

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра біоінженерії і води



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему: **РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ**
ВИРОБНИЦТВА ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ НА ОСНОВІ
ПРОДУЦЕНТА *Aspergillus niger*.

Здобувачки **Циганкової С.В.**

IV курс, група БіО-48

Керівник к.т.н., доц. Палвашова Г.І.

Консультанти:

к.е.н., доц. Крупіна С.В.

д.т.н., доц. Зиков О.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від ____ червня 2023 р., протокол № ____

Завідувачка кафедри БіВ _____ Олена КОВАЛЕНКО

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Технології вина та туристичного бізнесу
Кафедра	Біоінженерії і води
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	Біотехнологія та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнологія та біоінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

Олена КОВАЛЕНКО

« _____ » _____ 2023 р

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА ЦИГАНКОВОЇ СВІТЛАНИ ВІКТОРІВНИ

1.Тема роботи: РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУЦЕНТА *Aspergillus Niger*

Затверджена наказом академії від 13 вересня 2022 року наказ № 565-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 14 червня 2023 року

3. Вихідні дані роботи:

Асортимент: Лимонна кислота моногідрат,

Фасування: у льоно-джуто-кенафні мішки зі внутрішнім вкладишем із поліетиленової плівки по 40 кг.

Продуктивність: $G_{нд} = 2000$ кг, робочий цикл здійснюється за 300 днів на рік.

4.Перелік питань, які потрібно розробити: Анотація. Техніко-економічне обґрунтування отримання лимонної кислоти. Аналіз стану ринку виробництва лимонної кислоти в Україні. Наукова частина. Огляд літературних джерел. Характеристика посівного матеріалу. Характеристика поживних середовищ. Технологічна частина проєкту. Технологічна схема. Опис технологічних процесів. Схема постадійного контролю. Вимоги до якості готової продукції. Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс. -технічна частина. Економічна частина. Розрахунок економічної ефективності проєкту. Охорона праці та навколишнього середовища. Охорона праці. Охорона навколишнього середовища. Перелік джерел посилання. Додатки.

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

1. Аркуш 1 - План цеху та повздовжній переріз
2. Аркуш 2 -Технологічна схема виробництва лимонної кислоти
3. Аркуш 3 - Апаратурно-технологічна схема виробництва лимонної кислоти
4. Аркуш 4 - Монтажний лист обладнання (Кристалізатор)
5. Аркуш 5 – Техніко-економічні показники проєкту

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технологічна частина	к.т.н.доц., Палвашова Г.І.	7.02.2023	14.06.2023
Економічна частина	к.е.н.доц., Крупіна С.В.	7.02.2023	14.06.2023
Інженерно-технічне забезпечення	д.т.н.доц., Зиков О.В.	7.02.2023	14.06.2023

7. Дата видачі завдання 7 лютого 2023 року

Керівник _____ Палвашова Ганна Ігорівна

Завдання прийняв до виконання _____ Циганкова Світлана Вікторівна

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Анотація. Техніко-економічне обґрунтування отримання лимонної кислоти	01.03 – 12.03	Виконав
2.	Наукова частина. Огляд літературних джерел за темою проєкту	12.03 – 20.03	Виконав
3.	Технологічна частина. Технологічна схема. Опис технологічних процесів.	20.03 – 27.03	Виконав
4.	Схема постадійного контролю. Вимоги до якості готової продукції	28.03 - 05.04	Виконав
5.	Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс.	06.04 – 12.04	Виконав
6.	Економічна частина. Розрахунок економічної ефективності проєкту. Розрахунок виробничої програми.	13.04 – 30.04	Виконав
7.	Інженерно-технічне забезпечення проєкту	13.04 – 30.04	Виконав
8.	Охорона праці та навколишнього середовища	13.04 – 30.04	Виконав
9.	Перелік джерел посилання. Додатки	01.05 – 07.05	Виконав
10.	Оформлення РПЗ	08.05 – 30.05	Виконав

Здобувач-дипломник _____ Циганкова Світлана Вікторівна

Керівник роботи _____ Палвашова Ганна Ігорівна

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Циганкова Світлана Вікторівна

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ	10
Розділ 1. Техніко-економічне обґрунтування проєкту	12
1.1 Аналіз стану ринку виробництва лимонної кислоти в Україні	12
1.2 Техніко-економічне обґрунтування отримання лимонної кислоти	13
Розділ 2. Наукова частина. Огляд літературних джерел за темою проєкту	15
2.1 Характеристика посівного матеріалу	17
2.2 Характеристика поживних середовищ	19
Розділ 3. Технологічна частина проєкту	22
3.1 Технологічна схема	22
3.2 Опис технологічних процесів	25
3.3 Схема постадійного контролю	33
3.4 Вимоги до якості готової продукції	37
3.5 Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс виробництва лимонної кислоти	39
Розділ 4. Інженерно-технічна частина	47
4.1 Інженерно – технічне забезпечення проєкту	47
4.2 Підбір технологічного обладнання	51
4.3 Розрахунки основного технологічного обладнання	54
Розділ 5. Економічна частина проєкту	59
5.1 Розрахунок економічної ефективності проєкту	59
Розділ 6. Охорона праці та навколишнього середовища	67
6.1 Охорона праці	67
6.2 Охорона навколишнього середовища	79
Висновки	80
Перелік джерел посилання	81
Додатки	83
Додаток А1. План цеху та повздовжній переріз	84
Додаток Б Технологічна схема виробництва лимонної кислоти	86
Додаток В Апаратурно-технологічна схема виробництва лимонної кислоти	88
Додаток Г Монтажний лист обладнання (Кристалізатор)	90
Додаток Д Техніко-економічні показники проєкту	92

Посада	Прізвище	Підпис	Дата	КРБ.БіВ.1.513-03.2.2			
Студент	Циганкова С.В.		14.06.23				
				Розробка проєктних рішень для виробництва лимонної кислоти з використанням продуцента <i>Aspergillus Niger</i>	Стадія	Арк	Архив шів
Консул.	Крупіна С.В.		14.06.23		КРБ	3	92
					ОНТУ гр. БіО-48		
Керівник	Палвашова Г.І.		14.06.23				
Зав. каф.	Коваленко О.О.						

АНОТАЦІЯ

За останні роки виробництво органічних кислот з сільськогосподарської продукції має потенціал стати важливим напрямом у виробництві біопродуктів. Це може сприяти розвитку стійкого та екологічно чистого сільського господарства, зменшенню залежності від нафтопродуктів та зменшенню викидів парникових газів.

Процес ферментації використовує мікроорганізми, такі як бактерії або гриби, що мають здатність розщеплювати вуглеводи у присутності певних умов, таких як оптимальна температура та рН середовища. Ці мікроорганізми виробляють органічні кислоти як продукт метаболізму вуглеводів.

Харчова добавка E330 являє собою лимонну кислоту, яка відноситься до органічних кислот і є природним консервантом. Це слабка триосновна кислота, що представляє собою речовина кристалічної структури, що володіє білим кольором. Добавка E330 добре розчиняється у воді і етиловому спирті і малорозчинна в діетиловому ефірі.

Лимонну кислоту в основному виробляють шляхом ферментації цукробурякової або тростинної меляси, зазвичай використовуючи як плісняву Аспергілл чорний (*Aspergillus niger*). Після ферментації лимонну кислоту відокремлюють від суміші шляхом осадження з використанням вапна або карбонату кальцію з подальшим фільтруванням. Цитрат кальцію промивають і розчиняють за допомогою сірчаної кислоти з утворенням неочищеної лимонної кислоти, тоді як кальцій осаджується у вигляді гіпсу (CaSO_4) і відфільтровується. Нарешті, неочищена лимонна кислота знебарвлюється та демінералізується, щоб відповідати стандартам якості харчових продуктів.

Незважаючи на те, що виробництва лимонної кислоти в Україні немає і ринок представлений імпоротною продукцією, Україна має потенціал для розвитку виробництва лимонної кислоти за рахунок наявності значної сировинної бази. Кукурудза і пшениця, які є основними вирощуваними

зерновими культурами в країні, можуть бути використані для виготовлення лимонної кислоти.

Важливою потребою для відродження та розвитку власного виробництва лимонної кислоти в Україні є відповідне сприяння з боку уряду та зацікавленості підприємців. Необхідні інвестиції, підтримка науково-дослідних робіт і створення сприятливих умов для розвитку цієї галузі.

Мета роботи - розробка проєктних рішень для виробництва лимонної кислоти глибинним методом культивування на основі продуцента мікробної клітини *Aspergillus niger*;

Для досягнення поставленої мети визначенні наступні **завдання**:

- провести літературний пошук та розглянути біотехнологічні аспекти виробництва лимонної кислоти;
- обґрунтувати вибір штаму-продуцента *Aspergillus niger* для виробництва лимонної кислоти;
- підібрати оптимальний склад поживного середовища;
- скласти матеріальний баланс виробництва та провести продуктивний розрахунок виробництва лимонної кислоти на основі продуцента культури *Aspergillus niger*;
- розробити технологічну схему виробництва лимонної кислоти з параметрами;
- підібрати відповідне енергоощадне технологічне обладнання;
- запропонувати апаратурно-технологічну схему виробництва лимонної кислоти;
- розробити заходи щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища.
- запропонувати шляхи і способи утилізації відходів.

Робота складається з 84 сторінок друкованого тексту. В ній використовується 18 таблиць та 2 рисунка, використано 36 літературних джерел для написання роботи.

В розділі 1, описується техніко-економічне обґрунтування з виробництва лимонної кислоти і наведений аналіз ринку виробництва лимонної кислоти на основі продуцента *Aspergillus niger*.

В розділі 2, проведена наукова частина, огляд джерел, перспективні напрямки, опис поживного середовища та посівного матеріалу.

В розділі 3, зображена технологічна схема, описується технологія виробництва лимонної кислоти, наведено продуктивний розрахунок дипломного проєкту, інженерно-технологічне забезпечення. В розділі наведено таблиці та 1 рисунок технологічної схеми.

В розділі 4, описується економічна частина і розрахунок економічної ефективності. В розділі наведено 7 таблиць.

В розділі 5, описується охорона праці та навколишнього середовища. В розділі наведено 6 таблиць.

Об'єкт дослідження – глибинний спосіб виробництва лимонної кислоти на основі продуцента культури *Aspergillus niger*

Предмет дослідження – посівний матеріал та поживні середовища для культивування продуцента *Aspergillus niger*;

Ключові слова: лимонна кислота, біосинтез, продуцент, *Aspergillus niger*, поверхневий метод, глибинний метод, культивування, субстрат.

ABSTRACT

In recent years, the production of organic acids from agricultural products has the potential to become an important direction in the production of bioproducts. This can contribute to the development of sustainable and ecologically clean agriculture, reducing dependence on oil products and reducing greenhouse gas emissions.

The fermentation process uses microorganisms, such as bacteria or fungi, that have the ability to break down carbohydrates in the presence of certain conditions, such as the optimal temperature and pH of the environment. These microorganisms produce organic acids as a product of carbohydrate metabolism.

Food supplement E330 is citric acid, which belongs to organic acids and is a natural preservative. This is a weak tribasic acid, which is a substance with a crystalline structure and a white color. Additive E330 dissolves well in water and ethyl alcohol and is slightly soluble in diethyl ether.

Citric acid is mainly produced by fermentation of sugar beet or cane molasses, usually using *Aspergillus niger* as a mold. After fermentation, citric acid is separated from the mixture by precipitation using lime or calcium carbonate followed by filtration. The calcium citrate is washed and dissolved with sulfuric acid to give crude citric acid, while the calcium is precipitated as gypsum (CaSO_4) and filtered off. Finally, the crude citric acid is decolorized and demineralized to meet food grade standards.

In Ukraine, the main raw materials for the production of citric acid can be wheat and corn.

Despite the fact that there is no citric acid production in Ukraine and the market is represented by imported products, Ukraine has the potential to develop citric acid production due to the presence of a significant raw material base. Maize and wheat, which are the main crops grown in the country, can be used to make citric acid.

An important need for the revival and development of the own production of citric acid in Ukraine is the appropriate assistance from the government and the

interest of entrepreneurs. Investments, support for scientific research and creation of favorable conditions for the development of this industry are necessary.

The purpose of the work

Development of project solutions for the production of citric acid

To achieve the goal, the following tasks are defined:

- conduct a literature search and consider the biotechnological aspects of citric acid production;
- justify the choice of the producer strain *Aspergillus niger* for the production of citric acid;
- choose the optimal composition of the nutrient medium;
- draw up a material balance of production and conduct a product calculation of citric acid production based on the *Aspergillus niger* culture producer;
- to develop an equipment-technological scheme for the production of citric acid based on;
- choose appropriate hardware;
- develop measures for labor protection and environmental protection.

The work consists of 81 pages of printed text. It uses 18 tables and 2 figures, used 36 literary sources for writing the work.

In section 1, the technical and economic justification for the production of citric acid is described and the analysis of the market for the production of citric acid based on the producer *Aspergillus niger* is given.

In section 2, the scientific part is carried out, a review of sources, promising directions, a description of the nutrient medium and seed material.

In section 3, the technological scheme is depicted, the production technology of citric acid is described, the product calculation of the diploma project, engineering and technological support are given. The section contains tables and 1 diagram of the technological scheme.

In section 4: describes the economic part and the calculation of economic efficiency. The section contains 7 tables.

In section 5: describes labor and environmental protection. The section contains 6 tables.

The object of the study is the in-depth production method of citric acid based on the *Aspergillus niger* culture producer

The subject of the study is seed material and nutrient media for the cultivation of the producer *Aspergillus niger*;

The purpose of the work is to study the production of citric acid by the deep cultivation method based on the microbial cell producer *Aspergillus niger*;

Key words: citric acid, biosynthesis, producer, *Aspergillus niger*, surface method, deep method, cultivation, substrate.

ВСТУП

Харчова промисловість традиційно є основним споживачем виробленої шляхом бродіння солодких відходів цукрового виробництва кислот, оскільки продукти природного бродіння мають переваги порівняно з хімічно синтезованими та не містять токсичних для організму людини домішок. Лимонна кислота є широковживаною нешкідливою харчовою добавкою (E330), крім того, її застосовують у медицині, кондитерській промисловості, друкарській справі тощо. Основною метою виробництва лимонної кислоти є досягнення високого виходу за допомогою методів біосинтезу

Промислове виробництво лимонної кислоти можна розглядати як процес, що складається з двох етапів – росту міцелію гриба та синтезу лимонної кислоти. На кожному з етапів культура чутлива до різних фізико-хімічних факторів, таких як склад та співвідношення компонентів середовища, аерація, рН середовища, температура тощо. Ефективний вплив тих або інших факторів, що стимулюють утворення лимонної кислоти грибом *Aspergillus niger*, значною мірою визначається фізіолого-біохімічними особливостями самої культури, а також технологічними параметрами процесу культивування

Коли всі необхідні компоненти мінерального живлення присутні в повноцінному середовищі, культура має достатні ресурси для росту і розвитку, і синтез необхідних речовин відбувається з оптимальною швидкістю. Однак, коли деякі компоненти стають обмежуючими факторами, наприклад, через вичерпання джерела вуглецю, азоту або інших необхідних поживних речовин, культура має здатність активувати альтернативні шляхи синтезу та компенсувати недостачу ресурсів.

Цей механізм саморегуляції метаболізму називається метаболічною адаптацією. Він дозволяє культурі підтримувати метаболічну активність та функціонування, навіть за умов обмеженого середовища. Мікроорганізми можуть переключати свої метаболічні шляхи, змінювати вибір енергетичних

джерел і оптимізувати використання доступних ресурсів, щоб забезпечити своє виживання та розвиток.

Промислове виробництво лимонної кислоти можна здійснювати трьома різними способами: поверхневим культивуванням грибів, глибинним культивуванням і твердофазною ферментацією, що має назву «процес Коджі».

Загалом, твердофазна ферментація (процес Коджі) є простим та ефективним способом виробництва лимонної кислоти. Стерилізується зволожений субстрат, розливається у кювети та інокулюється спорами гриба. На початку ферментації рН становить 5,5. Ферментація триває 4-5 днів

Сировиною може бути такі відходи як:

- Пшеничні, рисові висівки,
- Овочеві, фруктові відходи.

Поверхневий та глибинний методи ферментації все ще застосовуються, але на сьогодні значна увага надається глибинному методу.

Глибинний метод ферментації є ще одним підходом до виробництва лимонної кислоти і забезпечує можливість використання різноманітної вуглецевмісної сировини. Цей метод дозволяє проводити ферментацію в стерильних умовах, що є важливим для переходу до безперервного та механізованого процесу.

Також останнім часом зростає використання лимонної кислоти у миючих засобах через її біологічний розклад та заміну фосфату. Це пов'язано зі світовими тенденціями щодо охорони навколишнього середовища, і прогнозується подальше збільшення застосування лимонної кислоти в виробництві побутових та промислових хімікатів.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Світовий ринок лимонної кислоти знаходиться під значним впливом китайських виробників, які часто застосовують, для завоювання нових ринків та досягнення мети повного домінування.

Проте країни G7 досить успішно протистоять китайській експансії шляхом введення жорстких антидемпінгових заходів. Наприклад, Європейський Союз своїм останнім рішенням від 14 квітня 2021 року підвищив мита на лимонну кислоту, що ввозиться з Китаю до 50%.

Проте, при щорічній ємності ринку 600 тис. т, країни ЄС лише наполовину покривають потребу власним виробництвом. У Європі сьогодні працюють лише два виробника — компанії Jungbunzlauer (Австрія) та Citrique Belge (Бельгія), які вичерпали місцеві можливості нарощування виробництва. Близько 300 тис. т лимонної кислоти щорічно імпортується в ЄС переважно з Китаю [1].

1.1. Аналіз стану ринку виробництва лимонної кислоти в Україні

Ринку лимонної кислоти багато років були характерне щорічне стабільне зростання споживання 5-7 %. Згідно з прогнозами, до 2028 року ринок лимонної зростатиме щорічно в середньому на 4,8%. На думку аналітиків, ця тенденція збережеться в довгостроковому періоді.

Моніторинг ринку лимонної кислоти показало, що виробництво в Україні відсутнє. Ринок заповнюється виключно за рахунок імпорту. Останній завод, що знаходився у м. Сміла Черкаської області було ліквідовано у 2013 році, тому вся кислота є імпортною. Основним експортером лимонної кислоти у світі є Китай, який зайняв і ринок України також. Актуальність роботи зумовлена наявністю щонайменше 17

найменувань препаратів компанії «Фармак», в склад яких входить лимонна кислота у вигляді моногідрату або безводної речовини.

У той же час в нашій країні в значних обсягах вирощується пшениця і кукурудза, які є основною сировинною базою для виробництва лимонної кислоти мікробіологічним шляхом.

Тому виробництво лимонної кислоти в Україні цілком перспективно і економічно вигідно.

Є всі підстави вважати, що за правильної організації виробництва та стратегії збуту продукції заводи лимонної кислоти в Україні зможуть успішно експортувати свою продукцію.

1.2. Техніко-економічне обґрунтування отримання лимонної кислоти з використанням *Aspergillus niger*.

У дипломному проєкті наведені розрахунки для створення виробництва і реалізації лимонної кислоти з використанням грибків *Aspergillus niger*. Опрацьована ситуація на ринку, закордонне та вітчизняне виробництво лимонної кислоти.

Лінія отримання лимонної кислоти планується на території біотехнологічного заводу, як прив'язка технологічного цеху у комплексне виробництво біотехнологічних препаратів.

Лимонна кислота - це органічна кислота, розчинна у воді, спирті і ефірі. У воді лимонна кислота дисоціює, її аніон називають цитратом. Лимонна кислота є трьохосновною оксикислотою, яка кристалізується з водних розчинів з однією молекулою води у вигляді безбарвних прозорих ромбічних призм. В організмі людини при обміні речовин лимонна кислота утворюється під час розщеплення жирів і вуглеводів. Це білий, без запаху, кристалічний порошок з приємним м'яким кислим смаком.

Протягом останніх десятиліть у нашій країні та за її межами стрімко набули розвитку такі напрямки промислової біотехнології як виробництво антибіотиків, вітамінів, амінокислот, ферментів, органічних кислот та інших цільових продуктів. Особлива увага у виробництві органічних кислот

приділяється харчовим кислотам – лимонній, молочній, яблучній, оцтовій та іншим.

Із органічних кислот, отриманих мікробіологічним способом, лимонна кислота завдяки своїм смаковим якостям і фізико-хімічним властивостям найбільше застосовується у ряді галузей.

За даними аналітиків в Україні, серед інших культур, одними з найбільш вирощуваних є кукурудза і пшениця, і які можуть бути сировиною для виготовлення лимонної кислоти, галузь цілком забезпечена сировиною і перспективна[2].

Пандемія COVID-19 та пов'язана з нею карантинні обмеження призвела до зниження ділової активності вплинули на багато галузей, включаючи виробництво лимонної кислоти. Загальне зменшення виробництва у 2020 році могло призвести до скорочення обсягів споживання лимонної кислоти.

Однак в Україні є велика сировинна база, зокрема кукурудзи та пшениці, яка є сировиною для виробництва лимонної кислоти.

З урахуванням перспективних можливостей сировинної бази та наявності важливих культур для виробництва лимонної кислоти галузь може розвиватися і зростати у майбутньому. Важливо сприяти розвитку цієї галузі, залучати інвестиції та забезпечувати сприятливі умови для підприємств, які займаються виробництвом лимонної кислоти на території України.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВА ЧАСТИНА

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ПРОЄКТУ

Відкрита в 1784 році, лимонна кислота є білим кристалічним порошком, без запаху, добре розчинний у воді.

У природі лимонна кислота є природною фруктовією кислотою, що міститься в цитрусових, чорній смородині, малині та досить часто зустрічається у незрілих плодах цитрусових, ананасів, груш, інжиру, брусниці, журавлини.

В хімічному відношенні вона належить до класу ациклічних оксикислот, такої як трикарбонова при заміщенні водню в одному її радикалі спиртовим гідроксилом[3].

Лимони та апельсини були головними джерелами природної (рослинної) лимонної кислоти. Але, по-перше, лимони містять не так багато кислоти (до 9 відсотків), а по-друге, лимони самі по собі — цінний продукт. І ось знайшлося інше джерело та спосіб отримання лимонної кислоти. Пліснявий гриб *Aspergillus niger* - інакше чорна пліснява - чудово справляється з таким завданням.

Спосіб цей є досить вигідним, з лимонів, зібраних з одного гектара, можна отримати близько 400 кілограмів лимонної кислоти, а з цукру, виробленого з цукрових буряків з тієї ж площі, гриби дають його понад півтори тони - Це Вчетверо більше!

Біохімічний спосіб виробництва лимонної кислоти полягає в зброджуванні цукру в лимонну кислоту пліснявими грибами *Aspergillus niger* і основною сировиною для виробництва лимонної кислоти є меляса.

Вирішальними чинниками реалізації біохімічного способу виробництва є підібраний штам гриба, правильне співвідношення різних складових частин живильного середовища (цукру і мінеральних солей), величина рН, нормальна аерація культури, температура і достатня вологість[4].

Лимонна кислота позитивно впливає на функціонування організму людини (стимулює роботу підшлункової залози і обмін речовин в організмі, підвищує апетит, сприяє кращому засвоєнню їжі); застосовується у багатьох сферах виробництва, сільському господарстві та медицині[3]. Таке широке її застосування пояснюється наявністю наступних властивостей:

- 1) підкислення і регулювання рН;
- 2) бактеріостатична дія;
- 3) утворення комплексних сполук з металами;
- 4) пластифікація білків і емульгування.

Хочу зазначити, що при виробництві лимонної кислоти з використанням продуцента *Aspergillus niger*, ферментація може проходити поверхневим або глибинним способом. Заводи невеликої або середньої потужності використовують поверхневий спосіб. Глибинний спосіб економічно вигідний тоді, коли потужність підприємства перевищує 2,5 т лимонної кислоти в рік.

Гриби роду *Aspergillus* розмножуються переважно спорами. Потрапивши в сприятливі умови, спори набухають, пробуджуються до життя і проростають надтонкими ниткоподібними ростками - гіфами. Клітини гіфів, що проростають діляться, розростаються і утворюють войлокоподібне сплетіння, яке називається міцелієм. На певній стадії розвитку міцелію відбувається спороутворення[4].

При поверхневому способі ферментація проводиться на відкритих металевих кислотостійких кюветах заввишки 7-20 см, в яких міцелій продуцента розвивається на поверхні середовища. Кювети розміщують на багатоярусних стелажах у спеціальних камерах при температурі 34-36 °С. У камери подають стерильне кондиціоноване повітря. Цикл бродіння закінчується через 8-9 діб.

При глибинному способі міцелій гриба занурений у поживне середовище в ферментерах, туди ж подається стерильне повітря. Тривалість культивування - 5-9 діб при температурі 32°C.

Оптимум рН на стадії кислотоутворення складає 1,7-2,0. В більш лужному середовищі процес зміщується в напрямку утворення щавлевої і глюконової кислот[3].

Згідно з глибинним способом міцелій розподіляється по всьому об'єму бродильного розчину, який при цьому омиває його зі всіх боків. Таким чином створюються більш сприятливі умови для росту і життєдіяльності (кислотоутворення) гриба.

Натепер перевагу віддають глибинному способу, оскільки на відміну від поверхневого він забезпечує майже повну стерильність процесу і можливість створення стійкого технологічного режиму, однакового для всієї маси кислотоутворювального міцелію. До того ж він має й інші переваги, які полягають у зменшенні часу ферментації, більшій можливості для автоматизації і скорочення ручної праці.

Ріст гриба і біосинтез лимонної кислоти за глибинним способом перебігають у спеціальних апаратах - ферментерах. Основні ферментери мають місткість 50 м³. Крім основних у бродильному відділенні є посівні ферментери місткістю 5 м³. Кожний ферментер сполучений повітряною лінією з протибактерицидним фільтром.

Для зброджування глибинним способом готують мелясні розчини двох концентрацій (за цукром): 3-4 % - для приготування посівного міцелію і первинного заповнення основних ферментерів і 25-28 % - для поповнення основних ферментерів у період бродіння (підливний розчин). Перед початком виробничого циклу все обладнання і комунікації ретельно миють водою і стерилізують гострою парою (надлишковим тиском 0,12-0,15 МПа) [4].

2.1. Характеристика посівного матеріалу

Aspergillus niger — це екологічний міцелярний гриб, утворений перегородками гіалінових гіф. Це всюдисущий гриб із поширенням сапрофітного життя у всьому світі.

Такі гриби, як вищі цвілеві з роду аспергіл є одними з найпоширеніших в природі, оскільки вони володіють стійкістю до дії факторів зовнішнього середовища. Гриби аспергіли — це представники класу сумчастих грибів. Природне середовище їх проживання — земля, частіше в місцевостях з теплим кліматом. Аспергіли є аеробами, вони відмінно ростуть на різноманітних субстратах. Часто їх можна побачити на продуктах рослинного походження у вигляді сплющеного пухнастого пофарбованого цвілевого нальоту переважно темно-сірого, блакитного або зеленого кольору.

Цей мікроорганізм використовується для біодеградації промислових відходів, а звідти розробляються речовини і ферменти, які корисні при виробництві великої кількості їстівних і неїстівних продуктів.

Будова аспергілу схожа з будовою цвілевих грибів пеніцилу. Розрізняють вегетативне тіло у вигляді гіллястого міцелію, що пронизує субстрат. Конідієносці, що складаються з однієї клітини, рідше з перегородками, відходять від опорних клітин грибниці. На верхній частині конідієносців розташовані у формі ланцюжків одноклітинні конідії. Пліснявий наліт має таке ж забарвлення, як скупчення зрілих конідій на міцелії. Після дозрівання конідії відламуються від грибниці, переносяться на інше місце і при сприятливих умовах проростають, даючи початок новому організму гриба. Це безстатевий шлях розмноження аспергіл. Деякі види розмножуються статевим шляхом, наприклад, *Aspergillus fumigatus*.

Один із видів аспергилів (*Aspergillus oryzae*) був одомашнений у Китаї наприкінці III століття до нашої ери для перетворення зерна, насіння бобових та інших продуктів із високим вмістом крохмалю у субстрат придатний для зброджування дріжджами або молочнокислими бактеріями. У Китаї культуру цього гриба називають цюй, а в Японії кодзі, і використовують для виготовлення таких продуктів як саке та інші алкогольні напої із рису, пасту місо, соєвий соус тощо.

Але також гриби цього роду здатні продукувати різні ферменти та інші речовини в процесі своєї життєдіяльності, які успішно застосовуються в

різних сферах промисловості. Так, *Aspergillus niger* — біохімічно активний гриб — продукує безліч ферментів. Зокрема, фермент таназа використовується для утворення галової кислоти, яка йде на виробництво фарб, чорнил, деяких медичних препаратів. За допомогою пектолітичних ферментів аспергіла чорного здійснюють освітлення вин та соків, розщеплення на окремі волокна стебел рослин. Ферменти аспергіл дають можливість з крохмалю отримувати кристалічну глюкозу, з інуліну — фруктозу, у ході певних реакцій отримують фумарову, щавлеву, лимонну кислоти.

За допомогою деяких штамів аспергіла чорного синтезують вітаміни — біотин, В1, В2, антибактеріальний препарат фумагілін використовувався для лікування амебіазу, інші лікарські засоби. Види *A. Orizae*, *A. Flavus* в східних країнах використовують для виготовлення соєвого соусу, в Японії — рисової горілки (саке). Корисні властивості гриба аспергіл надзвичайно різноманітні[5].

2.2 Характеристика поживних середовищ

Культивують *Aspergillus niger* використовують агар Сабура-декстрази, дріжджовий екстракт солодовий агар та Чапек. Як правило, необхідно додавати антибіотики, щоб обмежити ріст забруднюючих бактеріальних мікроорганізмів.

Слід уникати використання циклогексиміду як антибіотика в культуральних середовищах, оскільки деякі ліки зазнають впливу на цей препарат.

Після насіння зразки інкубують при кімнатній температурі або 37 ° С. Вони ростуть за 3 - 4 дні.

КОН та чорнило Parker використовуються для візуалізації структур гриба при безпосередньому дослідженні[6].

Характеристика поживного середовища:

Синтез лимонної кислоти досягається за умов росту штаму *Aspergillus niger* на середовищі такого складу (г/л):

Глюкоза – $C_1 = 95,0$;

Хлорид амонію NH_4Cl – $C_2 = 2,0$ – використовується для ферментації і посівного середовища;

Монокалій фосфат KH_2PO_4 – $C_3 = 1,0$ – використовується для ферментації і посівного середовища;

Магній сірчаноокислий $\text{MgO} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – $C_4 = 0,2$ – використовується для ферментації і посівного середовища.;;

Сульфат цинку ZnO – $C_5 = 0,01$ – використовується для ферментації і посівного середовища;

Перманганат MnO_4 – $0,005$ – використовується для ферментації і посівного середовища;

Всього – $C_{\Sigma\phi} = 98,215 \text{ г/л}$.

Посівний матеріал вирощують на поживному середовищі такого складу(г/л):

Меляса $C_1 = C_{\Sigma\phi} = 50$

Вода.

Промислове виробництво лимонної кислоти можна здійснювати трьома різними способами: поверхневим культивуванням грибів, глибинним культивуванням і твердофазною ферментацією, що має назву «процес Коджі».

Хоча поверхневий та глибинний методи ферментації продовжують застосовуватися, глибинний метод зазвичай отримує більшу увагу через його переваги щодо кращого контролю умов та ефективного використання сировини.

Глибинний метод використовує стерильні умови для ферментації. Це дозволяє запобігати забрудненню та контролювати умови росту організмів, що забезпечує високу якість та чистоту продукту. Також, це є важливою передумовою для подальшого переходу на безперервний та повністю механізований процес, де стерильність та контрольовані умови грають важливу роль.

Ці переваги роблять його привабливим в багатьох сферах виробництва лимонної кислоти.

Біотехнологічний процес включає три основні стадії:

- 1 – підготовчу (складається з двох процесів – підготовки поживного середовища і підготовки продуцента);
- 2 – основну (культивування біооб'єкта);
- 3 – заключну (відділення, очищення та модифікація цільового продукту).

Виробництво лимонної кислоти включає такі технологічні етапи: вирощування посівного матеріалу, приготування живильних середовищ (бродильних розчинів), бродіння і виділення із зброджених розчинів лимонної кислоти, її очищення.

Лимонну кислоту із м'ясних зброджувальних розчинів виробляють поверхневим чи глибинним способом. Більш раннім із них є поверхневий спосіб, за якого пліснявий гриб утворює міцелій на поверхні бродильного розчину, залитого в плоскі великих розмірів кювети.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

Технологічна схема виробництва – це послідовний перелік всіх операцій та процесів обробки сировини, починаючи з його прийому і закінчуючи випуском готової продукції, із зазначенням застосовуваних режимів обробки (тривалості операції чи процесу, температури, ступеня подрібнення тощо.).

Завдання створення технологічної схеми нового виробництва - розробка комплексу взаємозалежних процесів, які забезпечують отримання необхідних продуктів потрібної якості за мінімальної собівартості.

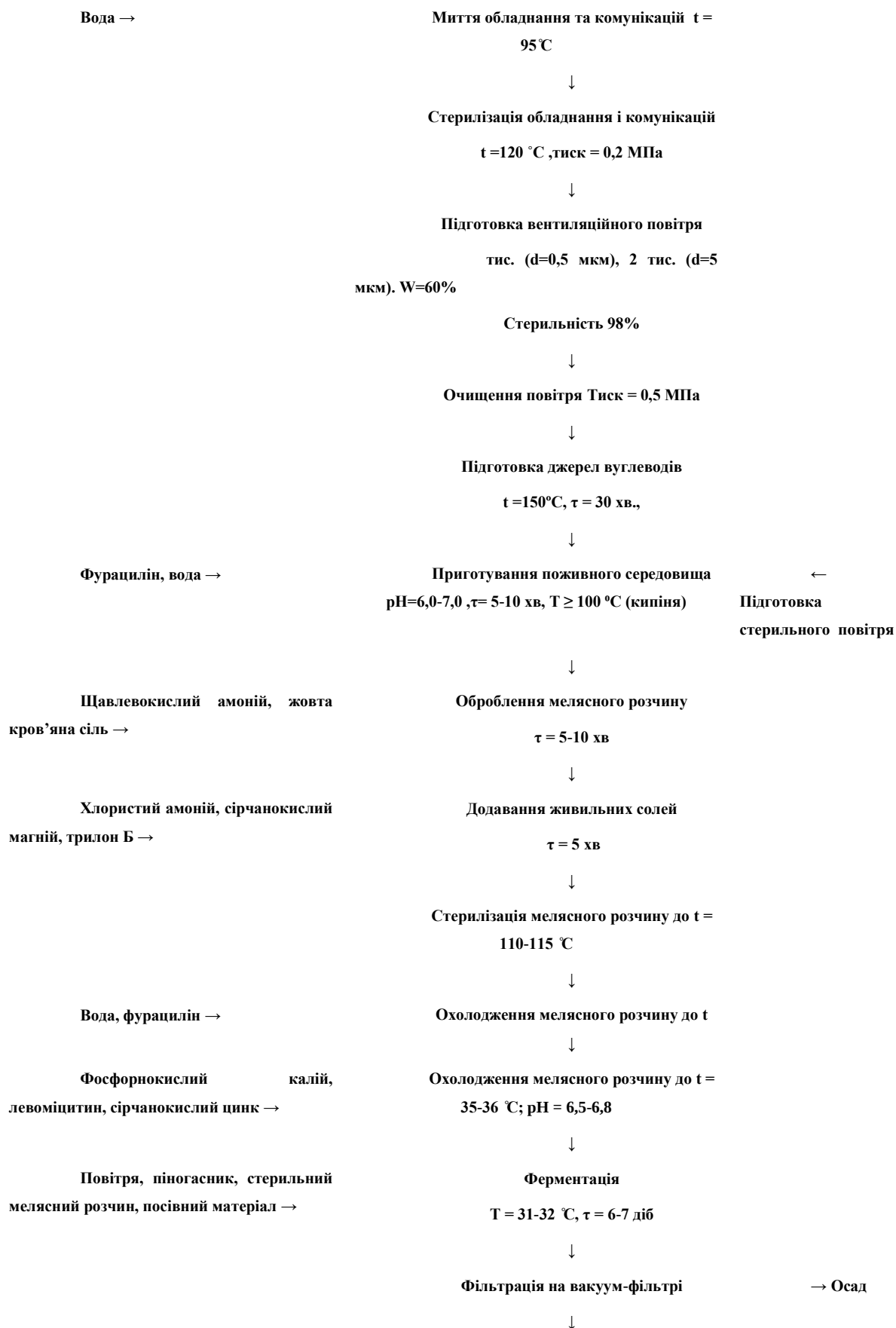
Відповідно для того, щоб прийняти найбільш раціональне технологічне рішення виробництва, необхідно скласти загальну технологічну схему, яка визначатиме напрямок і ступінь переробки окремих видів сировини з метою випуску прийнятого асортименту готової продукції, а також потребу в необхідних матеріалах.

Приблизно 60 років тому виготовлення лимонної кислоти отримували шляхом віджиму соку плодів цитрусових рослин. У наші дні основний шлях промислового виробництва лимонної кислоти - це біосинтез цукристих речовин (меяси), викликаний пліснявими грибами роду *Aspergillus niger* [7].

Промислове виробництво лимонної кислоти можна здійснювати трьома різними способами: поверхневим культивуванням грибів, глибинним культивуванням і твердофазною ферментацією, що має назву «процес Коджі».

Виробництво лимонної кислоти - це досить складний процес, який вимагає не тільки спеціального сучасного обладнання, а й належного контролю за асептичністю в виробничих умовах.

3.1 Технологічна схема виробництва лимонної кислоти



Виділення лимонної кислоти з ферментативного розчину

Вапняне молоко →

Нейтралізація $t = 55-70^{\circ}\text{C}$,
 $\text{pH}=6,8-7,5$

→ Оксалат
кальцію



Фільтрація на пугч-фільтрі

→ Осад



Вода →

Промивання водою $t = 95^{\circ}\text{C}$



H_2SO_4 →

Видалення цитрату кальцію
 $t = 90^{\circ}\text{C}$; $\text{pH} = 1,5$; $\tau = 30-40$ хв

→ Гіпс

Жовта кров'яна сіль →

Осадження солей заліза у розчині

→ Осад



Фільтрація на стрічковому вакуум-
фільтрі

→ Осад

($t = 90^{\circ}\text{C}$)



Упарювання у вакуум-випарному
апараті $t = 70^{\circ}\text{C}$

→ Осад, гіпс

(залишковий тиск 0,021 МПа)



Утфель →

Кристалізація

$T = 35-37^{\circ}\text{C}$; зі швидкістю $10^{\circ}\text{C}/\text{год}$ $\tau =$
 $18-24$ хв

($T = 20^{\circ}\text{C}$ розчин витримують ще 30
хвилин для «дозрівання» кристалів)



Центрифугування

→ 1-й

$\tau = 15-20$ хв, оберти 2000-3000

матковий розчин

об/хв



Вода →

Промивання водою

$t = 35^{\circ}\text{C}$



Висушування препарату у барабанній
вакуум – сушарці

$T = 70^{\circ}\text{C}$ повітря, $\tau = 20$ хв, відсутність
контамінації



Охолодження і передають на сито

$t = 35^{\circ}\text{C}$ повітря



КРБ.БіВ.1.513-03.2.2

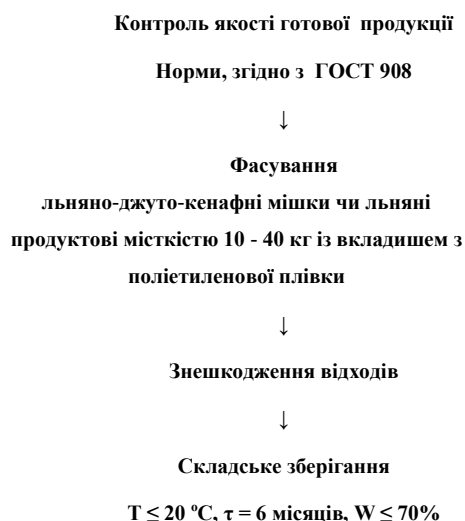


Рис.3.1 – Технологічна схема виробництва лимонної кислоти

3.2 Опис технологічних процесів

Отримання лимонної кислоти за допомогою продуцента *Aspergillus niger*

Виробництво лимонної кислоти включає такі технологічні етапи:

1. *Підготовка повітря.* Для стиснення і нагнітання повітря використовуємо турбокомпресор КЗ. Стиснення повітря відбувається під дією відцентрової сили і супроводжується його сильним нагріванням, після компресора К-3 повітря надходить в теплообмінник кожухотрубний Т-4, для охолодження. Перед фільтрами встановлюють одну велику ємність (ресивер) Р-5, яка служить для вирівнювання тиску в системі та забезпечення рівномірної подачі повітря на фільтри. Далі повітря подається на стерилізацію, спочатку в головний фільтр Ф-6, яких встановлено два для забезпечення безперервності процесу, далі на фільтр тонкої очистки Ф-7[3].

- 1.1. *Підготовка обладнання до завантаження.* Підготовка установок до роботи полягає в їх промиванні і пропарюванні. При митті установок спочатку заповнюють водопровідною водою (або розчином каустичної соди) основну ємність, потім циркуляційний контур. Після запуску насоса промивна рідина починає циркулювати по контуру. Далі встановлюють необхідну величину повернення промивної рідини з основного контуру

циркуляції промивного розчину в циркуляційну ємність. Підживлюючи систему водопровідною водою, ведуть промивку до появи чистої води на виході в каналізацію перед апаратом поділу. Основні показники процесу миття:

- температура водопровідної води - 40°C;
- тривалість процесу - 30 хв.

Після закінчення процесу вимикають насос і зливають залишки води з установки. Далі можна здійснити пропарювання апарату шляхом подачі пари з тиском 0,3...0,4 МПа і відведення конденсату в каналізацію. Після підготовчих заходів необхідно провести аналіз повітря всередині апарату за допомогою газоаналізаторів. Концентрація CO₂ та інших летких продуктів не повинна перевищувати допустиму норму.

Перед проведенням робіт з очищення та огляду обладнання все апарати повинні бути надійно (за допомогою заглушок) відключені від парових та інших комунікацій.

2. *Прийом і зберігання м'яса.* М'яса надходить на завод в залізничних цистернах вантажопідйомністю від 25 до 120 т і в автоцистернах. Всі види тари повинні бути чистими, без сторонніх запахів і сторонніх предметів. Залізнодорожні та автодорожні цистерни повинні мати нижні зливні пристрої. М'ясу зливають із цистерн самопливом в розташовані нижче прийомні збірники- сталеві резервуари, обсяг яких розрахований на добову роботу заводу. У збірники м'яса стікає по виготовленим з листової сталі жолобах такої довжини, щоб одночасно можна було розвантажувати від 3 до 5 залізничних цистерн. З прийомних збірників м'ясу кулачковим насосом перекачують в резервуари для зберігання. У холодну пору м'ясу при вивантаженні підігрівають глухим паром. Змиви м'яси від пропарювання цистерн і бочок при їх розвантаженні збирають окремо і негайно направляють на переробку.

На виробництві цукру та лимонної кислоти, мелясу повинні зберігати в наземних сталевих резервуарах (баках) ємністю 1000-3000 т, покритих конусоподібними кришками з бар'єром [8].

3. *Вирощування посівного матеріалу.* У посівний ферментер (л.2, поз. 5) з живильним середовищем вводять спори у вигляді суспензії (3 г сухих спор на 2-3 л мелясного розчину), яку готують за 5...6 год до посіву. Як живильне середовище використовують мелясний розчин концентрації 3...4 % (за цукром) і температурою 35...36 °С. Відразу ж після засіву включають в роботу мішалку і починають подавати у посівний ферментер стерильне повітря. Аерацію і перемішування проводять протягом усього процесу вирощування, підтримуючи надлишковий тиск у ферментері на рівні 0,01-0,02 МПа і температуру 34...35 °С. Тривалість вирощування міцелію 28...36 год.

У початковий період вирощування кількість повітря, що подається в ферментер, становить лише 9...10 м³/год. У процесі проростання спор і формування міцелію подачу повітря весь час збільшують і до 24-30 год вона досягає 90...100 м³/год. Такий режим аерації підтримується до кінця процесу вирощування. Процес формування міцелію і його чистоту контролюють шляхом мікроскопування проб через 12, 24, 30 і 36 год.

4. *Приготування живильного середовища.* Зарядження ферментерів полягає в приготуванні у них живильного середовища (останній етап її приготування), яка потім засівається міцелієм (або спорами) із посівних ферментерів. Живильне середовище у ферментері готують у такій послідовності: спочатку набирають у ферментер стерильну охолоджену воду (9-12 м³), уводять стерильні розчини живильних солей і мелясний розчин із варочного агрегату підготовчого відділення, після чого додаванням стерильної води (із перемішуванням) об'єм розчину доводять до заданого. Концентрація розчину має становити 3...4 % (за цукром), а температура - 32...33 °С.

Потім із посівного ферментера (коли працює мішалка) культура посівного міцелію за допомогою стиснутого стерильного повітря направляється по стерильному трубопроводу в основний ферментер. Уміст основного ферментера ретельно перемішують протягом 30 хв і відбирають пробу для визначення рН, концентрації і мікробіологічної чистоти.

4.1. Завантаження стерильної меляси до варильного котла

та розбавляють водою до досягнення певної концентрації вуглеводів (16%).

4.1.1. Додавання джерел азоту, фосфору і мікроелементів: У підготовлену мелясу додають джерела азоту (наприклад, амонійні солі), фосфору (наприклад, фосфати) і мікроелементи (наприклад, солі мікроелементів), що необхідні для життєдіяльності гриба.

4.1.2. Регулювання рН середовища: Встановлюють необхідне значення рН середовища (6,8-7,2) шляхом додавання кислоти або лугу. Це важливий крок, оскільки оптимальний рН сприяє росту та активності гриба.

4.1.3. Очищення від солей важких металів: Для осадження солей важких металів, які можуть бути присутні в мелясі, розчин обробляють жовтою кров'яною сіллю. Цей крок допомагає уникнути потенційного впливу цих металів на процес ферментації.

4.1.4. Стерилізація та охолодження середовища: Очищений та підготовлений розчин стерилізують, зазвичай шляхом теплової обробки, і потім охолоджують до температури, оптимальної для ферментації.

Вирощування посівного матеріалу: У окремому цеху вирощують посівний матеріал у вигляді спор (конідій) *Aspergillus niger*. Цей гриб відомий своєю здатністю продукувати лимонну кислоту.

4.2. Потім розмножують продуцент у три стадії:

у пробірках, колбах і алюмінієвих кюветах. Тривалість кожної стадії – 2...4 доби при 32 °С. Для вирощування у пробірках використовують агаризоване поживне середовище, а в колбах і кюветах – рідке (л.2, поз. лабораторія).

5. *Бродіння.* результаті швидкого розвитку міцелію і бродіння концентрація цукру в бродильному розчині швидко зменшується. Для відновлення цукру в ферментер періодично вводять свіжий мелясний розчин концентрацією 25...28 % (за цукром). За період бродіння проводять, як правило, три підливання (по 4м кожний) - через 24, 42 і 62 год від початку засіву, причому кожне підливання роблять порціями по 0,5 м³ з інтервалами в 1,5 год. У процесі росту гриба і кислотоутворення в ферментері підтримується температура 31...32 °С. Аерацію бродильного розчину здійснюють безперервно протягом усього періоду бродіння. В перші години після засіву в ферментер подають близько 100 м³ стерильного повітря за годину, потім кількість повітря, що продувається, поступово збільшують і до кінця першої доби бродіння доводять до 800-1000 м³/год. Такий режим аерації зберігають до кінця бродіння. Відпрацьоване повітря пропускають через уловлювач і викидають в атмосферу (л.2, поз.5).

5.1. *Завершення бродіння.* Закінчення виробничого циклу визначають за приростом кислотності, що титрується в останню добу бродіння, і вмістом цукру в бродильному розчині. Якщо в двох пробах, взятих із ферментера з інтервалом 4-6 год кислотність розчину залишається майже однаковою, бродіння вважають закінченим.

Залежно від активності гриба процес кислотоутворення триває 5...10 діб. Після закінчення бродіння розчин, що збродив, нагрівають у ферментері до 60...65°C і передають у проміжну посудину міцельного відділення, а ферментер готують до наступного циклу.

У міцельному відділенні зброджений розчин відділяють від міцелію на вакуум-фільтрі (л.2, поз.3). При фільтруванні міцелій промивають гарячою водою. Уміст лимонної кислоти у відмитому міцелію не повинен перевищувати 2%. Із вакуум-фільтра промитий міцелій через вакуум-збирач видаляють з території заводу.

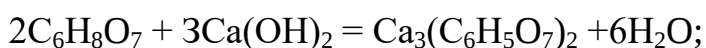
Відокремлений від міцелію розчин лимонної кислоти разом з промивними водами також через вакуум-збирач передають у збирач зброджених розчинів хімічного цеху.

Вихід лимонної кислоти з використанням глибинного способу бродіння має бути не меншим за 7,5 кг з 1 м³ місткості ферментера на годину.

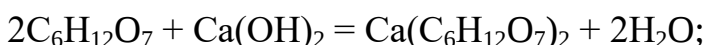
6. *Нейтралізація кислоти (одержання цитрату кальцію).*
Зброджені розчини являють собою суміш лимонної, глюконової і щавлевої кислот, незбродженого цукру і мінеральних домішок. Лимонну кислоту із розчину виділяють шляхом зв'язування її катіонами кальцію з утворенням слаботорозчинної солі - цитрату кальцію.

Кислоту нейтралізують у нейтралізаторах із неіржавійної сталі, обладнаних витяжною вентиляцією, мішалками і паровими барботерами. Зброджений розчин нагрівають в нейтралізаторі до кипіння, після чого в нього, безперервно помішуючи, вводять вапняне (або крейדיане) молоко (л.2, поз.14). Повноту нейтралізації визначають за допомогою індикатора або потенціометра, і нейтралізація вважається закінченою за значення рН 6,8-7,5.

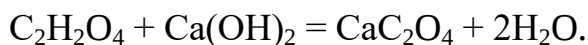
Під час нейтралізації збродженого розчину утворюються кальцієві солі лимонної, глюконової і щавлевої кислот:



Цитрат кальцію



Глюконат кальцію



Оксалат кальцію

Кальцієві солі лимонної і щавлевої кислот випадають при цьому в осад, а кальцієва сіль глюконової кислоти і основна частина органічних та мінеральних речовин меляси залишаються в розчині.

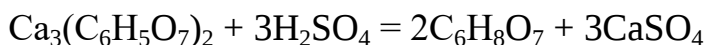
Для відокремлення утвореного осаду гарячу реакційну масу самопливом передають у вакуум-фільтри з неіржавійної сталі (л.2, поз.3).

Після виділення маткового розчину осад на фільтрі ретельно промивають гарячою водою (температура близько 95°C). Про закінчення промивання судять за відсутністю в промивній воді цукру. Для підсушування осаду через нього протягом деякого часу пропускають повітря.

7. *Розклад цитрату кальцію.* Переведення лимонної кислоти у вільний стан і відділення її від оксалату кальцію досягається обробленням осаду сірчаною кислотою з наступним фільтруванням.

Розклад цитрату кальцію відбувається в апараті - реакторі, обладнаному витяжною системою, мішалкою і паровим барботером, що має внутрішнє кислотостійке покриття. У реактор набирають воду (0,25-0,5 м³ на 1 т лимонної кислоти, яка міститься в цитраті) і при працюючій мішалці завантажують туди цитрат кальцію з таким розрахунком, щоб після його розкладу концентрація лимонної кислоти в розчині була не меншою за 25 %. Як освітлювач у реактор вводять активоване вугілля (2 % за масою лимонної кислоти), уміст реактора нагрівають до 60 °С і в нього, перемішуючи, подають із мірника технічну сірчану кислоту густиною 1,80-1,84 із розрахунку 0,425 л на 1 кг лимонної кислоти в цитраті. Після закінчення подачі сірчаної кислоти реакційну суміш нагрівають до кипіння і кип'ятять протягом 10-15 хв (л.2, поз. 15).

Цитрат кальцію за наявності сірчаної кислоти розкладається за рівнянням



Розклад оксалату кальцію за наявності лимонної кислоти потребує великого надлишку сірчаної кислоти, тому за строгого дозування сірчаної кислоти оксалат кальцію разом з утвореним гіпсом залишається в осаді, а лимонна кислота, що звільняється унаслідок розкладу цитрату кальцію, переходить у розчин.

Після повного розкладу цитрату кальцію (контролюють за відсутністю в середовищі цитрату кальцію і сірчаної кислоти) у реактор вводять гранульований сірчистий барій (0,10-0,15 кг на 100 кг лимонної кислоти) для

осадження важких металів та арсену і розчин заліzosиньородистого калію для осадження заліза. Повне осадження катіонів металів контролюють за якісними реакціями.

Для відділення розчину лимонної кислоти від осаду, що містить гіпс, оксалат кальцію, вугілля, сірчисті сполуки важких металів і берлінську лазур, гарячу реактивну суміш спрямовують із реактора самопливом на вакуум-фільтр із неіржавійної сталі. Відфільтрований розчин через вакуум-збирач передають на станцію керування, а осад на фільтрі промивають гарячою водою (90 °C). Промивання осаду закінчують, коли вміст лимонної кислоти в промивній воді становить 0,1 %.

Середня концентрація розчину лимонної кислоти (разом з промивними водами) має не перевищувати 16 %.

8. *Упарювання розчину лимонної кислоти.* Упарювання проводять у вакуум-апаратах і за дві стадії з проміжним звільненням розчину від осаду гіпсу.

В першому вакуум-апараті розчин упарюють до густини 1,24-1,26 (під залишковим тиском 0,021 МПа), осад гіпсу відокремлюють на рамному фільтрі-пресі (із неіржавійної сталі), а потім на другому вакуум-апараті прозорий розчин упарюють (за такого самого тиску) до густини 1,35-1,36, що відповідає концентрації лимонної кислоти 80 % (приблизно 1070 г моногідрату в 1 л) (л.2, поз.16).

7. *Кристалізація (виділення кристалів із маткового розчину) і сушіння лимонної кислоти.*

На вакуум-апараті повторно упарений розчин визначеної концентрації надходить в кристалізатор із неіржавійної сталі зі сферичним днищем, обладнаний мішалкою і сорочкою для охолодження водою (л.2, поз.17). Після заповнення кристалізатора починають охолоджувати розчин і одночасно включають мішалку. За температури розчину 35...37 °C у нього вносять «затравку» у вигляді кристалів лимонної кислоти і кристалізацію проводять з подальшим охолодженням до температури 8...10 °C (за

безперервного перемішування). За кінцевої температури кристалізації розчин витримують не менше 30 хв. Потім суміш кристалів з матковим розчином завантажують у кошикову центрифугу для виділення кристалів. Тривалість обороту кристалізатора становить 12...24 год. Після повного відділення маткового розчину кристали (на ходу центрифуги) промивають невеликою кількістю холодної води, яка розпилюється через форсунки. Після промивання кристалів центрифуга продовжує працювати до закінчення виділення рідини, потім кристали вологістю 2...3 % вивантажують з центрифуги і передають у сушарку.

Для сушіння кристалів лимонної кислоти використовують стрічкові або барабанні пневматичні сушарки (л.2, поз.4). Сушіння проводять за температури повітря не вищої від 35 °С. За вищої температури кристали руйнуються унаслідок втрати ними кристалізаційної води.

Висушені кристали для звільнення їх від випадкових домішок просіюють на ситах і розфасовують у тару: льоно-джуто-кенафні мішки зі внутрішнім вкладишем із поліетиленової плівки (по 40 кг), фанерні ящики, які зсередини встелені пергаментом (по 20 кг), або гофровані коробки, також устелені пергаментом (по 10 кг).

Товарна кислота повинна містити не менше ніж 99,5 % лимонної кислоти (у перерахунку на моногідрат) і мати зольність не більшу за 0,1 % для вищого сорту і 0,35 % для першого сорту [4].

3.3 Схема постадійного контролю біосинтезу

Виробничий контроль – сукупність заходів, спрямованих на оцінку екологічної обстановки на підприємствах. Мета таких перевірок – оцінити хімічну, бактеріологічну і радіоактивну забрудненість виробництва, виявити фактори, здатні вплинути на здоров'я співробітників і екосистеми.

- виробниче обладнання;
- конструктивні елементи будівель і приміщень;
- сировина та витратні матеріали;

- продукцію, що випускається;
- виробничі показники на робочих місцях – шуми, вібрацію, електромагнітні поля, рівень радіації і т. д.;
- повітряний простір усередині виробничих приміщень і зовні;
- спецодяг.

Процедури виробничого контролю (ПК) є обов'язковими для будь-якого промислового підприємства. Особливі умови застосовуються до підприємств з установленим класом небезпеки.

Небезпечним визнають будь-який об'єкт, на якому є котельні, димові труби, вантажопідйомні механізми, промислове обладнання і т. д. Періодичність перевірок залежить від параметрів контролю.

Головна мета виробничого контролю – виключити навіть найменшу імовірність шкідливого впливу на здоров'я людей. Основний документ, що регламентує перевірочні заходи, називається «Положення про контроль на виробництві».

Положення визначає порядок та періодичність проведення оціночних процедур і містить вимоги до таких. Необхідність розробки документа регламентована постановою Уряду.

Положення складається з урахуванням основного профілю та індивідуальних характеристик конкретного підприємства.

Цей документ оформляють або співробітники, що відповідають за екологічну безпеку на виробництві (інженери по виробничому контролю), або сторонні фахівці або організації, компетентні в цьому питанні [9].

Таблиця 3.1 - Схема постадійного контролю біосинтезу

Назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативи і характеристика показника, що визначається
Миття обладнання та	Чистота обладнання	Візуально	Кожну операцію	вода $t = 95^{\circ}\text{C}$

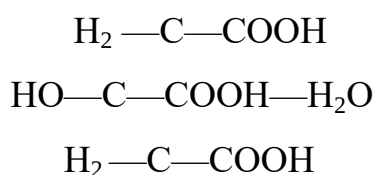
комунікацій				
Стерилізація обладнання і комунікацій	Чистота обладнання і вміст мікроорганізмів	Візуально та мікробіологічний аналіз	Кожну операцію	Відсутність домішок і сторонньої мікрофлори на 100% $t = 120^{\circ}\text{C}$, 0,2 МПа
Підготовка вентиляційного повітря	Мікробіологічна чистота, вміст часток, вологість	Мікробіологічний метод, висів на чашки Петрі. Психометр технічний	Кожні 24 години Кожні 48 годин	В 1м^3 повітря 100 колоній. Число часток в 1м^3 повітря 350 тис. ($d=0,5$ мкм), 2 тис. ($d=5$ мкм). $W=60\%$ Стерильність 98%
Очищення повітря	Очищення повітря	Перевірка ступеню частоти	Під час очистки повітря на індивідуальному фільтрі	Відсутність домішок і сторонньої мікрофлори на 100% $E=99,999\%$ Тиск = 0,5 МПа
Водопідготовка	Вміст домішок та якість води	Кількісний хімічний аналіз	Кожну операцію	
Підготовка джерел вуглеводів	Температура, тиск, час, стерильність	Автоматичний регулятор температури, манометр технічний, годинник, висів на чашки Петрі	Кожну операцію	150°C , 30 хв., стерильне
Приготування посівного матеріалу	Температура, рН, стерильність	рН-метр, Мікробіологічний контроль, термометр	Мікробіологічний контроль	$\text{pH}=6,0-7,0$ $\tau=30$ хв. Відсутність мікробіоти
Оброблення м'ясного розчину	Температура, стерильність	Термометр	Мікробіологічний контроль	$\tau=5-10$ хв
Додавання живильних солей	Стерильність	—	—	$\tau=5$ хв
Стерилізація м'ясного розчину	Температура, стерильність	Термометр	Мікробіологічний процес	до $t = 110-115^{\circ}\text{C}$
Охолодження м'ясного розчину	Температура, рН	Термометр, рН-метр	—	до $t = 35-36^{\circ}\text{C}$; $\text{pH} = 6,5-6,8$
Ферментація	рН,	Термометр, рН-	Періодично раз в 30	$T = 32 \pm 1^{\circ}\text{C}$

	температура, вирощування культури та її чистоти	метр, мікроскопіювання	хвилин	pH = 6,5- 6,8 τ = 6-7 діб відсутність сторонньої мікрофлори
Відділення біомаси на камерному фільтр-пресі	Тиск, час, контамінація, вологість	Манометр, візуально	Кожну операцію	0,8-1,9 МПа w = 60-70% Відсутність контамінації
Нейтралізація	Температура, pH	Термометр, pH-метр	Кожну операцію	τ = 15 хв t = 55-70 °C, pH=6,8-7,5
Фільтрація (фільтр-пресс)	Тиск	Манометр	Кожну операцію	Тиск = 0,9МПа
Промивання водою	Температура	Термометр		t = 95 °C
Видалення цитрату кальцію	Температура, pH	Термометр, pH-метр, час		t = 90° C; pH – 1,5; τ = 30-40 хв
Фільтрація на стрічковому вакуум-фільтрі	Температура	Термометр		t = 90 °C
Промивання	Температура	Термометр	Промивання ведеться до тих пір, доки середня концентрація лимонної кислоти не буде становити 16%	t = 90° C
Упарювання у вакуум-випарному апараті (у два етапи)	Температура, тиск, час	Термометр, манометр	Випарювання ведеться, доки густина розчину лимонної кислоти не буде знаходитись в межах 1,26-1,28г/м3 Концентрування ведеться до тих пір, доки густина розчину не буде становити 1,37-1,38г/м3	τ = протягом 4-6 годин Тиск = 80кПа t = 70 °C Тиск = 80кПа (залишковий тиск 0,021 МПа)
Кристалізація	Температура, час	Термометр		T = 35-37 °C; зі швидкістю 10°C/год τ = 18-24 хв (При T = 20°C

				розчин витримують ще 30 хвилин для «дозрівання» кристалів)
Центрифугування	Швидкість, тривалість	—	—	$\tau = 15-20$ хв оберти 2000-3000 об/хв
Промивання водою	Температура	Термометр		$t = 35^\circ\text{C}$
Висушування препарату у барабанній вакуум – сушарці	Час, мікробна контамінація	Годинник, мікробіологічні методи	Кожну операцію	$T = 70^\circ\text{C}$ повітря 20 хв, відсутність контамінації
Охолодження і передають на сито	Температура	Термометр		$t = 35^\circ\text{C}$ повітря
Контроль якості готової продукції	Норми, згідно з ГОСТ 908	Кількісний хімічний аналіз та мікробіологічний	Кожну операцію	
Пакування, маркування, відвантаження	Маса, кількість пакетів у коробці, цілісність	Автоматично	Кожну операцію	
Знешкодження відходів	Концентрація відходів	Кількісний хімічний аналіз та мікробіологічний	Кожну операцію	
Складське зберігання	Температура Тривалість Відносна вологість	Термометр технічний, психрометричний метод	Постійно	$T \leq 20^\circ\text{C}$ $\tau = 6$ місяців $W \leq 70\%$

3.4 Вимоги до якості готової продукції

Харчова лимонна кислота призначається для використання в кондитерській, консервній, пиво-безалкогольній та інших галузях харчової промисловості. Емпірична формула кислоти $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$, а структурна



Молекулярна маса (за міжнародними атомними масами 1971 р.) — 21,014. Згідно з вимогами ГОСТ 908 — «Кислота лимонна харчова. Технічні умови» лимонна кислота, яка виробляється в результаті ферментації цукрів грибом *Aspergillus niger*, повинна відповідати наступним вимогам:

- за органолептичними показниками вона повинна представляти безбарвні кристали або білий порошок без грудочок (для кислоти першого ґатунку допускається жовтуватий відтінок), мати кислий смак, не мати запах та володіти сиплою та сухою структурою;

- масова частка лимонної кислоти в препараті, у перерахунку на моногідрат, %, повинна бути не менше 99,5 % та не більше 101,0 %.

Масова частка золи в товарному продукті не повинна перевищувати 0,07—0,35% (у залежності від ґатунку: екстра, вищий та перший)[10].

Таблиця 3. 2 - Хімічні показники харчової лимонної кислоти

Показники	Норма
Масова частка лимонної кислоти в перерахунку на моногідрат, %	не менше 99.5 не більше 100.0
Колір, одиниці показника кольоровості розчину за	4
Масова частка, %, не більше	
зола	0,07
вільної сірчаної кислоти	0,01
миш'яку	0,00007
Проба	
на свинець, мідь, цинк, олово із сірководнем	Витримує аналіз
на оксалати з ацетатом кальцію	
на барій з сірчаною кислотою	
на ферроціаніди з хлорним залізом	
Масова частка сульфатної золи, %, не більше	0,1
Проба на легко обвуглюванні речовини з сірчаною	Витримує
Проба на залізо з 1,10-фенантроліном	Витримує аналіз

Лимонна кислота не горюча, вибухобезпечна, не токсична. Вміст токсичних елементів у харчовій лимонній кислоті для всіх сортів не повинен перевищувати допустимих норм[11].

Таблиця 3.3 - Допустимі норми на вміст токсичних елементів

Найменування токсичного елементу	Допустимий рівень, мг/кг, не більше	Метод випробування
Свинець	1.0	За ГОСТ 26932-86
Кадмій	0.5	За ГОСТ 26933-86
Миш'як	0.7	За ГОСТ 26930-86

Ртуть	0.5	За ГОСТ 26927-86
-------	-----	------------------

Лимонна кислота випускається тільки в упакованому вигляді: в паперових багатошарових або поліпропіленових мішках з поліетиленовим вкладишем.

Для поставок на підприємства харчової та інших галузей промисловості лимонну кислоту фасують у льняно-джуто-кенафні мішки чи льняні продуктові місткістю 10 - 40 кг із вкладишем з поліетиленової плівки. Допускається пакування кислоти у ящики з гофрованого картону, викладені пергаментом. При упакуванні кислоти у ящики і мішки допускаються відхилення, що не перевищують $\pm 0,5\%$ [12].

Для роздрібного споживання лимона кислота фасується у пакетики із фольги чи паперу з поліетиленовим вкладишем всередині масою нетто 10-100 г.

При фасуванні допускаються відхилення по масі нетто: при масі до 50 г - $\pm 3\%$, при масі від 50 до 110 г - $\pm 4\%$. Упаковка має не допустити потрапляння вологого повітря всередину, оскільки це призводить до утворення грудок. На упаковці вказується ґатунок, умови зберігання і термін придатності, дата випуску та ГОСТ за яким вироблено.

Лимонну кислоту зберігають у закритих приміщеннях при температурі не вище 20°C та відносній вологості повітря не вище 70%. Термін придатності лимонної кислоти - 1 рік з дня виготовлення; при пакуванні лимонної кислоти в ящики з гофрованого картону з внутрішнім вкладишем з пергаменту - не більше 6 місяців [12,13].

3.5 Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс виробництва

З ТЕО потреба в продукті лимонної кислоти складає $G_{нд} = 2$ т на рік. За умовами замовника цю кількість лимонної кислоти потрібно виробити за 300 (за рік) днів. За даними максимальний синтез лимонної кислоти досягається за умов росту штаму *Aspergillus niger* на середовищі такого складу (г/л):

Глюкоза – $C_1 = 95,0$;

Хлорид амонію NH_4Cl – $C_2 = 2,0$;

Монокалій фосфат KH_2PO_4 – $C_3 = 1,0$;

Магній сірчаноокислий $MgO_4 \cdot 7H_2O$ – $C_4 = 0,2$;

Сульфат цинку ZnO_4 – $C_5 = 0,01$;

Перманганат MnO_4 – $0,005$

Всього – $C_{\Sigma\phi} = 98,215$ г/л.

Посівний матеріал вирощують на поживному середовищі такого складу(г/л):

Меяса $C_1 = C_{\Sigma\phi} = 50$

Вода.

Ферментаційне середовище готується в кількості 100 мл у колбах на 500 мл. Посівне середовище додається з розрахунку 10% до ферментаційного середовища. Культивування проводиться на качалці 200 об/хв $t = 28 - 29^\circ C$ у протягом 7 - 8 діб.

Стерилізують середовища в автоклаві при 0,5 аті протягом 30 хв.

Відповідно до нормативно-технічної документації вміст сухих речовин в готовому продукті має складати не менше 94%. Для розрахунку викоритовували наступні коефіцієнти: коефіцієнт запаса (втрати культуральної рідини або посівного матеріалу від нестерильних операцій)

3.5.1 Розрахунок виробничих циклів

1. Кількість продукту на добу, $G_{нтд} = G_{нт} / T_{рд} = 500 / 300 = 1,67$ кг/добу

2 Кількість продукту за добу з урахуванням втрат за виробничий цикл ($E_{св}$): $G_{пд} = G_{нтд} / (1 - E_{св}) = 1,67 / (1 - 0,35) = 2,56$ кг/доба

3 Кількість лимонної кислоти за цикл:

$G_{цд} = G_{пт} * T_{рд} / 24 = 2,56 * 10 \text{ підгот. операц.} + 120 - \text{із ТСХ} / 24 = 30,6$ кг/цикл

4 Об'єм КР, що зливається за одну ферментацію (цикл)

$V_{кр} = (K_1 * V_d * T_{цф}) / 24 = (1,1 * 1,66 * 130) / 24 = 9,93$ м³/цикл

$K_1 = 1,1 - 1,5$

5 Кількість ферментацій (циклів) на рік
 $N_{\text{ц}} = G_{\text{зад}} * G_{\text{цд}} = 500/30,6 = 16,32 = 16.$

3.5.2 Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу для біосинтезу лимонної кислоти продуцентом *Aspergillus niger*

За виробничий цикл отримують $V_{\text{кр}} = 9,9 \text{ м}^3$ культуральної рідини. При одержанні культуральної рідини потрібно врахувати її витрати в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять від 10 до 15%.

Отже, кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед виробничим біосинтезом становитиме:

$V_{\text{роб.1}} = V_{\text{кр}} / (1 - E_{\text{ф}}) = 9,9 / (1 - 0,1) = 11,03 \text{ м}^3$, де $E_{\text{ф}}$ – втрати культуральної рідини під час біосинтезу.

Виробничий біосинтез здійснюють у ферментері з робочим об'ємом $V_{\text{роб.1}} = 12,50 \text{ м}^3$.

При вибраному коефіцієнті заповнення $K_{\text{зап}} = 0,6$ розраховують геометричний об'єм ($V_{\text{ф}}$), що становить $V_{\text{ф}} = V_{\text{роб.1}} / K_{\text{зап}} = 11,03 / 0,6 = 18,39 \text{ м}^3$.

Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{сф}} = 20 \text{ м}^3$.

Уточнюємо раніше прийнятий коефіцієнт заповнення $K_{\text{зап}} = V_{\text{роб.1}} / V_{\text{сф}} = 11,03 / 18,39 = 0,6$.

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах, отже геометричний об'єм ферментера вибрано вірно. (0,4-0,5)

Кількість посівного матеріалу (доза) для ферментера становить 10% від об'єму поживного середовища.

Тоді кількість поживного середовища в ферментері буде становити: $V_{\text{пс.1}} = V_{\text{роб.1}} / (1 + X_{\text{ф}}) = 11,03 / (1 + 0,1) = 10,03 \text{ м}^3$, де $X_{\text{ф}}$ - доза посівного матеріалу для ферментера.

Кількість посівного матеріалу становить:
 $V_{\text{пм1}} = V_{\text{роб.1}} - V_{\text{пс.1}} = 11,03 - 10,03 = 1 \text{ м}^3.$

Для одержання 1 м³ інокулятору в посівному апараті враховуємо втрати в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять від 10 до 15%.

Тоді кількість поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становитиме:

$$V_{\text{роб.2}} = V_{\text{пм.1}} / (1 - E_{\text{па}}) = 1 / (1 - 0,05) = 1,06 \text{ м}^3.$$

Кількість посівного матеріалу становить 10% від об'єму поживного середовища. Тоді кількість поживного середовища в посівному апараті буде становити:

$V_{\text{пс2}} = V_{\text{роб.2}} / (1 + X_{\text{па}}) = 1,06 / (1 + 0,1) = 0,96 \text{ м}^3$, де $X_{\text{па}}$ – доза інокуляту для посівного апарату.

Кількість посівного матеріалу для посівного апарату становить $V_{\text{пм2}} = V_{\text{роб.2}} - V_{\text{пс2}} = 1,06 - 0,96 = 0,10 \text{ м}^3$ або 100 л.

Кількість інокуляту $V_{\text{роб.2}} = 1,06 \text{ м}^3$ можна одержати під час культивування дріжджів у посівному апараті геометричний об'ємом $V_{\text{па2}} = V_{\text{роб.2}} / K_{\text{зап}} = 1,06 / 0,6 = 1,76 \text{ м}^3$. Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{сф}} = 2,0 \text{ м}^3$.

Уточнюємо коефіцієнт заповнення: $K_{\text{з1}} = V_{\text{роб.2}} / V_{\text{сф}} = 1,06 / 2,0 = 0,53$.

Для одержання 100 л посівного матеріалу в інокуляторі враховуємо втрати в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять 10%.

Тоді кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед культивуванням в інокуляторі становитиме:

$$V_{\text{роб.3}} = V_{\text{пм2}} / (1 - E_{\text{ін}}) = 0,10 / (1 - 0,10) = 0,11 \text{ м}^3.$$

Кількість посівного матеріалу становить 10% від об'єму поживного середовища.

Тоді кількість поживного середовища в інокуляторі буде:

$V_{\text{пс.3}} = V_{\text{роб.3}} / (1 + X_{\text{ін}}) = 0,11 / (1 + 0,1) = 0,10 \text{ м}^3$, де $X_{\text{ін}}$ – доза посівного матеріалу для інокулятора.

Кількість посівного матеріалу для інокулятора становить $V_{\text{пм.3}} = V_{\text{роб.3}} - V_{\text{пс.3}} = 0,11 - 0,10 = 0,01 \text{ м}^3$ або 10 л.

Кількість інокуляту $V_{\text{роб.3}} = 111,11$ л можна одержати під час культивування мікроміцету в інокуляторі геометричним об'ємом $V_{\text{ін3}} = V_{\text{роб.3}} / K_{\text{зап}} = 0,11/0,6 = 0,18 \text{ м}^3$.

Приймаємо найближчий за об'ємом ферментер $V_{\text{сф}} = 0,25 \text{ м}^3$ та уточнюємо коефіцієнт заповнення.

$$K_{\text{з1}} = V_{\text{роб.2}} / V_{\text{сф}} = 0,11 / 0,18 = 0,43$$

Для одержання $0,01 \text{ м}^3$ або 10 л посівного матеріалу в малому інокуляторі враховуємо втрати в результаті крапливиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять 10%.

Тоді кількість поживного середовища для малого інокулятора перед культивуванням в малому інокуляторі становитиме: $V_{\text{роб.4}} = V_{\text{пм3}} / (1 - E_{\text{ін}}) = 0,01 / (1 - 0,1) = 0,01 \text{ м}^3$.

Кількість посівного матеріалу для малого інокулятора становить 10% від об'єму поживного середовища в малому інокуляторі.

Тоді кількість поживного середовища в малому інокуляторі буде становити:

$V_{\text{пс.4}} = V_{\text{роб.4}} / (1 + X_{\text{ін}}) = 0,01 / (1 + 0,1) = 0,010$ л, де $X_{\text{ін}}$ - доза посівного матеріалу для інокулятора.

Кількість посівного матеріалу становить $V_{\text{пм4}} = V_{\text{роб.4}} - V_{\text{пс.4}} = 0,01 - 0,010 = 0,001 \text{ м}^3$ або 1л.

Кількість інокуляту $V_{\text{роб.4}} = 0,01 \text{ м}^3$ або 10 л можна одержати під час культивування мікроміцету в малому інокуляторі $V_{\text{ін4}} = V_{\text{роб.4}} / K_{\text{зап}} = 0,01/0,6 = 0,018$ л. Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{сф}} = 0,02 \text{ м}^3$ або 20,0 л, уточнюємо коефіцієнт заповнення: $K_{\text{з1}} = V_{\text{роб.4}} / V_{\text{сф}} = 0,01 / 0,02 = 0,54$.

Кількість інокуляту для засіву малого інокулятора $V_{\text{пм.4}} = 1$ л можна одержати культивуванням мікроміцету у колбах на качалці. Для цього

використовують качалочні колби об'ємом $V_{\text{колб}} = 750$ мл та коефіцієнтом заповнення $K_{\text{зап}} = 0,2$.

Тоді кількість колб для отримання посівного матеріалу становитиме:
 $N_{\text{колб}} = V_{\text{пм.4}} / (V_{\text{колб}} * K_{\text{зк}}) = 1000 / (750 * 0,2) = 6,67$.

Таким чином, для одержання посівного матеріалу необхідно 7 качалочні колби.

3.5.3 Розрахунок об'ємів поживного середовища та посівного матеріалу для виробничого біосинтезу

1. Об'єм готового поживного середовища та посівного матеріалу у виробничому ферментері з врахуванням втрат при біосинтезі, частка $E_{\phi} = 0,1$ складе: $V_{\phi} = V_{\text{кр}} / (1 - E_{\phi}) = 9\,900 / (1 - 0,1) = 11\,000$ л

2. Об'єм готового поживного середовища для виробничого ферментера, л: $V_{\text{псф}} = V_{\phi} / (1 + X_{\phi}) = 11\,000 / (1 + 0,1) = 10\,000$ л = 10 м^3

3. Витрати посівного матеріалу на засів виробничого ферментера:

$$V_{\text{пмф}} = V_{\phi} - V_{\text{псф}} = 11\,000 - 10\,000 = 1\,000 \text{ л.}$$

4 Розрахунок кількості компонентів поживного середовища виробничого ферментера

5. У відповідності з прийнятим складом поживного середовища для виробничого біосинтезу загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{псф}}$ складуть:

$$G_{\phi} = V_{\text{псф}} * C_{\Sigma\phi} = 10 * 98,21 = 982,1 \text{ кг, в тому числі:}$$

$$\text{Глюкоза } G_1 = G_{\phi} * C_1 / C_{\Sigma\phi} = 982,1 * 95 / 98,21 = 950$$

$$\text{Хлорид амонію } G_2 = G_{\phi} * C_2 / C_{\Sigma\phi} = 982,1 * 2,0 / 98,21 = 20$$

$$\text{Монокалій фосфат } G_3 = G_{\phi} * C_3 / C_{\Sigma\phi} = 982,1 * 1,0 / 98,21 = 10$$

$$\text{Магній сірчаноокислий } G_4 = G_{\phi} * C_4 / C_{\Sigma\phi} = 982,1 * 0,2 / 98,21 = 2$$

$$\text{Сульфат цинку } G_5 = G_{\phi} * C_5 / C_{\Sigma\phi} = 982,1 * 0,01 / 98,21 = 0,1$$

$$\text{Перманганат } G_6 = G_{\phi} * C_6 / C_{\Sigma\phi} = 982,1 * 0,005 / 98,21 = 0,05$$

$$\text{Всього } 982,1 \text{ кг} = 982 \text{ кг.}$$

Матеріальний баланс на один цикл виробничого біосинтезу

Матеріальний баланс на один цикл виробничого біосинтезу наведені у таблиці 3.4

Таблиця 3.4-Матеріальний баланс на один цикл виробничого біосинтезу

1. 1. Приготування ПС для вирощування інокуляту в колбах качалках			
М'яса	0,4093	Нестерильне ПС	0,8041
Вода	0,3948		
Всього	0,8041	Всього	0,8041
2. Стерилізація ПС в автоклаві			
Нестерильне ПС	0,8041	Стерильне ПС	0,8041
Всього	0,8041	Всього	0,8041
3. Вирощування посівного матеріалу в колбах на качалках			
Стерильне ПС	0,8041	посівний матеріал	0,8758
Посівний матеріал з колб	0,0804		
Втрати (частка)	0,01	Втрати (кількість)	0,008758
Всього	0,8846	Всього	0,8846
4. Приготування ПС для інокулятора 10 л			
Глюкоза	7,6241	Нестерильне ПС	7,8818
Хлорид амонію	0,1605		
Монокалій фосфат	0,0802		
Магній сірчаноокислий	0,0160		
Сульфат цинку	0,00008		
Перманганат	0,00401		
Вода	0,00321		
Всього	7,8818	Всього	7,8818
5. Стерилізація ПС для інокулятора 10 л			
Нестерильне ПС	7,8818	Стерильне ПС	8,7576
Конденсат	0,8758	(втрат немає)	
Всього	8,7576	Всього	8,7576
6. Вирощування посівного матеріалу в малому інокуляторі 10л			
Стерильне ПС	8,7576	Посівний матеріал	9,1518
Посівний матеріал з колб	0,8758		
Втрати (частка)	0,05		0,457
Всього	9,6334	Всього	9,6334
7. Приготування ПС для інокулятора 60 л			
Глюкоза	83,542	Нестерильне ПС	82,3654
Хлорид амонію	1,758		
Монокалій фосфат	0,879		
Магній сірчаноокислий	0,175		
Сульфат цинку	0,00879		
Перманганат	0,0439		
Вода	4,04129		
Всього	82,3654		82,3654
8. Стерилізація ПС для інокулятора 60л			
Нестерильне ПС	82,3654	Стерильне ПС	91,5172
Конденсат	9,1518	Втрат немає	
Всього	91,5172		91,5172
9. Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі 60л			

Стерильне ПС	91,5172	Посівний матеріал	95,636
Посівний матеріал з інокулятора	9,1518		
Втрати (частка)	0,05	Втрати (кількість)	4,7818
Всього	100,669		100,669
10. Приготування ПС для посівного апарату 630 л			
Глюкоза	90,82	Нестерильне ПС	860,724
Хлорид амонію	1,912		
Монокалій фосфат	0,956		
Магній сірчаноокислий	0,1912		
Сульфат цинку	0,0956		
Перманганат	0,00478		
Вода	767,26642		
Всього	860,724	всього	860,724
11. Стерилізація ПС в посівному апараті 630 л			
Нестерильне ПС	860,724	Стерильне ПС	956,36
Конденсат 10%	95,636	(втрат немає)	
Всього	956,36	Всього	936,36
12. Вирощування посівного матеріалу в посівному апараті 630 л			
Поживне середовище	956,36	посівний матеріал	1 000
Посівний матеріал з інокулятора 10 %	95,636		
втрати	0,05	втрати (кількість)	50
Всього	1052,63	всього	1052,63
13. Приготування ПС для ферментера 5м3			
Глюкоза	950	Нестерильне ПС	8 000
Хлорид амонію	20		
Монокалій фосфат	10		
Магній сірчаноокислий	2		
Сульфат цинку	0,1		
Перманганат	0,05		
Вода	7017,85		
Всього	8 000	всього	8 000
14. Стерилізація ПС для ферментера 5м3			
Нестерильне ПС	8 000	Стерильне ПС	10 000
розбавлення конденсатом 20 %	2 000		
Всього	10 000	Всього	10 000
15. Виробничий біосинтез			
Стерильне ПС	10 000	культуральна рідина	9 900
посівний матеріал з посівного апарату 10 %	1 000		
Втрати (частка)10%	0,1	Втрати (кількість)	1 100
Всього	11000	Всього	11 000

РОЗДІЛ 4

Інженерно-технічна частина

4.1. Інженерно – технічне забезпечення проєкту

Архітектурно-будівельна частина проєкту виробництва

Каркас одноповерхового промислового будинку - основна несуча конструкція, що являє собою систему поперечних рам, які складаються з колон, жорстко зароблених в окремо стоячі фундаменти і жорстко зв'язаних з ригелями у виді балок покриття, по верхнім поясам яких створюють настил під покрівлю.

Основні обгороджуючі конструкції покриття: настили, пароізоляція, теплоізоляція, вирівнюючий шар асфальту чи цементного розчину.

Настил проєктують з залізобетонних ребристих плит, що укладаються на верхні пояси балок і кріпляться до них зварюванням закладних деталей.

Пароізоляційний шар захищає теплоізоляцію від зволоження водяними парами, у покриття проникаючими з приміщень, його виконують з 1-2 шарів руберойду, що наклеюється на бітумну мастику.

Зовнішні стіни в будинку з повним каркасом ніякого навантаження крім власної ваги не несуть, тому називаються самонесучі. Вони виконують тільки обгороджуючу функцію. Такі стіни проєктують з крупнорозмірних стінових панелей довжиною 6 м. Стійкість торцевих стін забезпечується колонами фахверка (вітровими). Колони виконують сталевими з прокатних профілів, ригеля з залізобетону.

Колони фахверка встановлюють з нульовою прив'язкою, між колонами основного каркаса з кроком 6 м. Для поділу внутрішніх обсягів будинку на окремі виробничі, допоміжні, складські й інші приміщення застосовують перегородки. Їх виготовляють із крупнорозмірних залізобетонних, гіпсобетонних і гіпсожужільних панелей товщиною 80-100 мм.

Панельні перегородки кріплять до стін і елементів каркаса за допомогою анкерів. Внутрішні стіни і перегородки розміщують по розбивчим осям, у разі потреби - між осями. Розміри і розміщення віконних прорізів визначають відповідно до вимог раціональної організації природного висвітлення, аерації приміщення.

У внутрішній обробці приміщень панельних стінах передбачають тільки замірку швів. В основних виробничих приміщеннях, мийних відділеннях, лабораторії, душових, туалетах нижні частини стінових панелей, перегородок, а також поверхні залізобетонних колон на висоту 1,8 м облицьовують глазурованою плиткою. В інших приміщеннях передбачають масляні панелі на висоту 1,8 м. Конструкції, що утворюють стелі, затирають цементним розчином.

Стіни вище панелей і стелі білять чи офарблюють клейовими фарбами світлих тонів. У холодильних камерах стелі затирають, стіни штукатурять по ізоляційному матеріалу і роблять вапняну побілку. Заповнення віконних і дверних прорізів офарблюють олійною фарбою 2 рази.

Побутові приміщення підприємства вимагають особливого санітарного режиму і відносяться до IV групи. До складу побутових приміщень цієї групи входять: гардеробні для збереження вуличного і домашнього одягу і гардеробні для збереження робочого одягу, душові, умивальні, убиральні, а також спеціальні приміщення: кімната медичного огляду, санпіст, приміщення для особистої гігієни жінок.

При головному вході у виробничий корпус і допоміжні приміщення передбачають вестибюль.

Гардеробні приміщення для збереження вуличного, домашнього і спеціального одягу проектують зального типу (без коридорів). Входи в гардеробні, розташовані суміжно з вестибюлем, передбачають через тамбур. Проектуючи гардеробні блоки, виключають можливість перетинання потоків руху працюючих.

Гардеробні, призначені для збереження робочого одягу, розміщують ізоляційно від приміщень, де зберігається вуличний одяг і домашній. Одяг зберігається закритим способом (у шафах). Кількість шаф приймають рівним загальній кількості працюючих у всіх змінах. Розміри стандартних шаф - глибина 50 см, висота 165 см, ширина 33 см (для збереження вуличного і домашнього одягу). Шафи для збереження робочого одягу мають ширину 25 см при звичайному складі.

Душові розміщують суміжно з гардеробними. При них розташовують переддушеву та туалет. Душові кабінки відокремлюються одна від іншої вологостійкими перегородками висотою 1,6 м, що не доходять до підлоги на 0,2 м.

Переддушева обладнана лавами шириною 0,3 м з розрахунку 0,4 м на одну людину, з розрахунком трьох місць на одну душову сітку. Відстань між рядами лав дорівнює 1,0 м.

Умивальні розміщують суміжно з гардеробними робочого одягу. Відстань від умивальників до шаф - не менш 2 м. Застосовують групові круглі умивальники - 90 см на 5 місць і 140 см на 8 місць. Ширина проходу між рядами умивальників не менш 2,0 м, а між крайніми рядами умивальників і стіною - 1,5 м. Ширина проходу між груповими круглими умивальниками і стіною дорівнює 0,9 м, між умивальниками 1,2 м. Кількість кранів в умивальниках встановлюють по числу працюючих у найбільш численну зміну. Відстань між осями кранів умивальників у ряді дорівнює 0,65 м. На виробництві IV групи один кран на 10 чоловік, що працюють у найбільш численній зміні.

Вхід у вбиральні встановлюють через тамбури з дверима, які самі закриваються. Кількість унітазів і пісуарів у вбиральнях залежить від числа людей у найбільш численній зміні з розрахунку 15 чоловік на один прилад. Кількість унітазів не більш 16 штук.

Двері в кабінах повинні відкриватися назовні, перегородки по висоті рівні 1,8 м і на 0,2 м не доходять до підлоги.

Опалення призначене для забезпечення температурних умов у приміщенні відповідно до вимог санітарних норм у холодну та перехідну пори року.

Опалюватись може все приміщення, а також окремі робочі місця.

Системи вентиляції, опалення і кондиціонування повітря у комплексі з технологічними заходами щодо зменшення шкідливих виробничих речовин разом з архітектурно-планувальними та конструктивними рішеннями будівель і приміщень забезпечують метеорологічні умови і вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень у відповідності до нормативних вимог.

Призначення вентиляції – забезпечити чистоту повітря і певні метеорологічні умови у приміщеннях. За допомогою вентиляції видаляється забруднене або нагріте повітря із приміщення та подається свіже. Залежно від способу переміщення повітря вентиляція може бути природною, механічною або змішаною.

Кондиціонування повітря – це створення і автоматична підтримка у приміщеннях незалежно від зовнішніх умов постійних або змінних за відповідною програмою температури» вологості, найбільш придатних для людини та нормального проходження технологічного процесу[22].

Водопостачання, каналізації та очистки виробничих стічних вод

Водопостачання підприємств повинно проводитися приєднанням їх до централізованої мережі водопроводу. Якість води, використовуваної для технологічних, питних і господарсько-побутових потреб, має відповідати вимогам санітарних правил і норм (СанПіН 2.1.4.1074-01 «Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості води централізованих систем питного водопостачання. Контроль якості» або СанПіН 2.1.4.544 -96 «Гігієнічні вимоги до якості питної води при нецентралізованому водопостачанні»). Артезіанські свердловини і запасні резервуари повинні мати зони санітарної охорони не менше 25 м. За їх санітарно-технічним станом і за якістю води, що подається в резервуари і виробничі цехи, повинен бути встановлений

систематичний контроль у строки, встановлені органами держсанепіднагляду (хімічний аналіз проводиться не рідше одного разу на квартал, бактеріологічний - не рідше одного разу на місяць). Залежно від епідеміологічної обстановки кратність аналізів може бути змінена, незалежно від джерела водопостачання. При цьому приміщення водяних баків для запасної води повинні бути ізольовані.

Пристрій системи каналізації підприємства повинен відповідати вимогам СНіП «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди», «Внутрішній водопровід і каналізація будинків».

Для видалення виробничих і господарсько-побутових стічних вод підприємства повинні бути приєднані до загальноміської каналізації або мати самостійну каналізацію та очисні споруди.

Внутрішня система каналізації виробничих та господарських побутових стічних вод повинна бути роздільної з самостійним випуском в дворову мережу.

Забороняється скидання у відкриті водойми виробничих і побутових вод без відповідного очищення, а також пристрій поглинаючих колодязів.

4.2 Підбір технологічного обладнання

Якість готового препарату залежить від правильно підбраного обладнання для реалізації технологічних процесів таких як: приготування поживного середовища, гомогенізація, перемішування, стерилізація рідких поживних середовищ, ферментація, фільтрування, сепарування, осадження та ін. Основними операціями у процесі біосинтезу є ферментація і перемішування поживного середовищ

Ферментери відіграють важливу роль у багатьох галузях промисловості, таких як: фармацевтична, біотехнологічна, харчова, хімічна та нафтопереробна. Продуктом є або самі клітини (біомаса), або клітинний.

Основна функція правильно сконструйованого ферментера - створення керованого середовища для досягнення оптимального росту та/або утворення продукту в конкретній застосованій клітинній системі.

Продуктивність будь-якого ферментера залежить від багатьох параметрів включаючи:

- Концентрація біомаси повинна залишатися достатньо високою, щоб показати високу врожайність.
- Для системи чистої культури необхідно підтримувати стерильні умови.
- Теплообмін між середовищем у ферментері та терморегулюючою рідиною у сорочці необхідна для забезпечення експлуатації при постійній температурі. Значення якої мають бути близькими до оптимальної температури росту мікроорганізмів.
- Створення правильних умов перемішування. Висока швидкість може бути шкідливою для організму і порушувати клітинну стінку; низький рівень перемішування також може бути небажаним через небажану флокуляцію та агрегацію клітин або навіть ріст бактерій на стінці реактора та мішалки [22].
- Конфігурацію ферментера
- Розмір ферментера
- Режим роботи
- Умови переробки всередині ферментера [23]

Ферментер використовують на різних стадіях різноманітних виробничих процесів, апарат розрахований у даній роботі встановлений на стадії підрощування міцелію.

Зазвичай ферментер виконують з високоякісної нержавіючої сталі, що володіє стійкістю до корозії, не виділяє в середовище токсичні солі металів та є інертною до середовища.

Типовий ферментер з механічним змішуючим пристроєм та барбортером (рис. 2.5).

Така конструкція забезпечує уникнення забруднення вмісту ферментера сторонніми мікроорганізмами, механічними частинками чи хімічними продуктами. Також забезпечується якісне перемішування та

необхідна температура, що відповідає технічним вимогам процесу культивування [22].

Перемішування у ферментері забезпечується шести лопатевою турбінною мішалкою 4, яка змонтована на валу перемішуючого пристрою 3 відповідно до необхідних стандартів. Вал проходить через ущільнення, що забезпечує герметичність апарату та з'єднується з валом мотора-редуктора 7 за допомогою муфти, яка дозволяє експлуатувати привід компенсуючи удари та забезпечуючи необхідну міцність з'єднання. Нижній кінець валу встановлено в підп'ятник 9 для нейтралізації розгойдування кінця валу.

Окрім перемішування середовища відбувається його охолодження до 35°C. Цей процес забезпечується теплообмінною сорочкою 6, що змонтована на корпусі апарату 2 і в яку подається холодна вода з температурою 15°C та тиском 0,3 МПа.

Таблиця 4.2- Підбір технологічного обладнання

Найменування обладнання	Марка	Продуктивність		Кількість, шт	Габарити		
		Одиниці вимірювання	Лінії	Машини	l	b	h
Ферментер	Ф-46	м³/год	1,0	1	1850	720	18
Збірник культуральної рідини	Автомат М6-АР2С	м³/год	10,0	1	2920	2920	2,2
Інокулятори	Ємність	м³/год	0,5	1	Ø350	800	0,25
Змішувач	Nauta	м³/год	1,0	1	Ø1600	Ø1600	3500
Автоматичні ваги	Ваги ємнісні АВ-1000	м³/год	1,0	1	2400	3000	-
Головний фільтр	ГФ-3,8	м³/год	3,8	1	1850	720	18
Стерилізатор для піногасника	ПФ-ОСО-5	м³/год	5,0	1	950	700	0,75
Мірник для піногасника	Ємність	м³/год	5,0	1	Ø350	800	0,25
Насоси	Насос НРМ-3	м³/год	5,0	1	480	330	1,1
Стерилізатор повітря	ПФ-ОСО-5	м³/год	5,0	1	950	700	0,75
Фільтри для	ФЧ-3,8	м³/год	3,8	1	1850	720	18

очищення							
Гранулятор універсальний двошвидкісний 13- 17 кВт	Г2Ш-13- 17	м³/год	2,0	1	1050	400	1000
Вакуум фільтр(малий)	ZFA50- 02B	м³/год	2,0	1	2	13	10,5

4.3 Розрахунки основного технологічного обладнання

Коефіцієнт заповнення, $K_3=0,6$

Робочий об'єм: $V_p = V_H \cdot K_3$ $V_p=10 \cdot 0,6=6 \text{ м}^3$

При розрахунку визначають основні конструктивні та енергетичні показники ферментера за заданим загальним об'ємом.

Спочатку необхідно встановити об'ємну масу (ρ), динамічну в'язкість (μ), коефіцієнт теплопровідності (λ), робочий тиск у ферментері при стерилізації його паром, теплоємність (C).

Для поживних середовищ основною складовою яких є глюкоза ці параметри знаходяться в межах:

$\rho = 950\text{--}1020 \text{ кг/м}^3$; $\mu = 0,00122\text{--}0,00144 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\lambda = 0,7 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;

$C = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Робочий тиск у ферментері при стерилізації приймають не менше 0,2 МПа. Коефіцієнт заповнення ферментера поживним середовищем залежно від складу середовища та від виду мікроорганізму, що вирощують $R = 0,5\text{--}0,65$.

Конструктивний розрахунок ферментера.

Розташовують висоту циліндричної частини, загальну висоту разом з днищем та кришкою, а також висоту стовпа культуральної рідини, яка залежить від інтенсивності піноутворювання та пристрою для її гасіння. Для розрахунку циліндричної частини задаються внутрішнім діаметром, або співвідношенням $H_{ц}/R$.

За даними продуктових розрахунків було обрано апарат марки з діаметром $D_{вн} = 1020 \text{ мм}$ та висотою $h = 1200 \text{ мм}$

Робочий об'єм апарата (м^3) розраховують за формулою

$$V_p = V_{\text{заг}} / R.$$

якщо $R = 0,59$, то

$$V_p = 0,59 / 0,59 = 1 \text{ м}^3$$

Для виробництва кислот висоту еліптичної частини приймають $h_{\text{ел}} = 0,4$

$D_{\text{вн}}$,

$$h_{\text{ел}} = 0,4 * 1020 = 408 \text{ мм}$$

Висота циліндричної частини ферментера, м:

$$H_y = (V_p - 2V_{\text{дн}}) / F, = (1 - 2 * 0,054) / 0,87 = 1,025 \text{ м}$$

де F – площа перетину ферментера за внутрішнім діаметром, м^2 :

$$F = 0,78 D_{\text{вн}}^2 = 0,78 * 1,05^2 = 0,87 \text{ м}^2$$

Загальна висота ферментера, м:

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{ц}} + 2 h_{\text{ел}}.$$

Об'єм еліптичної частини:

$$V_{\text{дн}} = (P * D_{\text{вн}}) / (2 * \eta - 0,5 * P) = (0,1 * 1,05) / (2 * 1 - 0,5 * 0,1) = 0,054 \text{ м}^3$$

де P – внутрішній тиск в апараті, що не перевищує 0,25 МПа;

η – коефіцієнт міцності шва, $\eta = 0,77 - 1,0$.

До розрахованої висоти апарата додають розміри електродвигуна,

редуктора. Висоту культуральної рідини в апараті розраховують за

рівнянням:

$$H_{\text{к.рід}} = \frac{V \cdot R - V_{\text{дн}}}{0,785 D_{\text{вн}}^2}.$$

(4.1)

$$H_{\text{к.рід}} = (1 * 0,59 - 0,054) / (0,78 * 1,05^2) = 0,604 \text{ м} = 604 \text{ мм}.$$

Конструктивний розрахунок механічної мішалки ферментера

При вирощуванні мікроорганізмів на рідких поживних середовищах глибинним способом рекомендується застосовувати турбінні мішалки.

Діаметр турбінної мішалки розраховують за формулою

$$d_m = (0,3 - 0,33) D_{\text{вн}}.$$

$$d_m = (0,3 - 0,33) * 1020 = 306 \text{ мм}$$

Знаючи d_m , за каталогом вибирають мішалку з ефективною системою

перемішування. Для перемішування середовища вязкістю $\mu = 0,00133$ Па · с рекомендується окружна скорость мешалки $w = 7$ м/с

Частота обертання мішалки, хв-1,

$$n_1 = \frac{\omega}{\pi \cdot d_1}, \quad (5.2)$$

де ω – колова швидкість мішалки, м/с.

$$n = 7 / (3,14 \cdot 0,35) = 6,23 \text{ об/с.}$$

приймаємо $n = 6$ об/с

За одержаною величиною частоти обертання мішалки приймають фактичну швидкість.

При роботі мішалки для перемішування культури, що росте без урахування впливу допоміжних пристроїв, потужність, яка споживається, кВт:

$$N = Eu_m \cdot \rho_c \cdot d^5 \cdot n^3, \text{ Вт} \quad (5.3)$$

$$N = 0,3 \cdot 1020 \cdot 6^3 \cdot 0,35^5 = 360 \text{ Вт.}$$

де Eu – критерій потужності, що залежить від інтенсивності перемішування і характеризується критерієм Рейнольдса (Re);

ρ_c – густина середовища, кг/м³;

n – число обертів мішалки, хв-1;

d – діаметр мішалки, м;

Визначають режим перемішування по модифікованому числу Рейнольдса

$$Re_m = \frac{\rho_c \cdot n \cdot d^2}{\mu_c}. \quad (5.4)$$

$$Re = 1050 \cdot 6 \cdot 0,35^2 / 0,0016 = 482343,75$$

За графіком визначають значення числа Ейлера (потужності), що відповідає даній мішалці й режиму перемішування.

$$Eu = 0,3$$

Настановна потужність електродвигуна (з урахуванням запасу потужності $K=1,2-1,6$ і к.к.д. передачі $\eta=0,8-0,9$)

$$N_{уст} = \frac{K \cdot N}{\eta} = 1,2 \cdot 357 / 0,89 = 481 \text{ Вт} = 0,5 \text{ кВт} \quad (5.5)$$

За прийнятою величиною частоти обертання мішалки та потужністю за каталогом вибирають мотор-редуктор 3МП-40-180-15-G320-Ц-У3, 380В.

Тепловий розрахунок ферментера

Робочий об'єм ферментера $V = 0,300$ м³, до складу живильного середовища $Mл = V \cdot \rho \cdot 0,05 = 0,300 \cdot 1020 \cdot 0,05 = 15,3$ кг

Тепловиділення при розщепленні складає близько 20 МДж/кг.

При умові, що час циклу дорівнює 24 години, кількість біологічного тепла, що виділяється цією культурою (теплова потужність охолоджуючого пристрою) складе:

$$Q_{сек} = Mл \cdot 20 \cdot 10^6 / (24 \cdot 3600) = 2314 \text{ Вт}$$

Щоб уникнути перегріву середовища виділяється тепло відводять. Тепло відводиться охолоджуючою водою $Q_{вод}$, повітрям $Q_{возд}$, що подається на аерація культури, тепловипромінюванням $Q_{п}$.

Тепловий баланс ферментатора:

$$Q_{сек} = Q_{вод} + Q_{возд} + Q_{п}$$

$$Q_{возд} = 0 \text{ за відсутності подачі повітря}$$

Втрати на тепловипромінювання в навколишнє середовище приймаємо 2% від Q :

$$Q_{п} = 0,02 \cdot 2314 = 462 \text{ Вт.}$$

Тепло, що відводиться водою:

$$Q_{вод} = Q_{сек} - Q_{п} = 2314 - 462 = 1852 \text{ Вт.}$$

Витрата води для відводу тепла (охолодження ферментера):

$$G_{вод} = \frac{Q_{вод}}{c \cdot (t_2 - t_1)} = 1852 / (4186 \cdot (22 - 15)) = 0,150 \text{ кг/с}$$

де t_1 і t_2 - температура води при вході в сорочку ($t_1 = 15$ °C) і при виході з сорочки ($t_2 = 22$ °C).

Потрібна поверхню охолодження ферментатора:

$$F = Q_{\text{вод}} / (K \cdot \Delta t_{\text{cp}}), \text{ де}$$

$$\Delta t_{\text{б}} = 40 - 15 = 25^{\circ}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 40 - 22 = 18^{\circ}$$

$$\Delta t_{\text{б}} / \Delta t_{\text{в}} = 25 / 18 < 2$$

Для даного випадку середня різниця температур теплоносіїв:

$$\Delta t_{\text{cp}} = (\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}) / 2 = (25 + 18) / 2 = 21,5^{\circ}$$

За приймаємо значення $K = 800 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Забруднення стінок відкладеннями в процесі експлуатації призводить до погіршення коефіцієнта теплопередачі, тому для розрахунку приймаємо $K = 700 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, тоді

$$F = 1852 / (700 \cdot 21,5) = 0,55 \text{ м}^2.$$

При діаметрі корпусу ферментатора $D_{\text{н}} = 1,05 \text{ м}$ висота сорочки:

$$H_{\text{р}} = F \pi \cdot D \tag{5.6}$$

$$H_{\text{р}} = 0,34 / (3,14 \cdot 1,05) = 0,103 \text{ м}$$

Висота сорочки має бути не менша за 103 мм, що при висоті циліндричної частини 1025 мм, дозволяє розташувати сорочку на циліндричній частині апарату.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

Лимонну кислоту застосовують у багатьох галузях промисловості. Найбільш широке застосування вона знайшла у харчовій промисловості в якості харчової добавки E330.

Лимонну кислоту використовують при виробництві лимонадів, фруктових соків, есенцій, лікерів, різноманітних драже, морозива, тортів, кремів та інших виробів.

Також її можна використовувати для продовження терміну зберігання м'яса, жирів, маргаринів, масла. При консервуванні лимонна кислота сприяє збереженню кольору фруктів та овочів, а також вмісту вітамінів і корисних речовин, підвищенню смакових якостей кінцевої продукції.

Метою економічної частини дипломного проєкту є техніко-економічне обґрунтування виробництва лимонної кислоти на основі продуцента *Aspergillus niger* для подальшого використання в харчовій промисловості.

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні завдання:

- провести аналіз ринку;
- проаналізувати доцільність цього проєкту з соціальної точки зору;
- розрахувати капітальні вкладення у проєкт;
- розрахувати собівартість виробленої продукції;
- розрахувати оподаткований прибуток та чистий прибуток;
- розрахувати термін окупності капітальних вкладень.

В проєкті планується закупка основного устаткування для оснащення лінії з отримання лимонної кислоти, на яку потрібно 618,2 тис. грн інвестицій. В результаті розрахунків підприємство планує отримати чистий прибуток у розмірі 157,44 тис. грн., строк окупності яких плануються 3,93 років.

5.1. Розрахунок економічної ефективності проєкту .

Розрахуємо інвестиції у проєкт

У загальному вигляді суму інвестицій (I) визначають за формулою:

$$I = I_{\text{буд}} + V_{\text{уст}} + T + M + H + V_{\text{зал}} + Д - Л + \Delta \text{ОА}, \quad (4.1)$$

де $I_{\text{буд}}$ – витрати на будівельні роботи,

$V_{\text{уст}}$ – вартість придбання устаткування;

T – транспортні витрати по устаткуванню (5 % від вартості придбання устаткування);

M – вартість монтажу устаткування (10 %) від вартості придбання устаткування);

H – невраховані витрати (2 % від вартості придбання устаткування, тис. грн.);

$V_{\text{зал}}$ – залишкова вартість демонтованого устаткування, тис. грн.

Залишкова вартість демонтується обладнання: якщо обладнання має 100% знос, то вона дорівнює 0, якщо немає, то враховується в капітальні вкладення, як недоамортизована вартість в розмірі відсотка зносу, який залишився;

$Д$ – вартість демонтажу, тис. грн. (5 % від первісної вартості рн.ницваного устаткування);

$Л$ – ліквідаційна вартість демонтованого устаткування. Якщо обладнання, що демонтується продається або здається на брухт, то ліквідаційна вартість розраховується, з урахуванням сплати податку на прибуток від продажу.

$\Delta \text{ОА}$ – приріст власних обігових активів, тис.

Для отримання лимонної кислоти потрібно таке основне устаткування технологічної лінії:

– Змішувач SMS, потрібно 1 одиниця, вартість 1 одиниці 105 тис.грн;

– Фільтр «ФС-80», потрібно 1 одиниця, вартість 1 одиниці 85 тис.грн;

– Фільтри «ФГ-KSL» потрібно 3 одиниці, вартість 1 одиниці 50 тис.грн;

– Фільтр для очистки відпрацьованого повітря «MDI», потрібно 1 одиниця, вартість 1 одиниці 90 тис.грн;

– Стерилізатор«ОБПО9Е-1Т10СН», потрібно 1 одиниця, вартість 1 одиниці 48000 тис.грн;

– Ферментер, потрібно 1 одиниця, вартість 1 одиниці 70000 тис.грн;

– Охолоджувач, потрібно 1 одиниця, вартість 1 одиниці 45 тис.грн;

Вартість обладнання складає:

$$\text{Вуст} = 105 + 85 + 3 \cdot 50 + 90 + 48 + 70 + 45 = 593 \text{ тис.грн}$$

За умовами виробників обладнання транспортні витрати по устаткуванню (Т) та вартість монтажу устаткування враховано до вартості придбання устаткування.

Інвестиції, які необхідні на придбання нової технологічної лінії з отримання лимонної кислоти: ВУСТ = 593 тис.грн

$$\Delta \text{ОА} = \text{Сзаг} * k, (4.2)$$

де Сзаг – загальна собівартість готової продукції;

k – частка обігових активів (%).

Частка матеріальних витрат у собівартості продукції становить 60-80%.

Однак для пускової партії планованого обсягу продукції досить 15 – 25% на покупку необхідних обігових активів, плануємо 15 %:

$$\Delta \text{ОА} = 168 * 0,15 = 25,2 \text{ тис. грн}$$

Розрахуємо капітальні вкладення у проєкт виробництва лимонної кислоти:

$$I = 593 + 25,2 = 618,2 \text{ тис. грн}$$

Розрахунок виробничої програми

Цикл виробництва лимонної кислоти з використанням продуцента *Aspergillus niger* складається з: приготування посівного матеріалу та поживного середовища, стерилізація ПС; вирощування посівного матеріалу в інокуляторах об'ємом 100 та 10 л; та вирощування посівного матеріалу в качалочних колбах. Сам цикл складається з 300 днів і запланований обсяг виробництва складає 2 т. З розрахунків ТЕО в рік заплановано 36 циклів.

Технологічна лінія з виробництва лимонної кислоти працює 10 місяців на рік, але виробництво досить трудомістке, і тому потребує великої кількості робітників. Щодо розстановки чисельності, у технологічній частині диплому плануємо чисельність основних робітників (Чроб) – 12. Робітники третього розряду переходять з іншої лінії виробництва, так як вони є вільними в період виробництва лимонної кислоти з *Aspergillus niger*.

Розрахунок собівартості виробництва лимонної кислоти

Складемо калькуляцію на тонну виробленої продукції.

Витрати за статтею «Сировина і основні матеріали» наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати за статтею «Сировина і основні матеріали»

Назва	Норма затрат, кг	Ціна за один літр, грн	Загальна вартість, грн
Глюкоза	950	60	57000
Хлорид амонію	20	80	1600
Монокалій фосфат	10	146	1460
Магній сірчаноокислий	2	90	180
Сульфат цинку	1	59	59
Перманганат	0,05	500	25
Вода	100	35,16	3,516
Всього	-	-	60327,516

Витрати за статтею «Допоміжні матеріали» наведено у таблиці 5.2

Таблиця 5.2 - Вартість «Допоміжні матеріали»

Найменування	Кількість на 1 тонну	Ціна за од., грн.	Загальна вартість, грн
Льоно-джуто-кенафні мішки по 40 кг	25	15	375
Всього	-	-	375

Витрати за статтею «Паливо і енергія на технологічні потреби» наведено у табл. 5.3

Таблиця 5.3 – Вартість «Паливо і енергія на технологічні потреби» (на 300 днів)

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість на випуск	Ціна, грн	Загальна вартість, грн
--------------	---------------------	---------------------	-----------	------------------------

Електроенергія	кВт/год	3060	3,54	10832,4
Вода	м3	80	35,16	2812,8
Всього	-	-	-	13645,2

Розрахуємо заробітну плату основним виробничим робітникам. За даними заводу, для оплати праці основним виробничим робітникам потрібно на 1 тону продукції 582,62 грн основної заробітної плати.

Витрати за статтею «Додаткова заробітна плата» складають 20% від основної:

$$582,62 * 0,2 = 116,52 \text{ грн.}$$

Витрати за статтею «Відрахування на соціальні заходи» складають 22% від суми основної і додаткової заробітної плати:

$$\text{Всз} = (582,62 + 116,52) * 0,22 = 153,81 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати за статтею «Витрати на утримання і експлуатацію обладнання».

До витрат входять витрати утримання, амортизація, поточний ремонт обладнання та інструменту, утримання і ремонту обладнання, відшкодування зносу, інші затрати, котрі пов'язанні з утриманням та експлуатацією обладнання. За даними заводу їх норматив складає 100 % від основної заробітної плати: $582,62 * 1 = 582,62 \text{ грн.}$

Розрахуємо витрати за статтею «Загальновиробничі витрати», за даними заводу їх норматив складає 100 % від основної заробітної плати: $582,62 * 1 = 582,62 \text{ грн.}$

Виробнича собівартість складає суму перелічених витрат, яка дорівнює: $60327,516 + 375 + 13645,2 + 582,62 + 116,52 + 153,81 + 582,62 + 582,62 = 76365,92$

Розрахуємо витрати за статтею «Адміністративні витрати», які плануємо 5 % від виробничої собівартості: $76365,924 * 0,05 = 3\,818,29 \text{ грн.}$

Розрахуємо витрати за статтею «Витрати на збут», які плануємо 3 % від виробничої собівартості: $76365,924 * 0,03 = 2\,290,97 \text{ грн.}$

Розрахуємо витрати за статтею «Інші операційні затрати», які плануємо 2 % від виробничої собівартості: $76365,924 * 0,02 = 1\,527,31$ грн.

Повна собівартість на 1 тону готового продукту представлено у таблиці 5.4

Таблиця 5.5 – Собівартість на 1 тону готового продукту

Статті витрат	«Лимонна кислота»
1	2
1. Сировина і основні матеріали	60327,516
2. Допоміжні матеріали	375
3. Паливо і енергія на технологічні цілі	13645,2
4. Основна заробітна платня виробничим працівникам	582,62
5. Додаткова заробітна платня виробничим працівникам	116,52
6. Відчислення на соціальні потреби	153,81
7. Затрати на утримання і експлуатацію обладнання	582,62
8. Загальновиробничі затрати	582,62
Виробнича собівартість	76365,92
9. Адміністративні затрати	3 818,29
10. Витрати на збут	2 290,97
11. Інші операційні витрати	1 527,31
Повна собівартість	84002,5

Розрахунок калькуляції повної собівартості однієї тонни «Лимонної кислоти» показав, що вона складає 84002,494 грн.

За даними маркетингових досліджень було виявлено, що середня ціна складає в середньому на рівні (60 – 200 тис. грн за тону).

В роботі плануємо ціну «Лимонної кислоти» за 1 тону = 180 тис. грн.

Розрахуємо собівартість та обсяг виробленої продукції «Лимонної кислоти».

Таблиця 5.5 - Розрахунок собівартості реалізованої продукції

Найменування Продукції	Річний обсяг виробництва, кг	Собівартість 1 тону, тис. грн	Собівартість виробленої продукції, тис. грн
Лимонна кислота	2000	84,0025	168

Розрахуємо обсяг виробленої продукції у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок обсягу виробленої продукції

Найменування продукції	Обсяг продукції, кг	Дійсна оптова ціна, тис. грн. за тонну	Обсяг виробленої продукції, тис. грн
Лимонна кислота	2 000	180	360

Розрахуємо прибуток від виробництва та реалізації продукції “Лимонної кислоти”. Оподаткований прибуток від збільшення обсягу виробництва продукції визначимо за формулою:

$$\Pi = \text{ВП} - \text{С} \quad (5.3)$$

де Π – прибуток за рік, тис.

ВП – обсяг виробленої продукції,

С – собівартість виробленої продукції,

$$\Pi = 360 - 168 = 192 \text{ тис.грн.}$$

Розрахуємо чистий прибуток за формулою:

$$\text{ЧП} = \Pi - \Pi_{\text{п}}, \quad (4.4)$$

де Π – оподаткований прибуток за рік, тис.

$\Pi_{\text{п}}$ – податок на прибуток (на 01.01.2023 року – 18%).

$$\text{ЧП} = 192 * 0,82 = 157,44 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок терміну окупності інвестицій

Розрахуємо термін окупності капітальних вкладень.

Термін окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T = I / \text{ЧП}, \quad (4.5)$$

де I – інвестиції у проєкт, тис.;

ЧП – чистий прибуток, тис.

$$T = 618,2 / 157,44 = 3,93 \text{ років.}$$

З економічних розрахунків отримуємо термін окупності виробництва “Лимонної кислоти” – 3,93 років.

Основні техніко-економічні показники проєкту виробництва «Лимонної кислоти» представимо у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 - Основні техніко-економічні показники проєкту виробництва «Лимонної кислоти»

Найменування показників	Значення показників
1. Обсяг виробленої продукції, кг	2 000
2. Обсяг виробленої продукції, тис. грн.	360
3. Собівартість виробленої продукції, тис. грн.	168
4. Оподаткований прибуток, тис. грн.	192
5. Чистий прибуток, тис. грн.	157,44
6. Чисельність працюючих, люд.	12
7. Середньорічний виробіток одного працівника, тис. грн.	30
8. Інвестиції, тис. грн.	618,2
9. Строк окупності інвестицій, років	3,93

ВИСНОВОК

В результаті установки технологічної лінії для виробництва «Лимонної кислоти» обсяг виробленої продукції цеху виробництва складе 2 тонни, що в грошовому вираженні складає 360 тис. грн. Собівартість виробленої продукції складає 168 тис.грн. Прибуток після установки цеху складає 192 тис.грн., з якого чистий прибуток складає 157,44 тис.грн. інвестиції у проєкт необхідні у сумі 618,2 тис.грн., строк окупності яких складе 3,93, що є достатньо для цього виробництва. Всі розраховані показники дозволяють стверджувати, що виробництво лінії Лимонної кислоти на комплексному біотехнологічному заводі є економічно вигідним та ефективним.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Безпека виробництва та застосування є невід'ємними вимогами до будь-якого технологічного процесу. Мірою безпеки на підприємстві служить вміст у повітрі приміщень і на поверхнях будь-яких потенційно небезпечних матеріалів. Об'єктами спостереження при вирішенні проблем виробничої безпеки є як робоче середовище, так і персонал. Тільки при благополучному стані зазначених об'єктів спостереження можна гарантувати, що прийняті заходи ефективні. Сказане рівною мірою відноситься також і до контролю всіх матеріальних потоків, що надходять з підприємства в навколишнє середовище.

6.1 Охорона праці

Ідентифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які мають найбільший вплив на працюючих

За своїм походженням та природою дії НШВФ можна поділити на 5 груп: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні та соціальні.

До фізичних НШВФ відносяться машини та механізми або їх елементи, а також вироби, матеріали, заготовки тощо, які рухаються або обертаються; конструкції, які руйнуються; системи, устаткування або елементи обладнання, які знаходяться під підвищеним тиском; підвищена запиленість та загазованість повітря; підвищена або понижена температура повітря, поверхонь приміщення, обладнання, матеріалів; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку, інфразвуку; підвищений або понижений барометричний тиск та його різкі коливання; підвищена та понижена вологість; підвищена швидкість руху та підвищена іонізація повітря; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; підвищене значення напруги в електричній мережі; підвищені рівні статичної електрики, електромагнітних випромінювань; підвищена напруженість електричного, магнітного полів; відсутність або нестача світла; недостатня

освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; понижена контрастність; прямий та віддзеркалений блиск; підвищена пульсація світлового потоку; підвищені рівні ультрафіолетової та інфрачервоної радіації; гострі кромки, задирки, шершавість на поверхні заготовок, інструментів та обладнання; розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги); слизька підлога; невагомість.

До хімічних НШВФ відносяться хімічні речовини, які по характеру дії на організм людини поділяються на токсичні, задушливі, наркотичні, подразнюючі, сенсibilізуючі, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію. По шляхам проникнення в організм людини вони поділяються на такі, що потрапляють через:

- 1) органи дихання;
- 2) шлунково-кишковий тракт;
- 3) шкіряні покриви та слизисті оболонки.

До біологічних НШВФ відносяться патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки, найпростіші) та продукти їхньої життєдіяльності, а також макроорганізми (тварини та рослини).

До психофізіологічних НШВФ відносяться фізичні (статичні та динамічні) перевантаження і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Соціальні НШВФ – це неякісна організація роботи, понаднормова робота, необхідність роботи в колективі з поганими відносинами між його членами, соціальна ізоляція з відривом від сім'ї, зміна біоритмів, незадоволеність роботою, фізична та/або словесна образа та її ризик, насильство та його ризик. [16,17,18].

У проєктованому цеху з виробництва ферменту β -галактозидази встановлено наступне обладнання:

1. Ферментер
2. Посівний апарат
3. Центрифуги

4. Електродвигуни
5. Фільтри для очищення повітря
6. Компресори
7. Реактор змішувач

У процесі роботи виникає ряд потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів: фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні(згідно Державних санітарних норм і правил), які показані у табл. 6.1

Таблиця 6.1 - Небезпечні і шкідливі виробничі фактори, нормоване значення, нормативний акт, джерело виникнення та можливі наслідки від їх дії

№ з/п	Найменування небезпечних і шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення
1	Рухливі машини і механізми	-	НПАОП 15.3-1.19-98	рух транспортних засобів, електрокарів, візків
2	Рухливі частини обладнання, які пересувають вироби	-	-//-	конвеєри
3	Підвищена запиленість повітря робочої зони	ГДК (солі)=6 мг/м ³ ГДК (оцт. к-та)=5 мг/м ³	Гігієнічні нормативи ГН 2.2.5.686-98	відділення розпакування та просіювання
4	Підвищена температура повітря робочої зони	Холодний період: 19-21 Теплий період: 21-23	ДСН 3.36.042-99	ферментер, посівний апарат, інокулятор
5	Підвищений рівень шуму на робочому місці	80 дБА	ДСН 3.037-99 санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку	ферментер, посівний апарат, інокулятор, електродвигуни, сепаратор
6	Підвищений рівень вібрації	50/76 дБ	ДСН 3.039-99 санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації	ферментер, посівний апарат, інокулятор, електродвигуни, сепаратор
7	Підвищена вологість	40 – 60 %	ДСН 3.36.042-99	ферментер, посівний апарат, інокулятор
8	Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання	-	НПАОП 40.1-1.01-97 40.1-1.32-01	ферментер, посівний апарат, інокулятор, електродвигуни, сепаратор, при роботі електричного устаткування

9	Підвищений рівень статичної електрики	-	НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок 40.1-1.32-01	електродвигуни, сепаратор, при роботі електричного устаткування
10	Недостатня освітленість робочої зони	КПО $\geq$ 1,5 %	ДБН В.2.5-28-2006 природне і штучне освітлення	ферментер, посівний апарат, інокулятор, електродвигуни, сепаратор
11	Гострі країки, задирки і шорсткість	-	НПАОП 15.3-1.19-98	на поверхнях заготівель, устаткування
12	Розташування робочого місця на значній висоті	-	НПАОП 15.3-1.19-98	ферментер, посівний апарат, інокулятор, сепаратор,
13	Подразнюючі	ГДК (солі)=6 мг/м ³ ГДК (оцт. к-та)=5 мг/м ³	Гігієнічні нормативи ГН 2.2.5.686-98	ферментаційне відділення, лабораторія, відділення
14	Патогенні мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності	Не допускаються	І 4.4.4.077-01	ферментаційне відділення, лабораторія
15	Фізичні перевантаження	-	-	ферментер, посівний апарат, інокулятор, електродвигуни, сепаратор
16	Монотонність праці	-	Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 № 248	ферментер, посівний апарат, інокулятор, електродвигуни, сепаратор

Екологічна безпечність виробництва

Визначення і нормування показників мікроклімату робочої зони

Для забезпечення нормованих показників повітряного середовища в робочій зоні на підприємстві передбачені оптимальні норми температури, відносної вологості, швидкості руху повітря представлені у табл. 6.2

Таблиця 6.2 - Виробниче приміщення, період року, категорія роботи, що виконується, температура, відносна вологість, швидкість руху повітря (за ДСН 3.36.042-99)

№ з/п	Найменування виробничого приміщення	Період року	Категорія роботи, що	Температура, °С (оптимальна)	Відносна вологість, % (оптимальна)	Швидкість руху повітря, м/с
1	Ферментаційне відділення	Холодний	Середньої важкості Па	18 – 20	40 - 60	0,2
2	Ферментаційне відділення	Теплий	Середньої важкості Па	21 – 23	40 - 60	0,3

Виробничі приміщення обладнані вентиляцією. Технологічний процес забезпечений приточно-витяжною вентиляцією, місцевими відсосами.

Мікроклімат робочої зони для створення комфортних та безпечних умов забезпечується за рахунок вентиляції, кондиціювання повітря, дистанційного управління технологічним обладнанням, спец. одягу, засобів індивідуального захисту, медичного огляду.

Виявлення джерел виробничого шуму і вібрації та їх нормування

Для зниження рівня шуму найбільш гучні виробництва виділяють в окремі приміщення звукоізолюючими стінами (компресорна, сепаратори, т.д.). Передбачено установку всього шумного обладнання на спеціальний фундамент; прямозубі зубчасті передачі замінені більше плавними передачами; своєчасний огляд за устаткуванням і його ремонт. Гранично припустимий рівень шуму на постійних робочих місцях - не більше 80 дБА згідно ДСН 3.037-99 та ДСН 3.039-99. Для робітників передбачені навушники.

Таблиця 6.3 - Технологічне обладнання, фактичне значення шуму, нормативне значення шуму, фактичне значення вібрації (локальна/загальна), нормативне значення вібрації (локальна/загальна)

№ з/п	Найменування одиниці технологічного обладнання	Нормативне значення шуму, дБА	Нормативне значення вібрації (локальна/загальна),
1	Ферментер	80	50/76
2	Посівний апарат	80	50/76
3	Інокулятор	80	50/76
4	Центрифуга	80	50/76
5	Електродвигуни	80	50/76
6	Фільтри для очищення повітря	80	50/76
7	Компресори	80	50/76
8	Реактор змішувач	80	50/76

Виділення і нормування показників освітлення робочої зони

Виробничий цех має природне та штучне освітлення згідно ДБН В.2.5.-28-2006.

Природна освітленість у проєктованому цеху рівномірна за рахунок віконних прорізів. Використовується бічне та суміщене освітлення. Бічне - денне світло проникає в приміщення через світлові прорізи в зовнішніх стінах будинку; сполучене - одночасно використовується природне й штучне світло. Засклені поверхні світлових прорізів очищають не рідше 1 разу у квартал.

Для штучної освітленості використовують електричні джерела світла. Передбачено робоче, аварійне й ремонтне освітлення. При неполадках і відключенні світла на виробництві застосовується аварійна освітленість для продовження роботи.

Проєктом передбачений необхідний рівень освітленості, наведений у табл. 6.4.

Таблиця 6.4. Виробниче приміщення, вид освітлення, найменший розмір об'єкта розрізнення, розряд та підрозряд зорової роботи, нормоване значення КПО, нормоване значення освітленості

№ з/п	Виробниче приміщення	Вид освітлення	Розряд та підрозряд зорової	Освітленість, лк min
1	Ферментаційне відділення	Суміщене	УШБ	100
2	Лабораторія	Суміщене	ШБ	300
3	Відділення приготування дезрозчинів	Суміщене	ШГ	200
4	Трансформаторна	Суміщене	ШГ	200
5	Щитова	Суміщене	УВ	200
6	Склад готової	Суміщене	УВ	200
7	Склад миючих засобів та дезрозчинів	Суміщене	ШГ	200
8	Відділення оформлення та упакування готової продукції	Суміщене	УВ	200

Вимоги безпеки щодо розташування та компонування виробничого обладнання

Розташування та компонування основного і допоміжного технологічного обладнання відповідає вимогам.

Мінімальна ширина магістральних проходів – 1,5 м.

Найменша відстань поміж стінами виробничої будівлі і обладнання – 1,0 м. При наявності постійних робочих місць між ними – 1,4 м.

Ширина проходів між обладнанням у вибухонебезпечних приміщеннях – не менш ніж 1,5 м.

Мінімальна ширина проходу між паралельно встановленим виробничим обладнання – 2 м, а відстань між окремо розташованим обладнанням – 0,8 м.

Для запобігання травматизму, пов'язаного з роботою устаткування для транспортування та інспекції, зміст і ремонт даного встаткування відповідає вимогам.

При обслуговуванні лінії оформлення готової продукції дотримуються наступні заходи безпеки, що запобігають шкідливому впливу механізмів, що рухаються: передбачені огороження, блокування, контроль над рівномірністю надходження продукції на лінію.

Для запобігання травматизму при розміщенні робочого місця на висоті передбачені сходи з поручнями шириною 1 м і проходи між устаткуванням і поручнями 1 м.

Електробезпека

Безпека від електричного струму забезпечується за допомогою наступних дій: струмоведучі частини устаткування ізолюються, деякі мають подвоєну ізоляцію (мийні машини); передбачене заземлення електродвигунів, автоматичне захисне відключення, попереджувальна сигналізація; усі виробничі приміщення класифіковані за категоріями табл. 5. Робітники забезпечені засобами захисту: діелектричні килимки біля розподільних щитів.

Електродвигун конвеєра із пристроєм, що обполіскує, закритий і має обдув. Електропроводка прокладається в гумових трубах, захищається від механічного ушкодження, нагрівання вологи.

Для запобігання травматизму від статичної електрики заземлене все устаткування. Насоси, реактори, пневмотранспорт відділені та заземлені окремо. Виробничі та допоміжні приміщення, категорія приміщень за чинниками виробничого середовища, категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом наведені у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 - Виробничі та допоміжні приміщення, категорія приміщень за чинниками виробничого середовища, категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом.

з/п	Виробничі та допоміжні приміщення	Категорія приміщень за чинниками виробничого середовища	Категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом
1	Ферментаційне відділення	вологе	I

2	Лабораторія	сухе	I
3	Відділення приготування дезрозчинів	вологе	I
4	Трансформаторна	сухе	II
5	Щитова	сухе	II
6	Склад готової	сухе	I

Примітка: I – приміщення без підвищеної небезпеки; II - приміщення з підвищеною небезпекою.

Визначення категорії приміщень з пожежовибухонебезпеки та класу можливих пожеж

Пожежна безпека відповідає вимогам стандартів, будівельних норм і правил, норм технологічного проектування [24].

До всіх будинків і споруджень забезпечений вільний доступ. У нічний час територія висвітлюється. Забороняється паління в невстановлених місцях.

Технологічне устаткування при нормальних режимах роботи пожегобезпечне, а на випадок небезпечних несправностей і аварій передбачаються захисні заходи, що обмежують масштаб і наслідки пожежі.

Класифікація виробничих приміщень за категоріями вибухопожежної і пожежної небезпеки представлена в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Виробничі та допоміжні приміщення, категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки, клас пожеж, клас зони з пожежовибухонебезпеки

№ п.п.	Виробничі та допоміжні приміщення	Категорія приміщень з пожежовибухо-	Клас пожеж	Клас зони з пожежовибухонебезпеки
1	Ферментаційне відділення	Д	A, B, E	II-1
2	Лабораторія	B	A, B, C, E	II-1
3	Відділення приготування дезрозчинів	B	A, B, E	II-1
4	Трансформаторна	Д	E	II-1
5	Щитова	Д	E	II-1
6	Склад готової продукції	B	A	II-1

Примітка: Категорія В. Горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали. Категорія Д. Негорючі речовини та матеріали в холодному стані. Клас П-I — це приміщення, де є горючі рідини з температурою спалаху парів понад 61°C.

Засоби пожежогасіння

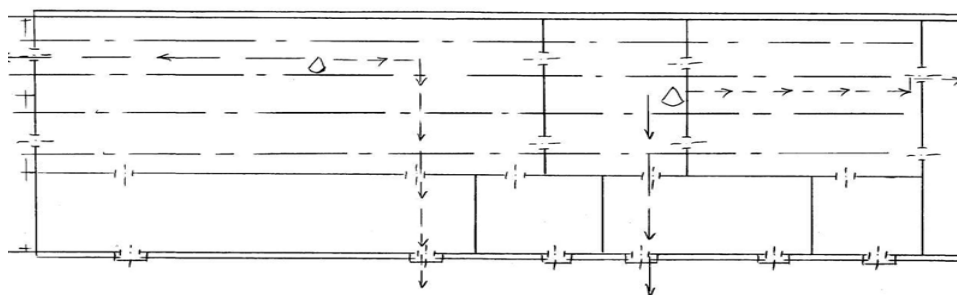
Гранична площа захисту від пожежі складає 1800 м² для приміщень категорії Д, 400 м² - для приміщень категорії В. Бочки з водою встановлюються на території підприємства. На входу у цех встановлений один пожежний щит, що включає в себе вогнегасник, відро, лопату, багри, ящик із сухим піском.

В залежності від категорії приміщення з пожежовибухонебезпеки та класу можливих пожеж, передбачені наступні засоби пожежогасіння:

- Пожежні сповіщувачі: ручні – кнопка; автоматичні – теплові.
- Переносні вуглекислотні вогнегасники марки ОУ-5 в кількості 8 шт. та переносні порошкові вогнегасники марки ОП-5 в кількості 8 шт. Встановлені у виробничому цеху 3 вогнегасники марки ОУ-5 та 3 - марки ОП-5), у відділенні оформлення та упакування готової продукції (2 вогнегасники марки ОУ-5 та 2 - марки ОП-5), на складі готової продукції (3 вогнегасники марки ОУ-5 та 3 - марки ОП-5).
- Система пожежогасіння: внутрішня – від пожежних кранів, встановлених на мережі внутрішнього протипожежного водопроводу; зовнішня – від пожежних гідрантів, встановлених на зовнішній мережі протипожежного водопостачання.

Загальні вимоги до шляхів евакуації

У будинках і приміщеннях на випадок виникнення в них пожежі або аварії передбачаються евакуаційні виходи, здатні забезпечити безпечну і швидку евакуацію людей і матеріальних цінностей (рис.2). До шляхів евакуації відносяться коридори, проходи, сходи, які ведуть до евакуаційного виходу. З виробничого будинку передбачено два евакуаційних виходи.



Δ - вогнегасник переносний;

Q - пожежний кран;

—————> —————> —————> —————> - основний вихід;

-----> -----> -----> -----> - запасний вихід.

Рис. 6.1 – План евакуації.

Евакуаційні шляхи і виходи втримуються вільними, нічим не захащуваними й у разі виникнення пожежі забезпечують безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд. Двері на шляхах евакуації відчиняються в напрямку виходу з приміщень.

Освітлення шляхів евакуації здійснюється тільки лампами. Освітлення вмикається з наступом сутінок, при наявності людей на робочих місцях.

Планування заходів з питань цивільного захисту

Методика розроблення планів з попередження НС. Комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів щодо запобігання та мінімізації наслідків НС природного характеру.

Особливості планування дій персоналу щодо локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій на ПНО та пом'якшення їхніх наслідків. Вимоги до складання та змісту аналітичної і оперативної частини плану локалізації і ліквідації аварійних ситуацій.

Методика планування заходів із фізичного, функціонального, та комбінованого захисту персоналу, а також ліквідації наслідків НС, на основі прогнозу варіантів (сценаріїв) розвитку обстановки, аналізу власних та ресурсів третіх сторін щодо реагування на НС та ліквідації їхніх наслідків з урахуванням режиму функціонування системи.

Нормативно-методичні документи із створення і управління діяльністю спеціалізованих служб та (або) функціональних підсистем Єдиної державної системи цивільного захисту.

Планування заходів захисту в зонах радіоактивного, хімічного і біологічного зараження

Планування заходів із запобігання поширенню інфекційних захворювань з первинного осередку.

Розрахунок сил і засобів з:

- укриття виробничого персоналу в захисних спорудах, визначення коефіцієнту їхнього захисту від дії проникної радіації;
- організації спостережень та дозиметричного контролю;
- проведення робіт з дезактивації ОГ та АТО;
- організації санітарного обслуговування людей та знезаражування одягу і техніки:
- обмеження зони хімічного забруднення створенням рідинних завіс;
- розведення розливу водою;
- локалізації розливу твердими сипучими матеріалами.

Забезпечення заходів і дій в межах єдиної системи цивільного захисту

Використання захисної тари і матеріалів для схову, виготовлення фасованих продуктів у надійному упакованні.

Способи герметизації складських приміщень і транспортних засобів. Захист продовольчої сировини, напівфабрикатів, води і готової продукції від зараження радіоактивними, отруйними речовинами і бактеріологічними засобами при технологічному процесі і при транспортуванні. Утилізація й знищення продуктів харчування, які не піддаються знезаражуванню.

Моніторинг за можливим поширенням забруднення та зараження включаючи поширення карантинних бур'янів, організація епізоотичного, фітопатологічного і токсикологічного контролю.

Організація біологічного, радіаційного та хімічного контролю сировини для виробництва продуктів харчування.

Організація виробництва незабруднених та якісних продуктів харчування та води в умовах зараження або забруднення, чи з зараженої або забрудненої сировини. [25,26,27,28,29,30].

6.2 Охорона навколишнього середовища

Обов'язок забезпечити безпеку персоналу підприємств повинна супроводжуватися такими ж заходами щодо захисту всіх інших людей від якого б то не було впливу всіх видів відходів, що утворюються на підприємстві. Повітря, що відводиться, має бути піддано фільтрації і контролюватися на чистоту.

Для заміни фільтрів і їх знешкодження повинні бути розроблені безпечні процедури.

Контроль за викидами шкідливих речовин в атмосфері відбувається згідно ДСП-201-97. Тверді відходи підлягають автоклавуванню, а потім зазвичай викидаються на звалище. Охорона ґрунту від забруднень повинна відповідати СанПіН 42-128-49-690. Обробка рідких відходів частково визначається місцем розташування підприємства. Місцеві інструкції регламентують головним чином такі фактори, як сприятливе біологічне споживання кисню і заходи по виключенню зі стоків солей, що володіють, корозійною дією.

Присутність в стічних водах мікробних клітин не обов'язково буде являти собою небезпеку, так як вміст їх в звичайних стічних водах буває досить високим. Однак окремі види або навіть штами мікроорганізмів можуть виявитися небезпечними або незвичайними для побутових стоків даного району. Стічні води після очищення повинні відповідати вимогам СанПіН 4630. Вплив же на характер стоків і на їх безпеку (або небезпеку) таких факторів, як внутрішньоклітинні матеріали і ендотоксини, з'ясовано поки тільки частково.

ВИСНОВКИ

1. На основі літературного пошуку проаналізовано різні способи виробництва лимонної кислоти та встановлено, що мікробіологічний метод глибинного культивування є найефективнішим;
2. Обґрунтовано вибір штаму-продуценту *Aspergillus niger*, який продукує найшвидший ріст міцелію для виробництва лимонної кислоти та підібрано оптимальний склад поживного середовища: глюкоза – $C_1 = 95,0$; хлорид амонію NH_4Cl – $C_2 = 2,0$; монокалій фосфат KH_2PO_4 – $C_3 = 1,0$; магній сірчаноокислий $MgO_4 \cdot 7H_2O$ – $C_4 = 0,2$; сульфат цинку ZnO_4 – $C_5 = 0,01$; перманганат MnO_4 – $0,005$;
3. Проведено розрахунки матеріального балансу, продуктового розрахунку та виробничих циклів для культивування *Aspergillus niger*;
4. Розроблена технологічна схема з параметрами процесів.
5. Запропоновано апаратурно-технологічну схему виробництва лимонної кислоти та підібрано відповідне енергоощадне технологічне обладнання.
6. Рекомендовано відповідні заходи щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища.
7. Передбачені перспективні способи утилізації відходів.
8. В результаті установки технологічної лінії для виробництва «Лимонної кислоти» обсяг виробленої продукції цеху виробництва складе 2 тонни, що в грошовому вираженні складає 360 тис. грн. Техніко-економічні показники проєкту дозволяють стверджувати, що виробництво лінії лимонної кислоти на комплексному біотехнологічному заводі є економічно вигідним та ефективним, оскільки собівартість виробленої продукції складає 168 тис.грн. Прибуток після установки цеху складає 192 тис.грн., з якого чистий прибуток складає 157,44 тис.грн. інвестиції у проєкт необхідні у сумі 618,2 тис.грн., строк окупності яких складе 3,93, що є достатньо для цього виробництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

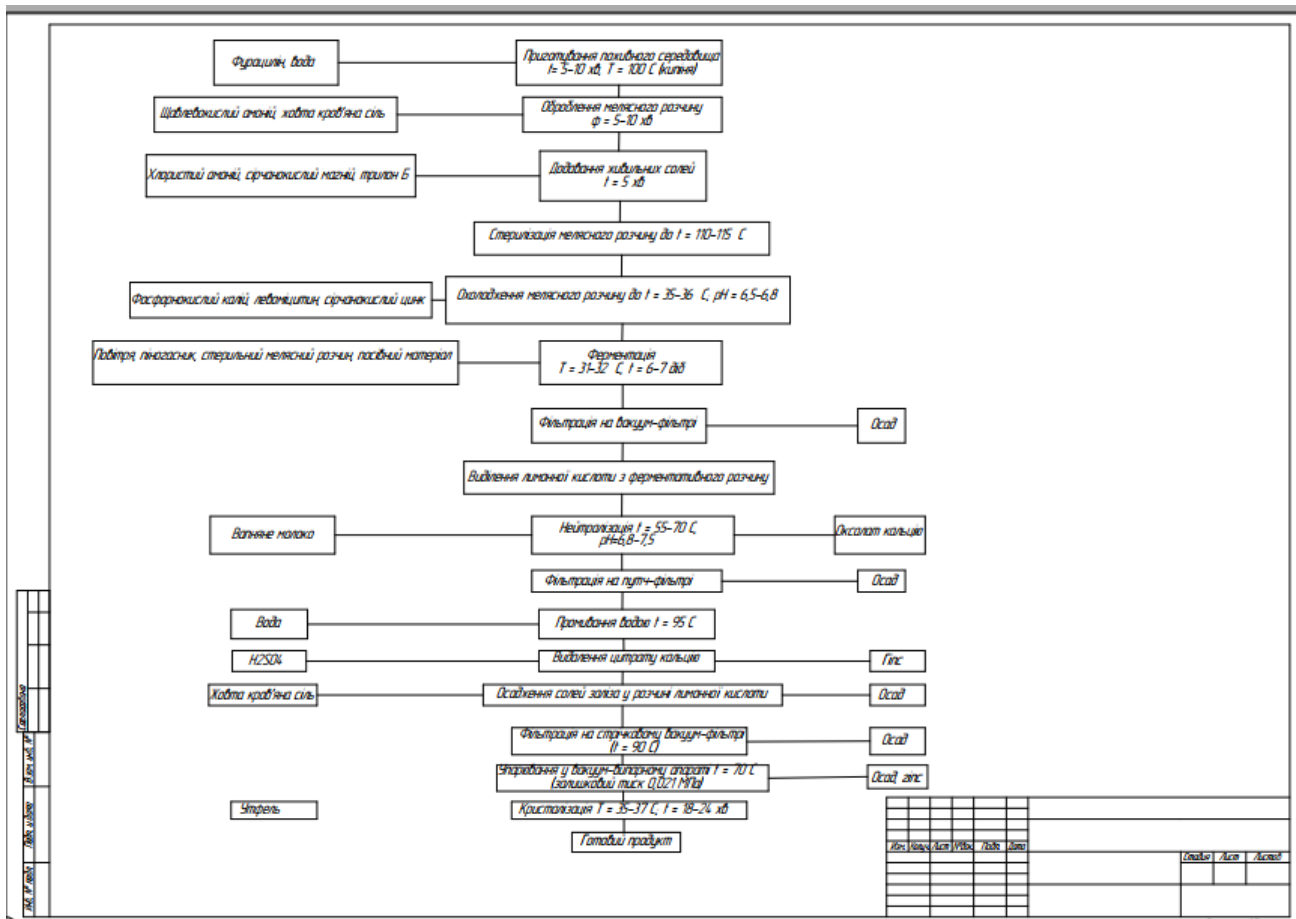
1. Ринок лимонної кислоти [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://latifundist.com/blog/read/2941-yak-zarobiti-ne-odin-limon-abo-yak-zbuduvati-zavod-limonnoyi-kisloti-na-osnovi-pererobki-agrosirovini#:~:text=%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%20%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8%20%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F,%D1%88%D0%BB%D1%8F%D1%85%D0%BE%D0%BC%20%D0%B2%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B6%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D1%96%D0%BD%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85%20%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B2>.
2. Ринок лимонної кислоти [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-molochnoj-i-limonnoj-kisloty-v-ukraine-2021-god>
3. Смирнов В.А. Харчові кислоти (лимонна, молочна, винна). — М.: Легка та харчова промисловість, 1983. — 264 с.
4. Біотехнологія. Вступ до фаху: навч. посіб. / К.Г. Гаркава, Л.О. Косоголова.О.В. Карпов, Л.С. Ястремська. - К.: НАУ, 2012. - 296 с.
5. Українська радянська енциклопедія : у 12 т. / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. — 2-ге вид. — К. : Головна редакція УРЕ, 1974—1985.
6. Лопес С, Зулуага А, Еррера С, Руїс А, Медіна В. Виробництво лимонної кислоти з *Aspergillus niger* NRRL 2270 з сироватки. Дина 2006; 73 (150):39-57
7. Виготовлення лимонної кислоти[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.baker-group.net/raw-materials-and-semi-finished-products/raw-materials-and-ingredients/2015-09-29-20-08-53-101.html>
8. Карклиньш Р. Я., Пробок А. К. Біосинтез органічних кислот / Рига: «Зинатне», 1972 – 244с
9. Виробничий контроль [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://bigenergy.com.ua/fnansi/bznes-dlya-pdpri/929-virobnichij-kontrol--7-etapiv-provedennya-kontrolyu.html>
10. І.В. Бондар, В.М. Гуляєв Промислова мікробіологія Харчова і агробіотехнологія. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092901 – “Промислова біотехнологія”. Дніпродзержинськ, видавництво ДДТУ, 2004. – 280 стор.
11. Божков А. И. Біотехнологія. Фундаментальні та промислові аспекти. - Харків: Федорко, 2008. - 364 с
12. Смирнов В.А. Харчові кислоти - М.: Агропромиздат, 1988 - 423 с
13. Гусарова О.В., асп.,Ковальчук В.В., студ., Савченко О.В., студ., Литвиненко Д.В., студ. Національний технічний університет України „КПІ”«Властивості лимонної кислоти як важливого продукту мікробіологічного синтезу».
14. Maheshwari, D. K., Dubey, R. C., Saravanamuthu, R. Industrial exploitation of microorganisms. New Delhi: I.K. International Pub. House, 2010. — P. 242.
15. Закон України "Про охорону праці" в редакції від 21 листопада 2002 р.
16. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".
17. Законодавство України про охорону праці (збірник нормативних документів. У 4 т. К.: Держнаглядохоронпраці; Основа, 1995.
18. Кодекс законів про працю України. К.: Юрінком Інтер, 1998. -1040 с.

19. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці (Реєстр ДНАОП). К.: Держнаглядохоронпраці; Основа, 1995. 223 с..
20. Основы проектирования производств в химико-фармацевтической промышленности: Учебник для студ.вузов / В.И.Чуешов, Л.А.Мандрыка, А.А.Сичкарь, П.Д.Пашнев, Л.М.Винник. Харьков: Вид-во НФаУ, 2004.460 с.
21. Євдін О.М., Могильченко В.В та ін.. Захист населення територій від надзвичайних ситуацій. Т.1. «Техногенна та природна небезпека». Т.3 «Інженерно- технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони) та містобудування». Посібник – К: КІМ, 2007, 2008- 636 с, 152 с.
22. ДСП-201-97. «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць» (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)
23. СанПиН 42-128-49-690 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест».
24. Основи біотехнології: підручник для студ. Освітнього рівня бакалавр спец. «Біологія»/ уклад. Н. Ю. Мацай. Луганськ: Держ. Закл. «Луган. Нац. Ун-т імені Тараса Шевченка». Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2011. – 153 с
25. СанПіН 4630 «Санітарні правила та норми охорони поверхневих вод від забруднення».
26. Питательная среда [Електроний ресурс].-Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Питательная_среда
27. Живильні середовища. Класифікація їх за призначенням, походженням, складом. Основні вимоги до живильних середовищ [Електроний ресурс].-Режим доступу до ресурсу: <http://um.co.ua/8/8-15/8-153472.html>
28. Підготовка поживних середовищ середовищ [Електроний ресурс].-Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/7443249/page:10/>
29. Асептика біотехнологічних виробництв/ Головей О.П. Гуляєв В.М.// Кам'янське,2017.139с.
30. Конституція України: N 528 від 27.12.2001 // відомство Верховної Ради. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2006, 42 с.
31. ДСН 3.36.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
32. ДСН 3.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
33. ДСН 3.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
34. ДБН В.2.5.-28-2006. Природне і штучне освітлення.
35. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок.
НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок.
36. Васильченко О.А., П'янова О.О. Біотехнологічні аспекти отримання лимонної кислоти // Науковий вісник НЛТУ України. -2012. -Вип. 22.1. -С. 100-110.2.
37. Авчієва П.Б., Винаров А.Ю., Козлова І.А. Біосинтез лимонної кислоти з глюкози при неперервній ферментації *Asporgillusniger*.

ДОДАТКИ

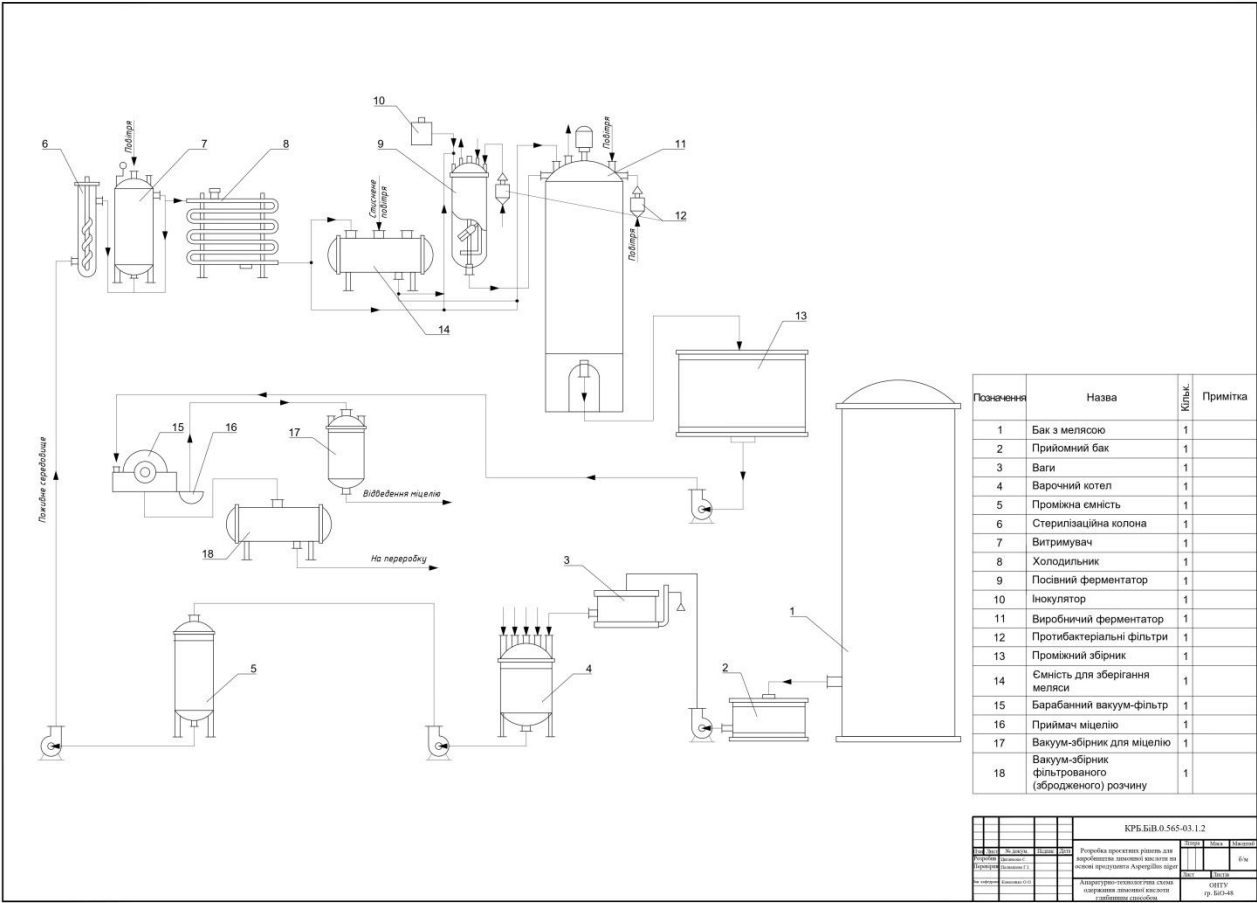
Додаток А

Технологічна схема одержання лимонної на основі продуцента *Aspergillus niger* глибинним способом



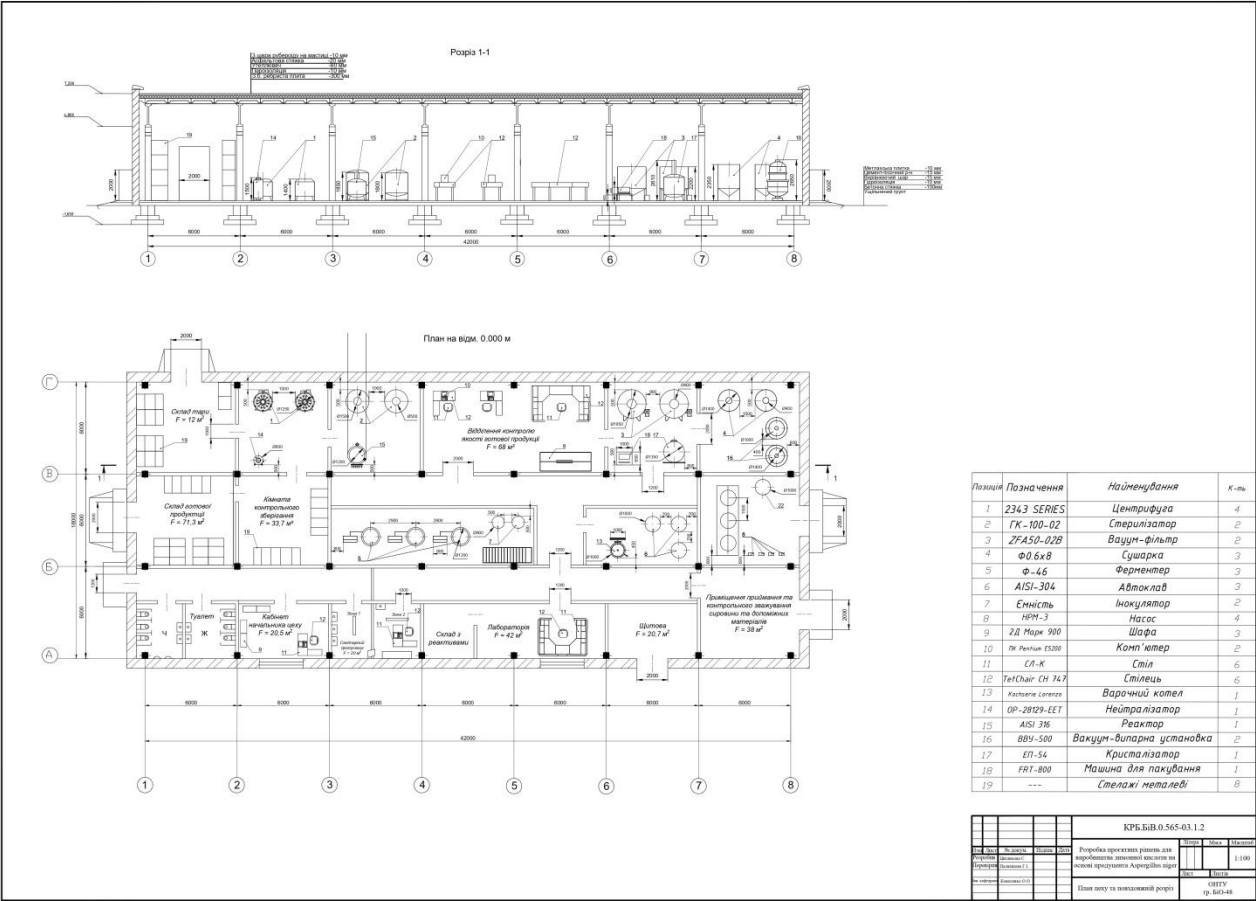
Додаток Б

Апаратурно-технологічна схема одержання лимонної на основі продуцента *Aspergillus niger* глибинним способом

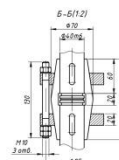
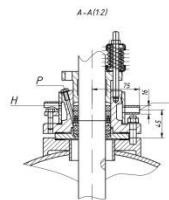
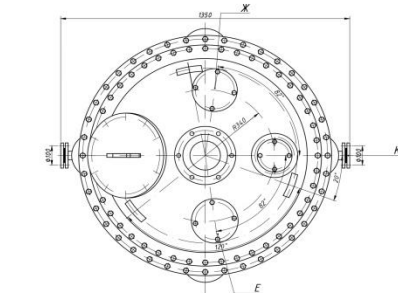


Додаток В

План цеху та повздовжній переріз



Кристалізатор у розрізі



Технічна характеристика:

- | | | |
|----|--|----------------|
| 1. | Номинальний об'єм, м ³ : | 0,63 |
| 2. | Площа поверхні теплообміну рубашки, м ² : | 2,5 |
| 3. | Робочий надлишковий тиск, МПа: | |
| - | в корпусі | 1,0 |
| - | в оболонці | 0,6 |
| 4. | Температура середовища, °C: | |
| - | в корпусі | 53,5 |
| - | в сорочці | 10 |
| 5. | Густина середовища | |
| - | в корпусі апарату, кг/м ³ : | не більше 1355 |
| 6. | Коефіцієнт заповнення | 0,75 |
| 7. | Номинальна потужність приводу перемішуючого пристрою, кВт: | 1,18 |
| 8. | Частота обертання перемішуючого пристрою, об/хв: | 20 |

Позначення	Призначення	Кіл.	Умовний прохід, мм	Умовний тиск, МПа
Г	Лук для промивки і огляду корпусу	1	300	1
Д	Для завантаження продукту	1	50	1
Е	Запасний	1	80	1
Ж	Для відбору парів	1	80	1
И	Для відведення охолоджуючої рідини	1	40	0,6
К	Для відведення охолоджуючої рідини	1	40	0,6
Л	Для відведення охолоджуючої рідини	1	40	0,6
М	Штуцер нижнього спуску	1	65	1
И	Для відведення охолоджуючої рідини	1	15	-
К	Для відведення охолоджуючої рідини	1	15	-
Л	Для відведення замазувального матеріалу чи істильної/води	1	10х1	-

				КРБ.БіВ.0.565-03.1.2			
					Атмос.	Маса	Місткість
Дія	Дія	№ докум.	Повне	Дата			1:10
Розробка	Діагностика	С					
Перевірка	Підтвердження	Г.1					
на оформленні	Класифікація	О.О.			Лист	Листів	
Кристалізатор					ОНТУ гр. БіО-48		

Найменування показників	Значення показників
1. Обсяг виробленої продукції, кг	2 000,00
2. Обсяг виробленої продукції, тис. грн.	360,00
3. Собівартість виробленої продукції, тис. грн.	168,00
4. Оподаткований прибуток, тис. грн.	192,00
5. Чистий прибуток, тис. грн.	157,44
6. Чисельність працюючих, люд.	12,00
7. Середньорічний виробіток одного працівника, тис. грн.	30,00
8. Інвестиції, тис. грн.	618,20
9. Строк окупності інвестицій, років	3,93