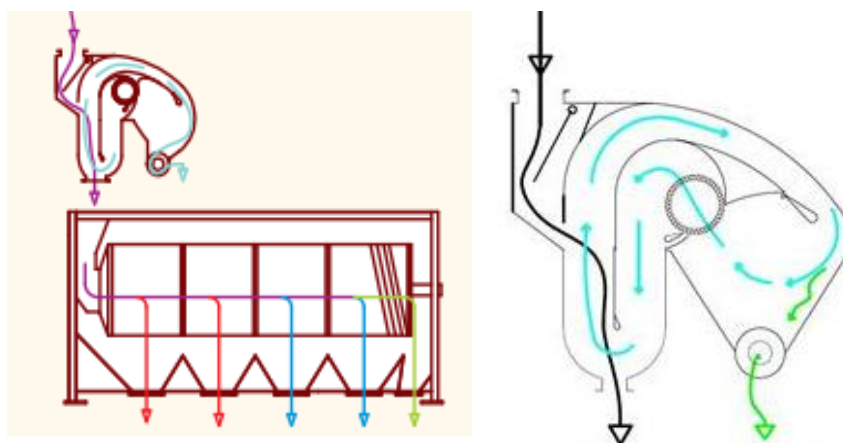


Рис. 2.2 Принцип роботи повітряного сепаратора-просіювача

Принцип роботи: вихідний продукт надходить у пневмосепаруючий канал повітряного сепаратора, де продувається висхідним потоком повітря, створюваним діаметральним вентилятором. Далі сировина попадає у відділення ситового сепаратора, де встановлені сита різного діаметра. Очищений продукт виводиться з машини самопливом. Легкі домішки, захоплені повітрям, відокремлюються в осадовій камері і виводяться за допомогою шнека, а повітря подається в пневмосепаруючий канал для подальшого використання [47].

Таблиця 2.14

Основні технічні параметри повітряного сепаратора-просіювача

Характеристика	Значення
Габаритні розміри: довжина ширина висота	1580 мм 820 мм 1220 мм
Маса	425 кг
Витрата повітря	300 м ³ /год
Потужність	0,55 кВт
Продуктивність очистки	3 т/год

Обираємо ситовий сепаратор марки ПСО-3, адже дані сепаратори призначені для сортування і очищення зернових культур, а також можуть бути використані для камеді, від домішок, що відрізняються від продукту геометричними розмірами і аеродинамічними властивостями.

Перевагами такого сепаратору є:

- міцна, довговічна конструкція;
- симетричність установки патрубків дозволяє гнучко встановлювати сепаратор в існуючі та нові технологічні лінії;
- висока ефективність очищення;
- невеликі габарити;
- зручність заміни сит і надійність їх очищення;
- перегляд зони пневмосепарації.

2.5.2 Стадія магнітного сепарування

Магнітна сепарація відбувається за допомогою магнітного сепаратора вихреструмового типу ВС [48].

Принцип роботи приладу (рис.2.3) заключається в тому що, вихідний матеріал стрічкою конвеєра направляється в робочу зону магнітного ролика. При його обертанні створюється ефект обертового магнітного поля, яке наводить електрорушійну силу, що збуджує вихрові струми у предметах з кольорових металів. Взаємодія наведених вихрових струмів з магнітним полем, що обертається, призводить до виникнення електродинамічних сил, які змінюють траєкторію руху електропровідних предметів відносно траєкторії неелектропровідного матеріала.

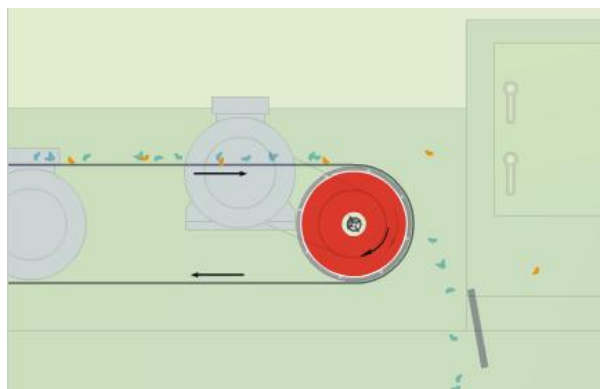


Рис. 2.3 Принцип роботи магнітного сепаратора

Конструктивні особливості (табл. 2.15):

- Склопластикова обечайка барабану захищена від попадання металевих домішок, склобою та інших забруднень за допомогою спеціальної транспортерної стрічки, яка має спарені бокові гофри.
- Швидкість руху транспортера регульована, від 1 м/с до 2,5 м/с.
- Швидкість обертання магнітного барабана регульована, від 1000 до 3000 об/хв.
- Магнітна система забезпечує ефективне вилучення металів фракцією від 3 мм.

Таблиця 2.15

Основні технічні параметри магнітного сепаратора

Характеристика	Значення
Габаритні розміри:	
довжина	2200 мм
ширина	1420 мм
висота	1000 мм
Маса	800 кг
Діаметр магнітного ролика	322 мм
Ширина робочої зони	200 мм
Потужність	3,3 кВт
Продуктивність	1 т/год

2.5.3 Стадія фотосепарування

Останні роки технологія color sorter (сортування за кольором) завойовує все більшу і більшу визнання українських виробників.

Принцип роботи фотоелектронного сепарування за кольором був розроблений ще в середині минулого століття, а перший апарат був встановлений в Лондоні в 1947 році англійською компанією «Сортекс». На сьогоднішній день фотосепаратори різних марок і конфігурацій випускають багато компаній світу, орієнтуючись на передові досягнення в галузі електроніки, оптики, механіки та пневматики. Це високоточні апарати, максимально прості в управлінні і дозволяють домагатися вражаючих результатів в сортуванні - до 99,99 % чистоти продукту на виході [49-50].

Широкого застосування фотосепарація отримала в харчовій сфері, особливо там, де потрібен візуальний контроль продукції: при сортуванні зернових, бобових і олійних культур, горіхів, насіння трав і навіть заморожених або сушених фруктів і ягід. Успішно фотосепаратори справляються з завданнями сортування і на нехарчових виробництвах, наприклад, при вторинній переробці скла або пластику, а також для сортування відходів, солей і мінералів.

Для заміни людської праці (гуміарабик зазвичай сортується вручну) можливе встановлення фотосепаратора (оптичного сепаратора), який призначений для сортування широкого спектру сипких продуктів не тільки за кольором, але й за формою та текстурою, з підвищеною точністю за рахунок інтелектуальної системи контролю якості сортування продукту.

Стандартний процес роботи апарату виглядає наступним чином [49-50]:

1. Вихідний продукт для сортування завантажується в машину через завантажувальний бункер. За допомогою вібрації матеріал по рухливому лотку подається в розподільні канали.

2. По каналах продукт потрапляє в освітлену зону обстеження і оглядається високотехнологічними сенсорами або CCD камерами. Сенсори (або камери), отримуючи відбите світло від матеріалу відбору, генерують електричний сигнал для комп'ютерної системи управління.

3. В залежності від сигналів, отриманих від оптичної системи, комп'ютерна система контролю дає команду на відкриття пневмоклапана (ежектора), який видуває різні фракції продукту.

4. Продукт прямим потоком пролітає в патрубок придатного продукту.

5. У більшості апаратів передбачена вторинне сортування, яка дозволяє більш ретельно сортувати матеріал, мінімізуючи відсоток втрат придатного продукту. Технічні характеристики наведені у табл. 2.16. а схематичне зображення фотосепаратора на рис.2.4.



Рис. 2.4 Схематичне зображення фотосепаратора

Таблиця 2.16

Основні технічні параметри фотосепаратора

Характеристика	Значення
Габаритні розміри: довжина ширина висота	2746 мм 1490 мм 1716 мм
Маса	1300 кг
Тиск повітря	0,6-0,8 мПа
Витрата	3400 л/хв
Потужність	3,5-5 кВт
Продуктивність	3 т/ГОД
Точність	99,5%

2.5.4 Стадія подрібнення

Щокова дробарка (рис. 2.5) – машина для механічного руйнування (дезінтеграції) шматків твердого матеріалу шляхом роздавлення між двома плоскими поверхнями з метою доведення їх розмірів до необхідної крупності. Застосовують в гірничій промисловості при крупному (500 мм) і середньому (350-100 мм) дробленні міцних та в'язких порід - руд чорних і кольорових металів, вугілля, сланців, нерудних і інших корисних копалин. Вперше щокова дробарка запропонована А. Блеком (Великобританія) в 1858 році.

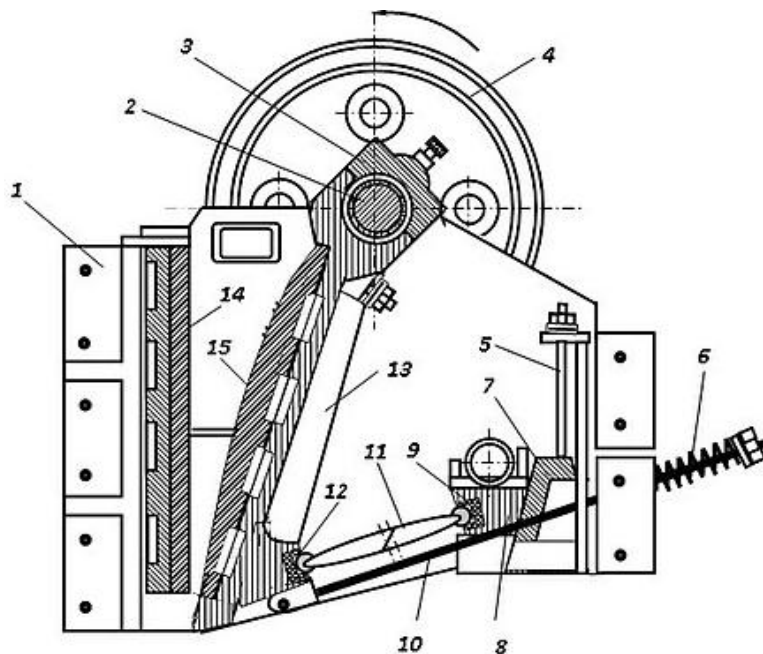


Рис. 2.5 Принцип роботи щокової дробарки

Розрізняють щокові дробарки:

- за кінематичною схемою приводного механізму розрізняють щокові дробарки: з простим (ЩДП) і складним (ЩДС) рухом пересувної щоки;
- за способом кріплення пересувної щоки - з верхнім і нижнім її підвісом;
- за технологічним призначенням - крупного і середнього дроблення [44, 45]

Щокова дробарка складається з станини, частиною якої є нерухома щока, вала з підвішеною пересувною щокою, приводного механізму і пристрою для регулювання. Рухома щока шарнірно підвішується до вала і, навперемінно повертаючись навколо своєї осі на невеликий кут, то наближається, то віддаляється відносно нерухомої щоки. При зближенні щок шматки матеріалу, що дробиться, руйнуються, при зворотному (холостому) ході пересувної щоки

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	51/96

відбувається розвантаження дробленого продукту. Траєкторія руху точок пересувної щоки являє собою замкнену овалоподібну криву. Складнішу траєкторію руху реалізують щокова дробарка з двома рухомими щоками, при цьому продуктивність зростає вдвічі, спостерігається менший абразивний знос футеровки.

Основним методом руйнування шматків в ЩДП є роздавлення, в ЩДС роздавлення і стирання [44, 45]. Щокову дробарку типу ЩДС застосовують для дроблення відносно дрібних малоабразивних руд з підвищеним вмістом глини і вологи, щокова дробарка типу ЩДП - для міцних гірських порід.

Для запобігання абразивному зносу дробилки щоки і бічні стінки між ними футеруються змінними плитами з марганцевистої сталі. Щокова дробарка забезпечує ступінь дроблення від 4 до 6. Основні параметри щокової дробарки: кут захоплення, хід пересувної щоки і частота гойдання щоки. Оптимальна частота гойдання 300-90 хв⁻¹. Застосування щокових дробарок найдоцільніше для дроблення глинистого і вологого матеріалу, але вони мало пристосовані для дроблення грудок пластинчатої форми. Технічні характеристики наведені на у таблиці 2.15.

Щокова дробарка (рис.2.6) працює **за принципом роздавлювання**. Матеріал, що піддається подрібненню, завантажують між щоками. За рахунок зусиль на рухому щоку, матеріал розчавлюється.



Рис. 2.6 Щокова дробарка МЕКА MJS 90 [51].

Основні технічні параметри шокової дробарки

Характеристика	Значення
Габаритні розміри:	
довжина	1320 мм
ширина	2150 мм
висота	1175 мм
Маса	6000 кг
Потужність	30 кВт
Частота обертів	1000 об/хв
Продуктивність	10-60 т/год
Розмір завантажувального жолоби	900x200 мм
Розмір випускних отворів	25-70 мм

2.5.5 Стадія розчинення та осадження етанолом

Процес розчинення проходить за допомогою реактора-змішувача. Реактор оснащений мішалками лопатевого типу (лопатевою – по довжині вала та рамною), а також паровою сорочкою [44, 45].

Реактор - це пристрій, який використовується для змішування рідини в харчовій та хімічній промисловості.

Рамні (рис.2.7) та якірні (рис.2.8) мішалки вирізняються виключно низьким числом обертів. Діаметр таких мішалок наближається до діаметра реактора, а зазор між лопаттю та стінкою реактора є незначним. Таким чином, у випадку застосування цих мішалок можна уникнути місцевого перегріву субстрату його залипання чи виникнення осаду на дні реактора. Ідеально підходить для змішування продуктів в'язкої консистенції.

Отже, для стадії розчинення, згідно матеріального балансу був підібраний реактор з номінальним об'ємом – 6 м³, а для стадії осадження етанолом об'єм реактора становить – 12,5 м³. Площа внутрішньої поверхні становить 20,4 та 30,7 м². Діаметр вала мішалки становить 130 мм. Умовний надлишковий тиск в

оболонці 0,6 мПа. Маса відповідно становить 5200 та 7700 кг. Робоча температура може досягати від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ [44, 45].

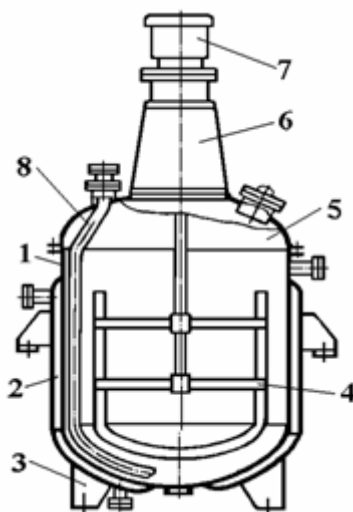


Рис. 2.7 Будова реактора з рамною мішалкою: 1 - корпус; 2 - сорочка; 3 - опора; 4 - мішалка рамна; 5 - кришка знімна; 6 - редуктор; 7 - електродвигун; 8 - труба для передавлювання середовища

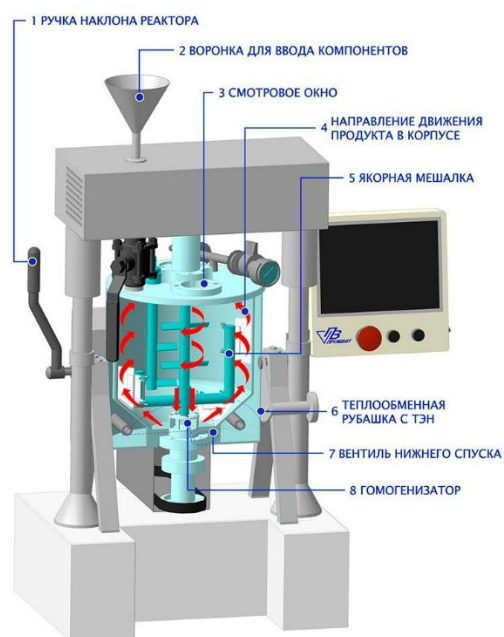


Рис. 2.8 Будова реактора з якірною мішалкою

Реактор хімічний з мішалкою може мати наступні характеристики і комплектацію: виробництво за стандартами GMP, виробництво з харчової нержавіючої сталі AISI 304, сорочка для обігріву або охолодження, робота під тиском, робота з вакуумом, термоізоляція, гомогенізатор, датчики контролю

ваги, датчики вимірювання температури, тиску, пульт управління технологічним процесом з можливістю доступу до нього з будь-якої точки світу, механізм підйому кришки, оглядове вікно, різні технологічні патрубки.

2.5.6 Стадія центрифугування

Простий вид центрифуги – це вертикальний циліндровий ротор із суцільними або перфорованими бічними стінками. Ротор закріплюється на вертикальному валу, який обертається завдяки електродвигуну. Поміщається ротор у циліндровий нерухомий кожух зі спільною віссю обертання, закривається кришкою, яка при потребі знімається; на внутрішній поверхні ротора з перфорованими стінками знаходиться фільтрувальна тканина або тонка металева сітка. Під дією відцентрових сил суспензія розділяється на осад і рідку фазу, яка називається фугатом. Осад, залишається в роторі, а рідка фаза видаляється з нього. Центрифуги бувають фільтрувальні, осаджувальні і комбіновані (осаджувально-фільтрувальні) [44, 45]. Для нашої технологічної лінії обираємо центрифугу ФПН-1251-Л-07 (рис.2.9) [52].

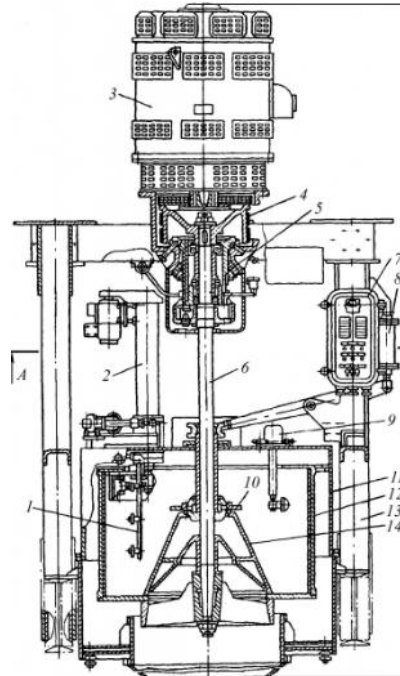


Рис. 2.9 Будова центрифуги ФПН 1251-Л-07

Таблиця 2.16

Основні технічні параметри центрифуги ФПН 1251-Л-07 [54]

	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
ННІХТ ХТ-4-14.025.161.032.КР.ПЗ		01.05.2025	ua	55/96

Характеристика	Значення
1	2
Габаритні розміри:	
довжина	1800 мм
ширина	2450 мм
висота	5130 мм

Продовження таблиці 2.16

1	2
Діаметр ротора внутрішній, номінальний	1250 мм
Висота ротора внутрішня, номінальна	1000 мм
Робочий обсяг ротора, номінальний	700 дм ³
Місткість продукції, не більше	1000 кг
Частота обертання двигуна і ротора центрифуги, максимальна	16,6 (1000) об/хв
Тривалість циклу мінімальна	3,5 хв
Фактор розділення	700
Напруга	380 В

2.5.7 Стадія фільтрування

Нутч-фільтр є простим фільтр періодичної дії, що працює під вакуумом або під надлишковим тиском. Напрямки сили тяжіння і руху фільтрату в ньому збігаються. На рис. 2.10, 2.11 зображений закритий нутч-фільтр, який працює під тиском (іноді закритий нутч-фільтр називають друк-фільтром). Нутч-фільтр складається з корпусу (іноді яке забезпечується обігріває сорочкою) зі знімною кришкою. У корпусі розташована опорна решітка, на якій розташовується фільтрувальна тканина. Нутч-фільтр забезпечений штуцерами для подачі суспензії, стисненого повітря, промивної рідини і видалення фільтрату [44, 45].

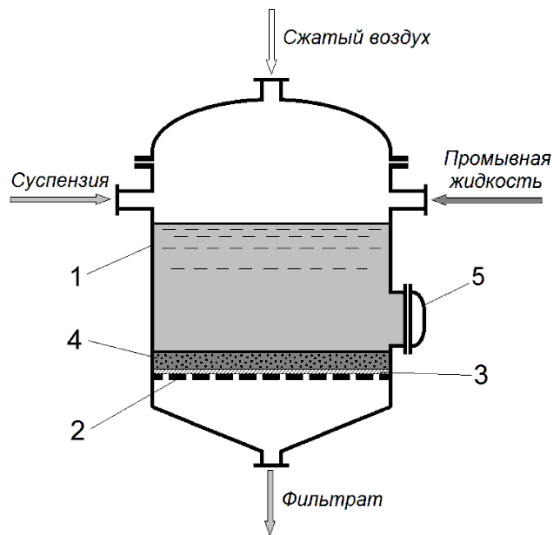


Рис. 2.10 Закритий нутч-фільтр: 1 - корпус, 2 - опорна решітка, 3 - фільтрувальна тканина, 4 - осад, 5 - люк для вивантаження осаду

Цикл роботи нутч-фільтра зазвичай складається з наступних стадій: заповнення фільтра суспензією, фільтрування під тиском стисненого повітря, просушка осаду від фільтрату, заповнення фільтра промивної рідиною, промивка осаду, просушка осаду від промивної рідини, видалення осаду з фільтрувальної тканини, регенерація фільтрувальної тканини [44, 45].

Основними достоїнствами нутч-фільтрів є простота і надійність в роботі, можливість ретельного промивання осаду. До перерахованих вище достоїнств для закритих нутч-фільтрів додаються велика рушійна сила (різниця тисків) і придатність для поділу токсичних речовин (завдяки герметичності конструкції).

До недоліків відносяться відносно невелика площа поверхні фільтрування при гоміздкості апарату і ручна вивантаження осаду.



Рис. 2.11 Зовнішній вигляд закритого нутч-фільтра

Таблиця 2.16

Основні технічні параметри закритого нутч-фільтра НФ-1600

Характеристика	Значення
Габаритні розміри: довжина ширина висота	1980 мм 1850 мм 2140 мм
Робочий об'єм	1600 л
Внутрішній діаметр корпусу	1450 мм
Виконання	стаціонарне на бічних лапах
Маса	950 кг

2.5.8 Стадія випарювання

У харчовій промисловості випарюють, як правило, водяні розчини при кипінні розчину при зниженому тиску (у вакуумі) для кращого збереження термолабільних речовин (концентрування розчину гуміарабіку).

Вибір матеріалів для виготовлення будь-якого апарату залежить від технологічного процесу, що в ньому відбувається. До основних чинників, що впливають на вибір матеріалу, відносяться середовище, що міститься в апараті, тиск і температура [44, 45].

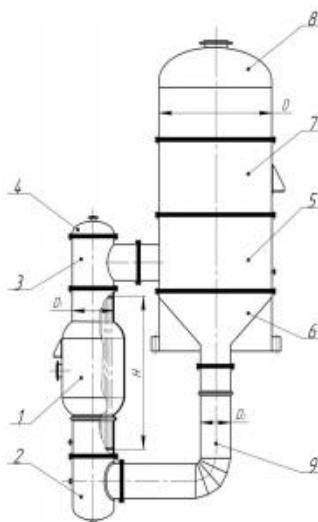


Рис. 2.12 Схема випарного апарату з виносною гріючою камерою:

1 – корпус гріючою камери; 2 – днище гріючої камери; 3 – царга гріючої камери; 4 – кришка гріючої камери; 5 – нижня царга сепаратора; 6 – днище сепаратора; 7 – верхня царга сепаратора; 8 – кришка сепаратора; 9 – циркуляційна труба.

Таблиця 2.17

Основні технічні параметри випарного апарата

Характеристика	Значення
Габаритні розміри:	
довжина	7490 мм
ширина	3520 мм
висота	13500 мм
Тиск у сепараторі	0,08 мПа
Площа поверхні теплообміну	250 м ²
Температура	30-35°С
Маса	15000 кг

2.5.9 Стадія сушіння

Розпилювальні сушарки (рис.2.13) застосовують для сушіння рідких розчинів, суспензій, емульсій, пульп і згущених, пастоподібних матеріалів. У м'ясній промисловості їх використовують для сушіння цільної крові та її фракцій, медичного панкреатину, м'ясних і кісткових бульйонів, яєчного меланжу і інших.

Основа розпилювальної сушки – тонке диспергування вихідного матеріалу в потоці високотемпературного газового середовища [44, 45, 53]. Сушіння протікає інтенсивно, і тривалість процесу становить 5...30 с. При цьому температура продукту навіть в зоні підвищених температур теплоносія близька до температури адіабатичного випаровування чистої рідини. Мала тривалість сушіння і невисока температура розпилених частинок забезпечують високу якість готового продукту без денатурації білка, збереження вітамінів. До **недоліків** розпилювального сушіння відносять великі питомі габарити

установок через низьку вологість сушильного агента, який виводиться з сушарки, особливо при температурі 100...150 °С.

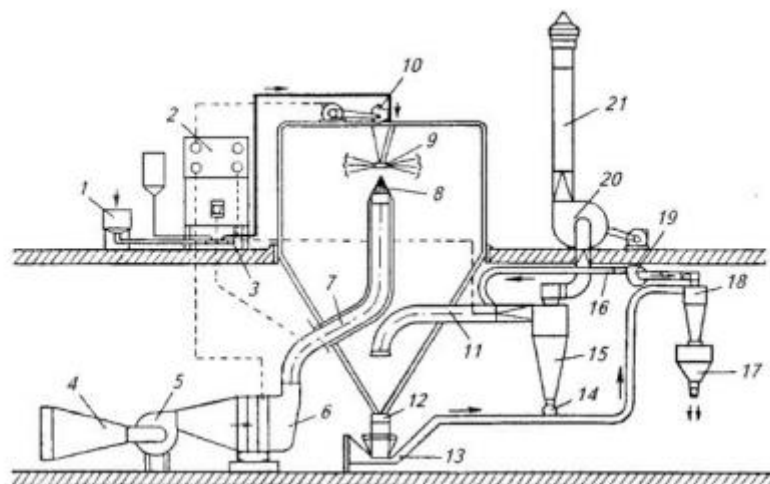


Рис. 2.13 Схема прямої розпилювальної сушарки фірми «Ніро Атомайзер» (Данія): 1 – приймальний бак, 2 – щит управління; 3 – продуктивний насос; 4 – фільтр; 5, 19, 20 – вентилятори; 6 – паровий калорифер; 7, 16 – повітроводи; 8 – повіт-рерозподільник; 9 – розпилювальний диск; 10 – привід розпилювального диска; 11 – всмоктуючий трубопровід; 12 – затвор; 13 – пневмотранспортер, 14 – шлюзовий затвор; 15, 18 – циклони, 17 – бункер для сухого продукту; 21 – вихлопний повітропровід [53].

Прямоточна розпилювальна сушильна установка фірми «Ніро Атомайзер» (Данія) з дисковим розпиленням показана на рис. 2.13. Продукт з приймального бака 1 насосом 3 подають в розпилювальний диск 9, привід якого 10 встановлено на плоскому даху башти. Привід забезпечений варіатором, що дозволяє змінювати частоту обертання диска від 150 до 400 с⁻¹. Розпилювальний диск каналного типу, з одноярусним розташуванням каналів. Повітря забирають через фільтр 4 вентилятором 5, нагрівають у паровому калорифері 6 до 140 °С і по повітроводу 7 подають знизу в факел розпиленої рідини. Конічний повітродозподільник 8 складається з лопатей, зазор між якими можна регулювати. Основна маса сухого продукту осідає на конічному дні башти, кут нахилу якого більше кута природного укосу порошку. Тому порошок обсипається в затвор 12 і далі видаляється пневмотранспортером 13. Відпрацьоване повітря з залишками сухого порошку відводять по трубопроводу

11, очищають в циклоні 15 і викидають в атмосферу вентилятором 20. З циклону сухий продукт зсипається в пневмотранспортер 13, потрапляє в кінцевий циклон 18 і з нього в бункер 17. Повітря з цього циклону по повітроводу 16 повертають у трубопровід 11. Розчин попередньо згущують у вакуумному випарному апараті до вологості 65...67 % і висушують до 6 %. Продуктивність сушарки по випареній волозі 150 кг/год, питома витрата пари 2,2 кг/кг.

2.5.10 Стадія гранулювання

Принцип дії гранулятора ГР-1 (рис.2.14). Аморфний продукт подається в засипної бункер (7) і за допомогою двох барабанів (6), що обертаються у взаємно протилежному напрямку, продавлюється через металеве сито (9), в результаті чого утворюється гранулят. Отриманий гранулят через приймальний бункер (10) потрапляє в встановлену на візку ємність, яка використовується в сушарках типу СП, що виключає перевантаження сировини з гранулятора в сушарку.

Опис конструкції. На станині (1) розташовані всі основні вузли гранулятора. Привід черв'ячного редуктора (2) служить для передачі обертання від електродвигуна через варіатор на черв'ячний редуктор. За допомогою регулятора варіатора (4) через гвинтову передачу (3) можливо плавно змінювати швидкість обертання барабанів, що дозволяє гранулювати продукти з різними фізичними властивостями. Барабани (6) - основні робочі частини гранулятора - являють собою два диски, з'єднані по периметру стрижнями. Вони обертаються у взаємно протилежному напрямку. Сталість розмірів зерен грануляту забезпечується застосуванням металевих сит (9) зкаліброваними отворами. Сита кріпляться до корпусу за допомогою валів натягу (8). Технічні характеристики наведені у таблиці 2.18.

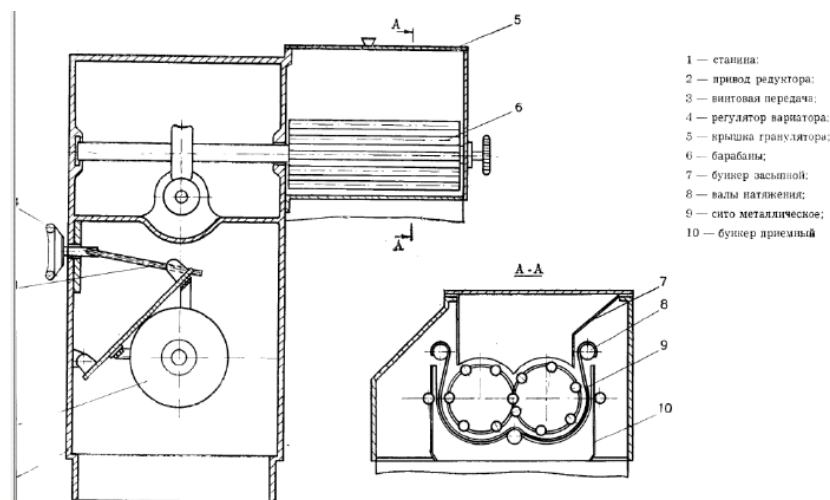


Рис. 2.14 Будова гранулятора ГР-1 [55]

Таблиця 2.18

Основні технічні параметри гранулятора ГР-1 [55]

Характеристика	Значення
Габаритні розміри: довжина ширина висота	4500 мм 2400 мм 1000 мм
Продуктивність	100-600 кг/ГОД
Набір сит з осередками діаметром	0,8; 1,2; 2; 3; 4 мм
Швидкість обертання барабана	40-80 об/хв
Висота гранулятора	3500 мм
Розмір основи	1010*650 мм
Потужність	2,2 кВт
Вага гранулятора	310 кг

2.6 Розрахунок центрифуги ФПН

Підбір центрифуги та розрахунок її продуктивності описаний нижче. Креслення апарата наведено на листі 3 формату А1, специфікація наведена у додатку А.

Вихідні дані:

Продуктивність центрифуги $G_c = 24904 \text{ кг/год}$;

Масова концентрація твердої фази $x_T = 11,8 \%$;

Густина твердої фази $\rho_T = 1400 \text{ кг/м}^3$;

Густина етанолу $\rho_e = 789 \text{ кг/м}^3$;

ННІХТ ХТ-4-14.025.161.032.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
		01.05.2025	ua	62/96

Густина води $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$;

Об'єм води у суспензії $V_v = 4,4145 \text{ м}^3$;

Об'єм спирту у суспензії $V_e = 6,6285 \text{ м}^3$;

Коефіцієнт збільшення опору фільтруючої перегородки при багаторазовому її використанні $K_{\Pi} = 0,8$.

Розрахунок

Для розрахунку об'ємної продуктивності по суспензії необхідно розрахувати густину суспензії за густиною твердої та рідкої фази [45]:

1. Розрахуємо густину рідкої фази:

$$\rho_p = (V_v \cdot \rho_v + V_e \cdot \rho_e) / (V_v + V_e)$$

$$\rho_p = (4,4145 \cdot 1000 + 6,5285 \cdot 789) / (4,4145 + 6,5285) = 874 \text{ кг/м}^3$$

2. Розрахуємо густину суспензії:

$$\rho_c = (\rho_t \cdot \rho_p) / (\rho_t - x_t \cdot (\rho_t - \rho_p))$$

$$\rho_c = (1400 \cdot 874) / (1400 - 0,118 \cdot (1400 - 874)) = 914,5 \text{ кг/м}^3$$

3. Об'ємна продуктивність по суспензії становить:

$$V_c = G_c / \rho_c$$

$$V_c = 29904 / 914,5 = 32,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вимоги якісного промивання осаду, його невисокої вологості і допустимість розчинення твердої фази вказують на необхідність і можливість застосування фільтруючих центрифуг загальною призначення. Еластичність осаду і допустимість його подрібнення дозволяють застосування ножового способу видалення осаду.

За актуальним каталогом фільтруючих центрифуг [54], було обрано центрифугу ФПН-1251Л-07. Дана центрифуга має наступні параметри:

Діаметр барабану внутрішній $D = 1250 \text{ мм} = 1,25 \text{ м}$;

Висота барабану внутрішня $H = 1000 \text{ мм} = 1 \text{ м}$;

Повний об'єм барабану $V_{\delta} = 1,227 \text{ м}^3$;

Коефіцієнт заповнення $\varphi = 0,7$;

Робочий об'єм барабану $V_p = 0,859 \text{ м}^3$;

Максимальна частота обертання барабану $n = 16,6 \text{ с}^{-1} = 1000 \text{ об/хв}$;

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	63/96

Фактор розділення $F_r = 700$;

Подальший розрахунок центрифуги з метою визначення висоти шару осаду та складових циклу часу фільтрації, промивання і просушування осаду, а також його виведення з барабана для будь-якого продукту ведуть на основі методу масштабного моделювання по результатах розділення такої ж суспензії на модельній центрифугі [45]

За існуючою в літературних джерелах інформацією та враховуючи тривалість окремих операцій в робочому циклі періодичної центрифуги (розгін, завантаження при певній частоті обертання ротора, розгін до частоти фугування та фугування, промивання та сушка осаду, вивантаження осаду при зменшеній частоті обертання), приймаємо тривалість циклу $\tau_{\text{ц}} = 550$ с;

Для розрахунку середньої продуктивності центрифуги по суспензії необхідно обчислити відношення об'єму осаду до об'єму суспензії:

$$x_1 = V_o / V_p$$

У свою чергу, об'єм осаду V_o можна розрахувати наступним чином:

$$V_o = ((V_p \cdot \rho_c) \cdot x_T) / \rho_T$$

$$V_o = ((0,859 \cdot 914,5) \cdot 0,118) / 1400 = 0,0662 \text{ м}^3$$

Відповідно відношення об'єму осаду до об'єму суспензії становить:

$$x_1 = 0,0662 / 0,859 = 0,08$$

Тоді середня продуктивність центрифуги по суспензії обчислюємо за формулою:

$$V_{\text{сер.с.}} = (V_p \cdot K_{\text{п}} \cdot 3600) / (x_1 \cdot \tau_{\text{ц}})$$

$$V_{\text{сер.с.}} = (0,859 \cdot 0,8 \cdot 3600) / (0,08 \cdot 550) = 56,22 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для виконання процесу з додержанням заданих вимог, потрібна кількість обраних центрифуг:

$$n = V_c / V_{\text{сер.с.}}$$

$$n = 32,7 / 56,22 = 0,6$$

Враховуючи можливі додаткові позациклові витрати часу на регульовальні та ремонтні роботи, приймаємо до установки одну центрифугу.

Для можливості здійснення економічного розрахунку, підбору точних параметрів процесу, а також визначення розмірів деталей підвісної частини

(валу, підшипників, муфт тощо) розраховуємо потужність на валу центрифуги, використовуючи дані з попередніх розрахунків, а також:

Маса барабана $m_b = 430$ кг;

Радіус барабану $R = 625$ мм = 0,625 м

Діаметр шийки валу $d = 120$ мм = 0,12 м;

Тривалість розгону $\tau_p = 50$ с;

Коефіцієнт, який враховує витрати енергії на перемішування суспензії в барабані $\eta = 0,8$. Коефіцієнт тертя $\mu = 0,3$.

Маса суспензії що завантажується $m_c = 785,5$ кг;

Розрахуємо кутову швидкість обертання барабану:

$$\omega = \pi \cdot n / 30$$

$$\omega = 3,14 \cdot 1000 / 30 = 104,7 \text{ рад/с}$$

Робота, що витрачається на надання барабанові максимальної швидкості:

$$A_b = m_b \cdot R^2 \cdot \omega^2 / 2$$

$$A_b = 430 \cdot 0,625^2 \cdot 104,7^2 / 2 = 920644 \text{ Дж}$$

Потужність, потрібна для обертання барабану:

$$N_b = A_b / 1000 \cdot \tau_p$$

$$N_b = 920644 / 1000 \cdot 50 = 18,41 \text{ кВт}$$

Товщина кінцевого шару суспензії:

$$S = R - \sqrt{R^2 - (m_c / \rho_c \cdot \pi \cdot H)}$$

$$S = 0,625 - \sqrt{0,625^2 - (785,5 / 914,5 \cdot 3,14 \cdot 1)} = 0,283 \text{ м}$$

Внутрішній радіус кільця суспензії:

$$r_0 = (D / 2) - S$$

$$r_0 = (1,25 / 2) - 0,283 = 0,342 \text{ м}$$

Робота, яка витрачається на надання кінетичної енергії суспензії, що знаходиться в барабані:

$$A_c = (m_c \cdot (R^2 - r_0^2) \cdot \omega^2) / 4$$

$$A_c = (785,5 \cdot (0,625^2 - 0,342^2) \cdot 104,7^2) / 4 = 589100 \text{ Дж}$$

Потужність, потрібна для надання кінетичної енергії масі суспензії:

$$N_c = A_c / (1000 \cdot \tau_p \cdot \eta)$$

$$N_c = 589100 / (1000 \cdot 50 \cdot 0,8) = 14,73 \text{ кВт}$$

Колова швидкість на поверхні шийки валу центрифуги:

$$\omega_b = (\pi \cdot d \cdot n) / 60$$

$$\omega_b = (3,14 \cdot 0,12 \cdot 1000) / 60 = 6,28 \text{ м/с}$$

Потужність, необхідна для подолання тертя в підшипниках:

$$N_T = ((m_6 + m_c) \cdot \mu \cdot \omega_b) / 1000$$

$$N_T = ((430 + 785,5) \cdot 0,3 \cdot 6,28) / 1000 = 2,29 \text{ кВт}$$

Потужність, необхідна для подолання тертя барабану об повітря:

$$N_b = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot H \cdot D^4 \cdot n^3$$

$$N_b = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 1,25^4 \cdot 1000^3 = 3,22 \text{ кВт}$$

Максимальна розрахункова потужність на валі центрифуги:

$$N_{\Pi} = N_6 + N_c + N_T + N_b$$

$$N_{\Pi} = 18,14 + 14,73 + 2,29 + 3,22 = 38,64 \text{ кВт}$$

З урахуванням запасу в 20 %, приймаємо потужність для установки:

$$N = 1,2 \cdot N_{\Pi}$$

$$N = 1,2 \cdot 38,64 = 46,37 \text{ кВт}$$

2.7 Опис апаратурно-технологічної схеми

Апаратурно-технологічна схема отримання гуміарабіку розроблена на підставі матеріального балансу, з урахуванням теплового розрахунку та підбору основного технологічного обладнання і представлена на рис. 2.15.

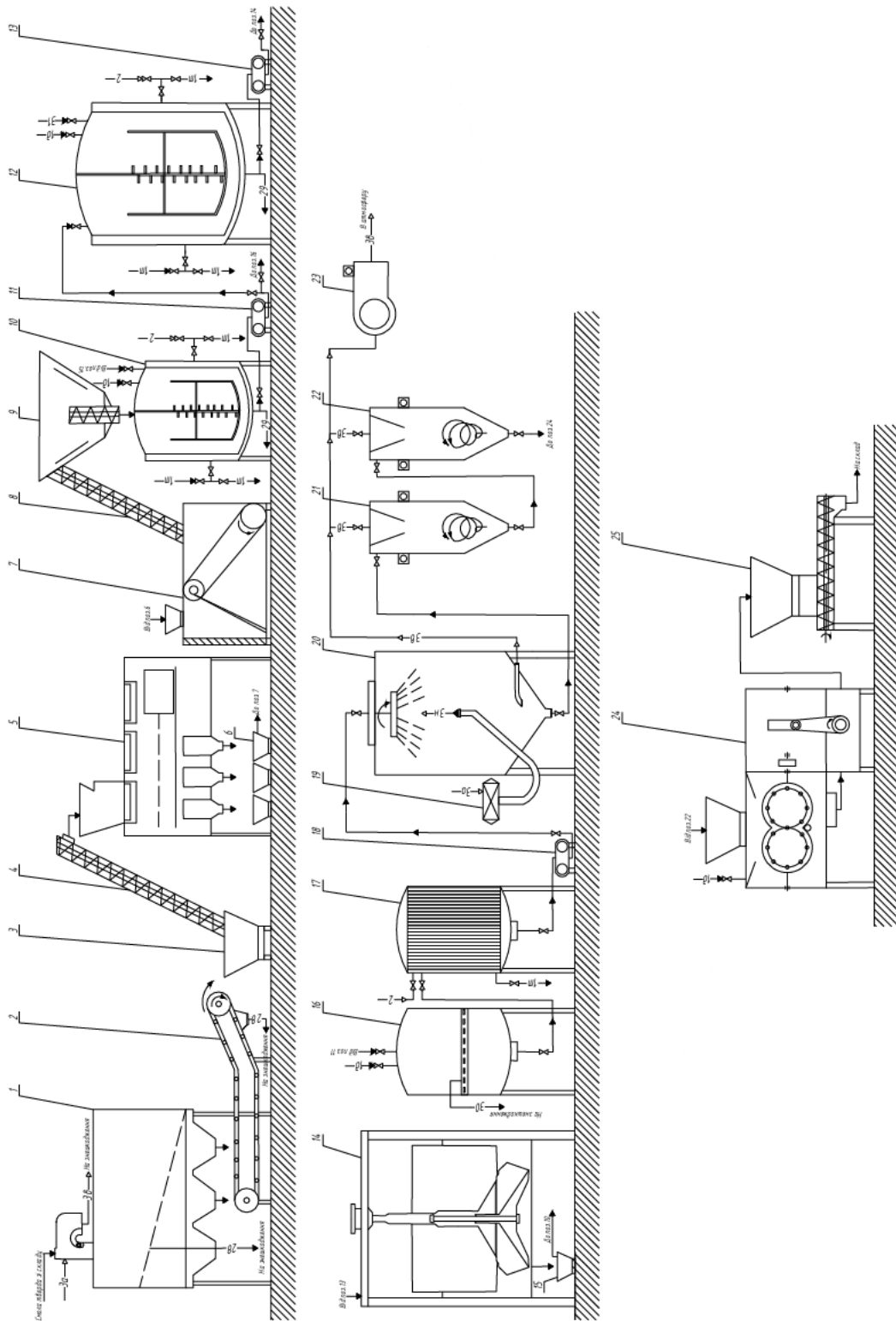
Смола тверда загрузається до повітряного сепаратора-просіювача (1), в якому видаляються пил та легкі домішки та відбувається просіювання з відділенням піску та крупних механічних домішок. Просіяна камедь відразу потрапляє на конвеєр з магнітною стрічкою (2) на якому відбувається магнітна сепарація, після чого за допомогою шнекового транспортеру (4) продукт подається до фотосепаратора (5) де камедь розділяється на фракції за кольором. З фотосепаратора розділена камедь потрапляє до шокової дробарки (7) де подрібнюється до діаметру частинок 0,4 мм.

Подрібнена камедь з допомогою шнекового транспортеру (8) подається до шнекового дозатора (9). Просіяна камедь дозується і завантажується до реактору (10) де розчиняється у дистильованій воді. Отриманий розчин камеді перекачується з допомогою шестерінчастого насосу (11) до реактору (12) в якому продукт осаджується етанолом, що подається через окремий патрубок.

Суспензія камеді перекачується за допомогою шестерінчастого насосу (13) до центрифуги (14) де відбувається розділення суспензії на осад та надосадову рідину разом із домішками що не випали в осад.

Надосадова рідина викачується з центрифуги, а осад очищеної камеді переносять до реактору (10) в якому його знову розчиняють в дистильованій воді. Отриманий розчин перекачується з допомогою шестерінчастого насосу (11) до НУТЧ-фільтру (16) де відбувається фільтрація.

Фільтрат розчину камеді який пройшов крізь мембрану діаметром 0,5 мкм подається на наступну стадію випарювання (концентрування розчину гуміарабіку) до випарного апарату (17), а на поверхні мембрани затримуються різноманітні віруси, бактерії та гриби у вигляді осаду, який потім змивають водою на знешкодження. Концентрований розчин очищеної камеді з допомогою шестерінчастого насосу (18) надходить до розпилювальної сушарки (20) де



висушується нагрітим в калорифері (19) повітрям та проходячи через циклони (21, 22) випадає на шнековий дозатор (23) у вигляді порошку з діаметром частинок 0,125 мкм та відносною вологістю 10%.

Далі продукт за необхідності може подаватись на гранулювання до гранулятора (24). Готовий продукт дозується шнековим дозатором (25) у крафтові пакети.

РОЗДІЛ III. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Інформація щодо сфер використання гуміарабіку, обсягів його виробництва та ринкових потреб в даному продукті наведена у попередніх розділах. Варто зазначити, що прогнозований ріст попиту на дану харчову добавку зростає в середньому на 10 % від загального об'єму виробництва в рік. Виходячи з даних фактів, була розроблена технологія з розрахунковою продуктивністю 1349,1 кг готового продукту за 1 виробничий цикл. Відповідно, для проведення 1 виробничого циклу необхідна наступна кількість сировини та основних матеріалів (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Кількість сировини та основних матеріалів

Сировина/матеріал	Необхідна кількість, кг (л)	Ціна за кг (л), грн	Загальна ціна, грн
Необроблена камедь	1500	20,25	30375
Вода дистильована	8717	1,2	10460
Етанол	6628,5	70	463995
Всього			504830

Для зручності розрахунку переведемо розрахунок витрат на тонну готового продукту [46]:

$$B_r = 1000 \cdot 504830 / 1349,1 = 374198 \text{ грн} / \text{т}$$

Транспортно-заготівельні витрати на сировину та основні матеріали приймаємо в розмірі 5%, отже загальні витрати складуть:

$$B_z = B_r \cdot 1,05$$

$$B_z = 374198 \cdot 1,05 = 392908 \text{ грн} / \text{т}$$

Готовий продукт фасується у крафтові мішки по 25 кг, відповідно для однієї партії готового продукту потрібно 54 мішки.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа Технічний проект	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Подлубний Я.Ю.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.031.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.	ЧАСТИНА	Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 70/96

Розрахуємо допоміжні та таропакувальні матеріали для партії (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Характеристика допоміжних матеріалів

Назва матеріалу	Необхідна кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна ціна, грн
Крафтовий мішок	54	3,5	189
Фіксуюча стрічка	54	0,25	13,5
Етикетка	54	0,1	5,4
Всього			207,9

Отже, витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали для тони продукту становлять 207,9 грн. Приймаємо транспортно-заготівельні витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали в розмірі 5 %, отже загальні витрати складуть:

$$D_3 = 207,9 \cdot 1,05 = 218,3 \text{ грн / т}$$

Витрати енергоресурсів на одиницю продукції розраховуємо, виходячи з норм витрати на 1 партію і вартості одиниці енергоресурсу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Характеристика енергетичних ресурсів

Енергоресурс	Витрати, м ³ (кВт)	Ціна, грн/1 м ³ (кВт)	Загальна ціна, грн
Газ	12	2,94	35,28
Вода холодна	4,75	20,82	99
Електроенергія	220	1,68	370
Всього			504,28

Пояснення до таблиці 3.3.

Кількість води для рубашки – 25% від об'єму реакторів; електроенергія по кожному апарату (потужність помножена на тривалість роботи). Сепаратор-просіювач 2,75 кВт (0,5 год), магнітний сепаратор 4,95 кВт (1,5 год), фотосепаратор 2,5 кВт (0,5 год), шокова дробарка 3 кВт (0,1 год), реактори-змішувачі 5 кВт (2 год), центрифуга 46,37 кВт (0,16 год),

випарний апарат 100 кВт, гранулятор 5,5 кВт (2,5 год), розпилювальна сушарка 50 кВт.

Отже, енерговитрати становлять 504,28 грн на 1349,1 кг готової продукції. Відповідно, на 1 тону готової продукції необхідно затратити:

$$E_3 = 504,28 \cdot 1000 / 1349,1 = 373,8 \text{ грн / т.}$$

Враховуючи вищенаведені розрахунки, загальні матеріальні витрати на 1 тону готової продукції складають:

$$З = B_3 + D_3 + E_3 = 392908 + 218,3 + 373,8 = 393500 \text{ грн / т}$$

Для розрахунку повної собівартості очищеного гуміарабіку, також розрахуємо заробітну плату для працівників виробництва.

Враховуючи, що тривалість виробничого циклу складає 10 годин, а також необхідність перерв (1 год для кожної зміни), та часу на технічне обслуговування, розрахунок заробітної плати буде здійснюватись з огляду на двозмінний робочий день тривалістю 6 годин. Отже, загальний час для оплати виробництва 1349,1 кг продукції становить 12 годин. Зведені дані по оплати праці наведені у таблиці 3.4:

Таблиці 3.4

Характеристика оплати праці робітників

Професія	Кількість робітників на зміну	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Тривалість зміни, год.	Заробітна плата, грн
Інженер-технолог	1	IV	125	12	1500
Апаратник	3	IV	80	12	2880
Укладальник-пакувальник	1	II	30	12	360
Підсобний робітник	1	II	30		360
Всього	6	—	—	—	5100
На 1 т продукції	—	—	—	—	3782,3

Отже, основна заробітна плата становить $OЗП = 3782,3$ грн / т.

Також, потрібно розрахувати додаткову заробітну плату – винагорода за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість і за особливі умови праці. Додаткову заробітну плату приймаємо як 30 % від основної заробітної плати. ЄСФ приймаємо як 22 % від основної заробітної плати та додаткової заробітної плати.

Розрахуємо додаткову заробітну плату працівників та нарахування до ЄСФ:

$$ДЗП = 0,3 \cdot OЗП = 1134,7 \text{ грн / т}$$

$$ЄСФ = (ДЗП + OЗП) \cdot 0,22 = 1081,7 \text{ грн / т}$$

Витрати на утримання та обслуговування обладнання приймаємо у розмірі 200 % від основної заробітної плати:

$$ВУО = 3782,3 \cdot 2 = 7564,6 \text{ грн / т}$$

Розрахуємо витрати по статті «Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням виробництва продукції». Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 10 % від ОЗП:

$$ВПО = 3782,3 \cdot 1 = 3782,3 \text{ грн / т}$$

Загальновиробничі витрати приймаємо в розмірі 300 % від основної заробітної плати робітників:

$$ЗВВ = 3782,3 \cdot 3 = 11346,9 \text{ грн / т}$$

Розрахуємо виробничу собівартість виробництва:

$$C = З + OЗП + ДЗП + ЄСФ + ВУО + ВПО + ЗВВ$$

$$C = 393500 + 3728,3 + 1134,7 + 1081,7 + 7564,6 + 3728,3 + 11346,9 = 422084,5 \text{ грн / т}$$

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

$$АВ = C \cdot 0,025 = 422084,5 \cdot 0,025 = 10552,1 \text{ грн / т}$$

Розрахуємо витрати на збут як 3% від виробничої собівартості:

$$З_6 = C \cdot 0,03 = 422084,5 \cdot 0,03 = 12662,5 \text{ грн / т}$$

Інші операційні витрати розрахуємо як 1 % від виробничої собівартості:

$$ІВ = C \cdot 0,01 = 422084,5 \cdot 0,01 = 4220,9 \text{ грн / т}$$

Отже, повні витрати на виробництво 1 тони очищеного гуміарабіку становлять:

$$ПВ = C + АВ + З_6 + IB$$

$$ПВ = 422084,5 + 10552,1 + 12662,5 + 4220,9 = 449520 \text{ грн / т}$$

Для можливості реального планування виробництва, розрахуємо відпускну ціну готового продукту. Закладемо рентабельність $P = 10 \%$. Податок на додану вартість складає $\Pi = 20 \%$. Відповідно:

$$P = ПВ \cdot P = 449520 \cdot 0,1 = 44952 \text{ грн / т}$$

$$ПДВ = (P + ПВ) \cdot \Pi = (449520 + 44952) \cdot 0,2 = 98894,4 \text{ грн / т}$$

В результаті, відпускна ціна за 1 тону очищеного гуміарабіку буде становити:

$$Ц = ПВ + P + ПДВ = 593366,4 \text{ грн / т}$$

РОЗДІЛ IV. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Організація системи контролю якості на виробництві.

Контроль якості продукції передбачає оцінювання відповідності виробів та виробничих процесів нормативно-технічній документації, зразкам-еталонам, забезпечує моніторинг ходу виробничого процесу та його стабільність, а також захист підприємства від постачання неякісних матеріалів, енергоресурсів тощо. Він дозволяє виявляти дефекти на ранніх етапах та запобігати виготовленню недоброякісної продукції. [57].

Контроль здійснюється на різних етапах виробничого процесу [58]:

- *вхідний контроль*, призначений для перевірки якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, що отримуються по кооперації, а також інструментів і пристосований до початку виробництва;
- *післяопераційний (проміжний) контроль* деталей, вузлів, заготівель і тому подібне, виконуваний по ходу технологічного процесу;
- *приймальний (остаточний) контроль*, що проводиться над заготівлями, деталями, складальними одиницями, готовими виробами;

Виділяють наступні види контрольних операцій:

- контроль транспортування продукції;
- контроль зберігання продукції [58].

На підприємствах технічний контроль якості продукції виконує спеціалізована служба технічного контролю, яка може бути представлена відділом, сектором, лабораторією або бюро. Основними її завданнями є попередження випуску або постачання продукції, що не відповідає вимогам стандартів, технічних умов, затвердженим зразкам чи проєктній документації. Також служба технічного контролю забезпечує відповідність умов постачання та договорів, запобігає виготовленню некомплектної продукції і підвищує відповідальність усіх виробничих підрозділів за якість своєї діяльності.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Подлубний Я.Ю.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ IV	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.031.КР.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Носенко Т.Т.	ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				01.05.2025	ua	75/96

4.2 Показники якості та безпечності отриманого гуміарабіку

Аналітичні вимоги і характеристики наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Аналітичні вимоги і характеристики

Показник	Технічні вимоги
Органолептичні показники	
Зовнішній вигляд	Білий або жовтуватий порошок
Запах та смак	немає
Розчинність	Порошок висушений розпилюванням забезпечує плинність, високу диспергуючу здатність і хорошу розчинність при кімнатній температурі.
Хімічні показники	
Витрати при сушінні	≤ 10 %
Загальна кількість золи	≤ 4,0 %
Залишок нерозчинний у кислоті	≤ 0,1 %
pH	4-5
Крохмаль або декстрин	відсутні
Таніни	відсутні
Миш'як	< 3 мг/кг
Свинець	< 2 мг/кг
Ртуть	< 1 мг/кг
Кадмій	< 1 мг/кг
Фізичні показники	
Специфічна оптична ротація (10% -й водний розчин, 20 °С)	від + 35 до + 60 °С
В'язкість (25% -й водний розчин, 24 години, Brookfield LVT, зразок 1, 30 об/хв)	≥ 60 СПЗ
Колір (25% -й водний розчин, Lovibond tintometer 25 мм оптична осередок)	від 4,0 ° Lov до 10,0 ° Lov
Гранулометрія: - стандартна - середня - висока	макс. 15% <75 μм макс. 50% <140 μм макс. 40% > 200 μм
Мікробіологічні показники	
Загальна кількість мікроорганізмів	< 1000 КОЕ/г
Дріжджі і цвілі	<100 КУО / г
E.coli	Відсутня в 10 г
Сальмонела	Відсутня в 25 г

Інд. змін.

Дата видання

Мова

Аркуш

Легальний Статус: Європейський регламент № 231/2012 встановлює норми для харчових добавок (E414), з поправками. Основне видання Європейської Фармакопеї, BP, DAB, USP / NF і FCC [31, 59].

Інші відомості

Алергени. Гуміарабік не містить будь-які алергенні речовини як визначено в таких положеннях:

- Додаток до Європейської Директиви 2000/13/ЄС з внесеними змінами;
- США код 21 ЮЕССІ 321.201 глава 2 (Федеральне положення для харчових, косметичних продуктів і ліків).

Відповідно до нашого досвіду, ризику перехресного забруднення іншими алергенними речовинами не існує.

Застосування продукту при специфічному харчуванні. Склад підходить для вегетаріанського, веганської, халяльного і кошерного харчування.

ГМО. Продукт не містить і не було отримано з генетично модифікованих організмів, як визначено в Європейському регламенті № 1829/2003 і № 1830/2003 в області маркування і відстеження ГМО (генетично модифікованих організмів) і продуктів/інгредієнтів отримані з них.

Меламін. При виробництві гуміарабіку меламін не використовується, як визначено в регламенті № 1881/2006 і 594/2012.

Радіація. Продукт не заражений іонізуючим випромінюванням.

Упаковка. Паперові (крафтові) мішки по 25 кг з внутрішнім поліетиленовим шаром (інша упаковка доступна за запитом).

Зберігання. У закритих мішках при кімнатній температурі. Термін зберігання 3 роки [31, 59].

РОЗДІЛ V. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона навколишнього середовища на підприємстві представляє собою сукупність комплексних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу виробничої діяльності на довкілля, а також забезпечення безпечних та комфортних умов праці для персоналу. У рамках даних заходів особливу увагу приділяють зменшенню рівня забруднень, що пов'язані з функціонуванням підприємства. Окрім забезпечення екологічної безпеки підприємства, нагальною є також охорона праці та безпека життєдіяльності. Цей напрям охоплює комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на запобігання впливу шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників. Поряд із дотриманням нормативних вимог з охорони праці співробітники мають забезпечувати виконання технічних регламентів підприємства та дотримуватися гігієнічних стандартів, включно з підтриманням оптимального мікроклімату на робочому місці.

Всі встановлені норми та правила у сфері екологічної та виробничої безпеки мають бути формалізовані у відповідних регламентуючих документах. Одним із ключових документів є екологічний паспорт підприємства, який містить усебічну інформацію про об'єкт. Він включає дані щодо використаних видів сировини, опис технологічних процесів основного виробництва, характеристику схем очищення стічних вод та викидів у повітря, їх стан після очищення; інформацію про тверді відходи та інші побічні продукти виробництва, а також аналіз потенційних технологій для підвищення ефективності природоохоронних заходів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Романова О.О.	<i>Вид документа</i> Паспорт підприємства	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Подлубний Я.Ю.	РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.031.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 01.05.2025	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 78/96

Працівники екологічного контролю відіграють важливу роль у складанні та оформленні зазначеного документа, а зокрема в оцінці сумарного впливу шкідливих викидів на навколишнє середовище. При цьому враховуються встановлені гранично допустимі концентрації шкідливих речовин на прилеглих до підприємства територіях, у повітрі, водах та ґрунтах задля превентивного управління екологічними ризиками.

5.1 Охорона праці на підприємстві

Сертифікат безпеки

Найменування продукту: Камедь акації (гуміарабік) [31,57];

Загальна характеристика продукту Відповідно до Європейської Класифікації Речовин за ступенем їх Небезпеки (67/548 /ЕЕС) Гуміарабік не відноситься до категорії небезпечних продуктів.

Склад продукту комплексний полісахарид;

Клас: водорозчинні камеді;

Номер: 9000-01-5;

Клас небезпеки: Відповідно до Європейської Класифікації Речовин за ступенем їх небезпеки (67/548 /ЕЕС) відноситься до безпечних продуктів.

Надання першої медичної допомоги:

При попаданні в очі і на шкірний покрив. Промити великою кількістю води протягом 15 і більше хвилин. При хворобливої чутливості звернутися за медичною допомогою.

Попадання в травний тракт. При попаданні в травний тракт звернутися за медичною допомогою.

Попадання в дихальну систему При виникненні високих концентрацій пилу терміново вивести персонал з робочої зони на свіже повітря. При зупинці дихання негайно робити штучне дихання і звернутися за медичною допомогою.

Протипожежні заходи. Температуру спалаху > 90 °С

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	79/96

Засоби пожежогасіння. Балони з вуглекислим газом або сухий хімічний реагент в випадку несильного вогню пінні вогнегасники або вода в разі сильного спалаху.

Джерела небезпеки. У повітрі робочої зони потенційно небезпечними є високі концентрації пилу, що містить вуглецеві матеріали.

Порядок дій при виявленні джерела небезпеки.

– **Вологий продукт** зібрати за допомогою інертного матеріалу, добре поглинає вологу

– **Сухий порошок** Обережно підмести територію, можна використовувати вакуумні апарати для збору порошку з твердої поверхні, не допускаючи попадання зайвого пилу в повітря робочої зони.

Перенесення і зберігання. Зберігати в сухому місці. З метою запобігання попадання вологи контейнер з продуктом тримати закритим. При перенесенні дотримуватися правил безпеки (запобігати зайве запилювання продукту).

Контроль за виконанням основних правил техніки безпеки.

Захист органів дихання коли за допомогою обмінної вентиляції не вдається швидко зменшити концентрацію пилу в робочій зоні необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту - спеціальний одяг, респіратор.

Вентиляційна система - рекомендується місцева витяжна вентиляція для підтримки допускається рівня забрудненості робочої зони, причому механічний. Здув не рекомендується.

Захист очей. При наявності пилу в повітрі використовувати захисні окуляри.

Відомості для транспортування – (Рекомендовані види транспортування):

ІМО (вид транспортування) – безпечно

ІСАО/ІАТА (вид транспортування) – безпечно

RID/ADR (вид транспортування) – безпечно

5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

5.2.1 Реєстр ризиків, які впливають на навколишнє середовище

Суттєві екологічні аспекти діяльності підприємства можуть спричинити виникнення ризиків і можливостей, пов'язаних з несприятливими або з сприятливими впливами на довкілля, іншими наслідками для організації [61].

Реєстр ризиків: ймовірність оцінюється за наступною шкалою (Й):

1 – дуже низька (відсутні дані щодо практики настання подібної події, практично відсутня ймовірність настання події упродовж періоду 5 років);

2 – низька (наявні дані про настання події як окремого епізоду, незначна ймовірність упродовж періоду 5 років);

5 – середня (наявні дані про настання події, подія може відбутися неодноразово упродовж періоду 5 років);

7 – висока (наявні дані про неодноразове настання події, подія може відбутися неодноразово упродовж періоду 5 років);

10 – дуже висока (наявні дані про неодноразово та систематичне настання події, подія може відбутися систематично упродовж періоду 5 років).

Наслідки впливу оцінюються за наступною шкалою (Н):

1 – дуже незначні (навколишнє середовище усуне наслідки впливу до 1 року);

3 – незначні (навколишнє середовище усуне наслідки впливу до 2 років);

5 – помірні (навколишнє середовище усуне наслідки впливу до 3 років);

7 – високі (навколишнє середовище усуне наслідки впливу до 4 років);

10 – дуже високі (навколишнє середовище усуне наслідки впливу за 5 років і більше).

Злив хімічних речовин в каналізацію

Нормативні документи. Закон України «Про відходи»; Водний кодекс України; «Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та Порядок визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення», затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово – комунального господарства України № 316 від 01.12.2017; «Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва», затверджені розпорядження КМДА № 1879 від 12.10.2011 [61].

Ймовірні наслідки. Забруднення водних об'єктів; Порушення законодавства України Ст. КУпАП, Ст. КК; Завдання шкоди іншим природним ресурсам (крім водних) та об'єктам навколишнього середовища; Відшкодування підприємством збитків; Погіршення бізнес-репутації. **Оцінка наслідків – 5.**

Порушення правил поводження з відходами

Нормативні документи. Закон України про відходи; ДСТУ 3911-99 «Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги»; ДСТУ 3910-99 «Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій»; ДсанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення»; Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 342 від 07.07.2008 «Про затвердження типової форми первинної облікової документації N 1-ВТ «Облік відходів та пакувальних матеріалів і тари» та Інструкції щодо її заповнення» [61].

Ймовірні наслідки. Збільшення кількості відходів; Забруднення ґрунтів; Забруднення водних об'єктів; Завдання шкоди іншим природним ресурсам (крім водних та ґрунтів) та об'єктам навколишнього середовища; Фінансові втрати підприємства, у зв'язку з відшкодуванням збитків. **Оцінка наслідків – 10.**

Марнотратне використання води

Нормативні документи. Водний кодекс України; Наказ Державного комітету статистики України № 264 від 27.07.1998 «Про затвердження типових форм первинного обліку» (втратив чинність); ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід і каналізація».

Ймовірні наслідки. Виснаження водних ресурсів; Збільшення грошових відрахувань підприємством за водопостачання та водовідведення. **Оцінка наслідків – 1.**

Перевищення дозволених обсягів викидів забруднюючих речовин

Нормативні документи. Закон України «Про охорону атмосферного повітря»; «Нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», затверджені наказом Мінприроди № 309 від 27.06.2006; «Перелік найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню», затверджені Постановою КМУ № 1598 від 21.11.2001.

Ймовірні наслідки. Забруднення атмосферного повітря; Завдання шкоди іншим природним ресурсам (крім атмосферного повітря) та об'єктам навколишнього середовища [61]. Фінансові втрати підприємства, у зв'язку з відшкодуванням збитків. **Оцінка наслідків – 7.**

Управління ризиками. Значимість – оцінка величини ризику (З) визначається за наступною формулою:

$$З = Й \cdot Н,$$

де Й – ймовірність настання події, Н – наслідки настання події.

Критерії розподілу величини значимості ризику наступні:

- Низька від 1 до 6;
- Середня з 7 до 35;
- Висока з 49 до 100.

5.2.2 Інструкція щодо контролю за якістю стічних вод

Кожне підприємство намагається мінімізувати вплив на навколишнє середовище, в тому числі шляхом контролю за якістю стічних вод [62].

Цілі:

- Дотримання вимог природоохоронного законодавства;
- Запобігання забрудненню водних ресурсів;
- Забезпечення ефективного використання води;
- Не допущення заподіяння шкоди господарським об'єктам та об'єктам навколишнього природного середовища;

Завдання:

- Планування та виконання діяльності, враховуючи вимоги існуючого законодавства з охорони водних ресурсів;
- Контроль та моніторинг якості стічних вод;
- Попередження забруднення вод;
- Здійснення первинного обліку якості та кількості стічних вод;
- Здійснення невідкладних робіт щодо усунення причин та наслідків можливих невідповідностей якості вод нормативам.

Визначення основних термінів:

Використання води - процес вилучення води для використання у виробництві з метою отримання продукції та для господарсько-питних потреб населення, а також без її вилучення для потреб гідроенергетики, рибництва, водного, повітряного транспорту та інших потреб.

Вода зворотна - вода, що повертається за допомогою технічних споруд і засобів з господарської ланки кругообігу води в його природні ланки у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної чи дренажної води.

Вода стічна - вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів.

Води - усі води (поверхневі, підземні, морські), що входять до складу природних ланок кругообігу води.

Водозабір - споруда або пристрій для забору води з водного об'єкта.

Водокористування - використання вод (водних об'єктів) для задоволення потреб населення, промисловості, сільського господарства, транспорту та інших галузей господарства, включаючи право на забір води, скидання стічних вод та інші види використання вод (водних об'єктів)

Гранично допустима концентрація (ГДК) речовини у воді - встановлений рівень концентрації речовини у воді, вище якого вода вважається непридатною для конкретних цілей водокористування.

Забруднення вод - надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин.

Забруднююча речовина - речовина, яка привноситься у водний об'єкт в результаті господарської діяльності людини.

Моніторинг вод - система спостережень, збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розробки науково обгрунтованих рекомендацій для прийняття відповідних рішень.

Якість води - характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних цілей використання.

Вимоги до викиду стічних вод - вимоги щодо режиму, кількісного та якісного складу стічних вод, які споживач скидає до системи централізованого водовідведення населеного пункту, склад і зміст, порядок надання яких визначено цими Правилами та місцевими правилами приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення населеного пункту.

Вторинні водокористувачі (абоненти) - це ті, що не мають власних водозабірних споруд і отримують воду з водозабірних споруд первинних водокористувачів та скидають стічні води в їхні системи на підставі договору про водопостачання (поставку води) та/або про водовідведення без отримання дозволу на спеціальне водокористування [62].

Загальна інформація про стічні води:

Водопостачання підприємства здійснюється з двох джерел, а саме:

- 1) Сverdlovina на воду (підземні води);
- 2) Міського водопроводу [62].

Стічні води, що приймають до систем централізованого водовідведення, не повинні:

- містити горючих домішок і розчинених газоподібних речовин, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші;
- містити речовин, які здатні захаращувати труби, колодязі, решітки або відкладатися на їх поверхнях (сміття, ґрунт, абразивні порошки та інші грубодисперсні зависі, гіпс, вапно, пісок, металева та пластмасова стружка, жири, смоли, мазут, пивна дробина, хлібні дріжджі тощо);
- містити тільки неорганічних речовин або речовин, які не піддаються біологічній деструкції;
- містити речовин, для яких не встановлено гранично допустимих концентрацій для води водойм або токсичних речовин, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод, а також речовин, для визначення яких не розроблено методів аналітичного контролю;
- містити небезпечних бактеріальних, вірусних, токсичних та радіоактивних забруднень;
- містити біологічно жорстких синтетичних поверхнево-активних речовин (далі - СПАР), рівень первинного біологічного розкладу яких становить менше 80%; мати температуру вище 40 °С;
- мати рН нижче 6,5 або вище 9,0;
- створювати умови для заподіяння шкоди здоров'ю персоналу, що обслуговує системи централізованого водовідведення;
- унеможливлувати утилізацію осадів стічних вод із застосуванням методів, безпечних для навколишнього природного середовища;
- містити забруднюючих речовин з перевищенням допустимих концентрацій, установлених цими Правилами та місцевими правилами приймання.

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	86/96

Під час проведення аналізу проб стічних вод, використовуються засоби вимірювальної техніки, повірені уповноваженими органами [62].

5.2.3 Очистка атмосферного повітря

Атмосферне повітря має в своєму складі приблизно 75,5% азоту, 23,2% кисню, 1,28% аргону та інших речовин. Саме кількість домішок в повітрі і визначає якість повітря. Основною шкідливістю, яка завжди входить до складу повітря, у тому чи іншому кількості, є пил. Пилом називають зважені частинки, які знаходяться в повітрі в рідкому або твердому вигляді.

При перевищенні гранично допустимої кількості пилу, що міститься в робочій зоні приміщення, спостерігається погіршення самопочуття людини, а при тривалому впливі може спостерігатися розвиток хронічних захворювань і погіршення здоров'я. Тому потрібно слідкувати за якістю повітря і не допускати його забрудненість вище певного рівня.

З цього випливає, що для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату всередині будь-якого типу приміщення, а також для задоволення технологічних та санітарно-технічних вимог, варто підтримувати чистоту повітря. Для цього необхідно організувати очищення повітря. Вона поділяється на два основних типи:

1. Очищення припливного повітря, що подається в приміщення системою вентиляції. При цьому, очищати припливне повітря слід вже в тому випадку, коли його запиленість перевищує 30% ГДК пилу в робочій зоні приміщення.

2. Очищення витяжного повітря, яке видаляється з приміщення. При цьому для забезпечення чистоти повітря в робочій зоні приміщення слід організувати забір повітря безпосередньо у місцях його найбільшого забруднення (система аспірації). На деяких видах виробництва запилене повітря може мати у своєму складі пил, яка є продуктом виробництва. Уловлювання такого виду пилу несе за собою не тільки екологічну, а й економічну навантаження.

5.3 Висновки до п'ятого розділу

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	87/96

Було проаналізовано охорону праці на підприємстві та описані заходи щодо збереження навколишнього середовища та актуальні питання екологічної політики. Під цим мається на увазі збереження води, енергії та екосистеми, зменшення викидів парникових газів, мінімізація відходів виробництва, проведення екологічно безпечної господарської діяльності.

Головні заходи щодо збереження екології на виробництві це:

1. Очистка використаного на осадження гуміарабіку етанолу, який можна відфільтрувати та використовувати на осадження наступної партії камеді, що кардинально вплине на економічну складову.
2. Очистка відпрацьованого повітря за допомогою фільтрів.

ВИСНОВКИ

1. Основними сферами застосування гуміарабіку являється харчова промисловість, а саме кондитерська, також косметична та фармацевтична.
2. Охарактеризовано ринок даної добавки та показано, що він зріс у 4 рази за останні 20 років.
3. Завдяки фізіологічним ефектам, притаманним головній фракції гуміарабіку – арабіногалактану, можливим є створення нових функціональних продуктів на основі даної добавки.
4. Проаналізовано основні технології отримання й очистки гуміарабіку, розроблено оптимальну принципову технологічну схему виробництва гуміарабіку з поєднанням декількох способів на основі сучасних технологій.
5. Розраховано матеріальний баланс для виробничої ділянки з виходом готового продукту 1349,1 кг з 1500 кг необробленої камеді, що складає 89,94 %.
6. Підібрано технологічне обладнання для виробництва очищеного гуміарабіку та розроблено апаратурно-технологічну схему. Розраховано та виконано креслення центрифуги ФПН, в якій відбувається один з основних процесів очищення гуміарабіку.
7. Розраховано техніко-економічну ефективність, де собівартість очищеного гуміарабіку становить 593366,4 грн за 1 тону готового продукту, що є нижче середньої ціни на ринку, отже, може забезпечити конкурентноспроможність очищеного готового продукту.
8. Запропоновано поняття ‘ресайклінг’, яке характеризується здійсненням будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною властивостей відходів виробництва, з метою повторного використання та збереженням навколишнього середовища.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Подлубний Я.Ю.	Назва, додаткова назва	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.008.КР.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Носенко Т.Т.	ВИСНОВКИ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				01.05.2025	ua	89/96

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Idris, O.H.M. ‘What is Gum Arabic? An Overview’, Int. J. Sudan Research, Vol. 7, No. 1, – 2013. – p.1-14.
2. FAO. Gum arabic // Food and Nutrition – Paper 52, – 1999.
3. Williams, P.A.; Philips, G.O. Gum arabic. In Handbook of hydrocolloids, G. O. Philips, P.A.W., Ed. Boca Raton: CRC Press: – 2000. – p. 155-168.
4. Idris, O.H.M.; Williams, P.A.; Phillips, G.O. Gum arabic's journey from tree to end user. In Gum arabic, Kennedy, J.; Williams, P., Eds. RSC Publishing: Cambridge, – 2012.
5. Verbeken D.; Dierckx S.; Exudate gums: Occurrence, production, and applications. Applied // Microbiology Biotechnology 63, 10-21. – 2003.
6. Peter Anthony Williams. Polysaccharide Ingredients: Gum Arabic // Centre for Water Soluble Polymers, Glyndwr University, Wrexham, UK. – 2016. – doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03254-6.
7. Eqbal Dauqan, Aminah Abdullah. Utilization of Gum Arabic for Industries and Human Health // American Journal of Applied Sciences 10 (10): 1270-1279, 2013. – doi:10.3844/ajassp.2013.1270.1279.
8. Gaudiose Mujawamariya, Kees Burger, Marijke D’Haese. Quality of Gum Arabic in Senegal. // Quarterly Journal of International Agriculture 51 (2012), No. 4: 357-383.
9. Commodities at a glance ‘Special issue on gum arabic’ №8 © New York and Geneva 2018, United Nations (United Nations Conference on Trade and Development. UNCTAG). – p.83
10. Dickinson E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. Food Hydrocolloids, v. 23, – 2009. – p. 1473–1482.
11. Heinz Röhle, Mohamed El Mukhtar Ballal. Management of Natural Stands of Acacia seyal Del. variety seyal (Brenan) for Production of Gum Talha, South Kordofan, Sudan. – p.124

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О.	Вид документа П	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Подлубний Я.Ю. Документ затверджено Носенко Т.Т.	Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.008.КР.ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				01.05.2025	ua	90/96

12. J. F. Kennedy, G. O. Phillips, P. A. Williams. Gum Arabic // Royal Society of Chemistry; Hardback, – 2011. – 372 p.
13. Verbeken D., Dierckx S., Dewettinck K. Exudate gums: occurrence, production, and applications // Applied Microbiology and Biotechnology, 63(1), 10–21. – 2003. – doi:10.1007/s00253-003-1354-z.
14. Zhang F.; Luan T.; Kang D.; Jin Q.; Zhang H.; Yadav M. Viscosifying properties of corn fiber gum with various polysaccharides. Food Hydrocolloids, V. 43, – 2015. – p. 218-227
15. Badreldin H. Ali, Amal Ziada, Gerald Blunden Biological effects of gum arabic: A review of some recent research, Food and Chemical Toxicology 47 – 2009. – p.1–8.
16. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee On Food Additives Forty-eighth Session /Xi'an, China, Proposals for Additions and Changes to the Priority List of Substances Proposed for Evaluation by JECFA – 2016. – p.1–12.
17. Marina Atgie. Composition and structure of gum Arabic in solution and at oil-water interfaces // Doctorat De L'université De Toulouse – 2018. – p.1–163.
18. Оболкіна В.І., Олексієнко Н.В., Кепканов Ю.А. Перспективи застосування гуміараїбку при створенні нового асортименту кондитерських виробів // Хлібний та кондитерський бізнес №8, жовтень – 2018. – с. 32-34.
19. Lingyu Han, Bing Hub, Ruixiang Ma, Zhiming Gao, Katsuyoshi Nishinari, Glyn O. Phillips, Jixin Yang, Yapeng Fang. Effect of arabinogalactan protein complex content on emulsification performance of gum arabic // Carbohydrate Polymers – 2019. – p.1-7.
20. Bing Hua, Lingyu Han, Zhiming Gao, Ke Zhang, Saphwan Al-Assaf, Katsuyoshi Nishinari, Glyn O. Phillips, Jixin Yang and Yapeng Fang. Effects of Temperature and Solvent Condition on Phase Separation Induced Molecular Fractionation of Gum Arabic // Hyaluronan Aqueous Mixtures. – 2018. – p. 1-27. – doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.05.073

- 21.M. Nishino, T. Katayama, M. Sakata, S. Alassaf, G.O. Phillips. Effect of AGP on Emulsifying Stability of Gum Arabic, (2011) 269-274.
- 22.B.N. Chikamai, W.B. Banks, A. Dmw, W. Weiping. Processing of gum arabic and some new opportunities, Food Hydrocolloids,10. – 1996. – p. 309-316.
- 23.Sheweta Barak, Deepak Mudgil1, Shelly Taneja. Exudate Gums: Chemistry, Properties & Food Applications. A Review. – p.1-33. – doi:10.1002/jsfa.10302
- 24.Zeinab Mohamed Hammad, Mohammed Hamed Mohammed. Management Practices of Gum Arabic Producing Trees. –2018. – p.1-13. – doi.org/10.1016/B978-0-12-812002-6.00002-6.
- 25.Abelkareem A. Ahmed. Health Benefits of Gum Arabic and Medical Use. Gum Arabic. –2018. – p.1-28. – doi.org/10.1016/B978-0-12-812002-6.00016-6.
- 26.Olatunji Ololade. Processing and Modification of Gum Arabic in Specific Applications. Gum Arabic. –2018. – p.1-16. – doi.org/10.1016/B978-0-12-812002-6.00011-7.
- 27.Nawal Abdel-Gayoum Abdel-Rahman, Inaam Awad Ismail, Muna Mohamed Mustafa. Processing of a Highly Purified Grade of Gum Arabic From Gum Dust. Gum Arabic. –2018. – p.1-7. – doi.org/10.1016/B978-0-12-812002-6.00010-5.
- 28.Каліновська Т.В., Вайсеро О.О., Кохан О.О., Оболкіна В.І. Дослідження функціональних властивостей гідроколоїдів з метою застосування у виробництві цукеркових мас. – 2013. – с. 1-12.
- 29.Didier Muller, Chidume Okoro. Production and Marketing of Gum Arabic // NGARA Publication Series 2. – 2004.– p.1-89.
- 30.Charles L. Mantell. Technology of Gum Arabic. Natural Plant Hydrocolloids // – p.1-13.– doi: 10.1021/ba-1954-0011.ch005.
- 31.Scientific Documentation GU117, Acacia, Milled Powder, NF. P.1-28 (2016)// Spectrum Chemical Mfg Corp. ISO 9001: 2008.
- 32.Препарат гуміарабіку «FIBREGUM В» як перспективний фізіологічно-функціональний харчовий інгредієт / Гураль Л. С., / Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

33. Edwards W.P. Gums and gelling agents // Sugar Confectionery Manufacture / E. B. Jackson (eds). – London: Blackie Academic and Professional, – 1995. – p. 38-61.
34. Пищевые загустители, стабилизаторы и гелеобразователи / А. Аймесон (ред.-сост.); пер. с англ. С. В. Макарова. – Санкт-Петербург: Профессия, – 2012. – 407с.
35. Randall R. C., Phillips G. O., Williams P.A. The role of the proteinaceous component on the emulsifying properties of gum Arabic // Food Hydrocolloids, – 1998. – p.131-140.
36. Risch S. J. Encapsulation: overview of uses and techniques // Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients / S. J. Risch and G. Reineccius (eds). – ACS Symposium Series 590. – Washington, DC: American Chemical Society, – 1995. – p. 2-7.
37. Cherbut C., Michel C., Raison V., Kravtchenko T., Meance S. Acacia gum is a bifidogenic dietary fiber with high digestive tolerance in healthy humans // Microbial Ecology in Health and Disease, – 2003, – p.43-50.
38. Sharma R. D. Hepoglycemic effect of gum acacia in healthy human subjects // Nutrition Research, – 1985. – p.1437-1441.
39. Hills S. New gum Arabic calorie count a boost to formulation // Food Navigator, – 2008.
40. Meance S. Health effects and food application of Acacia Gum, Fibregum – Part 2 // Agro Food Industry Hi-Tech, – 2004. –p.32-35.
41. Про Основні напрями дер. політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки – [Електронний ресурс] – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/188/98>
42. Verónica Mejía Tamayo. Volumetric properties of Arabinogalactan-proteins from Acacia Gum. Food engineering. Université Montpellier – 2018. – p.220.
43. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч. посіб. / За ред. проф. І.Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2012. – 543 с.

44. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості/ Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. За ред. В. Г. Мирончука. Підручник . – Вінниця: Нова книга , 2007. – 648 с.
45. Розрахунки обладнання підприємств харчової і переробної промисловості: // Мирончук В . Г , Орлов Л . О , Українець А . І . та ін .Вінниця , 2004 – 286 с.
46. Семенов, Г. А. Дипломне проектування з економіки підприємства: навч. посіб. / Г. А. Семенов, М. Г. Пивоваров, А. Г. Семенов. — К. : Центр уч. літ., 2007. — 124 с.
47. Технічні характеристики повітряного сепаратора-просіювача. [Електронний ресурс] – <https://www.olis.com.ua/ukr>
48. Сепаратор магнітний вихреструмний типу ВС. [Електронний ресурс] – http://www.prodecolog.com.ua/production/magnetic_separators/eddy_current/vs/
49. VSEE BRAND Сортивальна машина Gum Arabic. [Електронний ресурс] – https://ahvision.en.alibaba.com/product/60617881533804594033/VSEE_BRAND_Gum_Arabic_Sorting_machine.html
50. Кольоровий сортувальник арабської гуми. [Електронний ресурс] – <http://www.metakcolorsorter.com/blog/2016/07/colour-sorter-for-sorting-gum-arabic/>
51. Щокова дробарка. [Електронний ресурс] – <https://prom.ua/p586966286-schekovaya-drobilka-mecka.html>
52. Центрифуга ФПН-1251-Л-07. [Електронний ресурс] – <https://texnogaz.ru/centrifuga-fpn-1251l-07>
53. Практикум з дисципліни «Технологічне обладнання галузі» / Уклад.: О.М. Чепелюк, С.Д. Беседа, В.М. Таран, І.Г. Бабанов. – К.: НУХТ, 2011. – 113 с.
54. Каталог центрифуг [Електронний ресурс] – http://frunze.com.ua/wp-content/uploads/2017/09/sumy_npo_centrifuges_FPN.pdf
55. Гранулятор універсальний ГР-1 для сухого та вологого гранулювання. [Електронний ресурс] – harmpravka.ru/farmatsevticheskoe-

oborudovanie/oborudovanie-dlya-proizvodstva-i-fasovki-tabletok/granulyator-universalnyi.html

56. Контроль якості продукції. [Електронний ресурс] – <https://uk.wikipedia.org/wiki/>

57. Сертифікат безпеки продукції. [Електронний ресурс] – https://agrigum.ru/glava_2_16-38.htm

58. Попова Н. В., Арсеньєва Л. Ю., Мисюра Т. Г. Контроль якості та безпечності продукції галузі: Курс лекцій для студ. напряму 6.051701 "Харчові технології та інженерія" ден. та заоч. форм навч. — К.: НУХТ, 2012. — 175 с.

59. Специфікація: Пищевая добавка Гуммиарабик (E414) [Електронний ресурс] – <https://modern-products.ru/sysfiles/files/gummiarabic.pdf>

60. Охорона навколишнього середовища на підприємстві – один з факторів безпечних умов праці. [Електронний ресурс] – https://bmr.gov.ua/index.php?id=800000125&tx_news_pi1%5Bnews%5D=8539&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=982392b12f4386f94eb5fc4ac9245eea

61. Є.І. Жикевич., інженер з охорони навколишнього середовища. ТОВ «НВП «СНАМІН». Реєстр ризиків, які впливають на навколишнє природне середовище та управління ними. № документа: 2.1.5-UA 2019/05 – с.1-20.

62. Є.І. Жикевич., інженер з охорони навколишнього середовища. ТОВ «НВП «СНАМІН». Інструкція щодо контролю за якістю стічних вод та дій компанії у разі перевищень ГДК забруднюючих речовин. № документа: 3.8-UA 2019/08 – с.1-8.

63. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання /уклад.: О.Г Макаренко, О.В Подобій, Т.М. Бойчук та ін. – К.: НУХТ, 2020. – 66 с.

Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	01.05.2025	ua	95/96

64.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.