

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) біотехнології та екологічного контролю

Кафедра біотехнології і мікробіології

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

(підпис) Грегірчак Н.М.
(прізвище та ініціали)

(підпис) Пирог Т.П.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2020 р.

« ___ » _____ 2020 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Біотехнологія»

на тему: Біосинтез β -каротину *Blakeslea trispora*

Виконав: здобувач IV курсу, групи 2

Мовчан Данііл Васильович
(прізвище ім'я по батькові повністю) _____
(підпис)

Керівник

Гудзенко Олена Володимирівна
(прізвище ім'я по батькові повністю) _____
(підпис)

Консультанти

Клименко О.М.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2020 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) біотехнології та екологічного контролю

Кафедра біотехнології і мікробіології

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології і мікробіології

_____ Пирог Т.П.

«17» березня 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мовчану Даніілу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Біосинтез бета-каротину *Blakeslea trispora*

керівник роботи Гудзенко О.В., ст. викл.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «16» березня 2020 року № 227-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Об'єм ферментера - 32 м³, коефіцієнт заповнення – 0.6, *Blakeslea trispora*, Бета-каротин

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Опис цільового продукту, обґрунтування вибору біологічного агента та поживного середовища для його культивування, техніко-економічне обґрунтування, біосинтез цільового продукту, обґрунтування вибору технологічної схеми, матеріальний баланс і розрахунок обладнання, специфікація обладнання, опис технологічної схеми, контроль виробництва, автоматизація ділянки виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу

Апаратурна та технологічна схема «Культивування *Blakeslea trispora* для одержання Бета-каротину», схема ділянки автоматизації виробництва

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
10	Клименко Олег Миколайович доцент, к.т.н., кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління	23.03.2020	24.04.2020

7. Дата видачі завдання «17» березня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1.Опис цільового продукту	20.03.2020	
2	РОЗДІЛ 2. Обґрунтування вибору біологічного агента та поживного середовища для його культивування	27.03.2020	
3	РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування	10.04.2020	
4	РОЗДІЛ 4. Біосинтез цільового продукту	24.04.2020	
5	РОЗДІЛ 5. Обґрунтування вибору технологічної схеми	1.05.2020	
6	РОЗДІЛ 6. Матеріальний баланс і розрахунок обладнання	8.05.2020	
7	РОЗДІЛ 7. Специфікація обладнання	15.05.2020	
8	РОЗДІЛ 8. Опис технологічної схеми	22.05.2020	
9	РОЗДІЛ 9. Контроль виробництва	25.05.2020	
10	РОЗДІЛ 10. Автоматизація ділянки виробництва	26.05.2020	
11	Виконання графічної частини проекту	27.05.2020	
12	Вступ, реферат	27.05.2020	

Здобувач _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Представлено проект виробництва субстанції кормового β -каротину у вигляді порошку за допомогою сумісного культивування штамів *Blakeslea trispora* ATCC14271 (+) та ATCC14272 (-), який синтезує на середовищі з арахісовою олією та Tween-20 9,65 г/л цільового продукту. Бета-каротин – це попередник вітаміну А, який використовується для підтримки росту, імунітету та несучості кур. Розрахована річна потужність його виробництва становить 1128627,5 л культуральної рідини, а потужність одного циклу становить 16,6 м³. Технологія виробництва субстанції складається з допоміжних робіт (приготування мийних засобів, підготовка аераційного повітря, приготування та стерилізація поживного середовища, розчину соляної кислоти, заварювання кукурудзяного крохмалю та ін.) та основних процесів (вирощування інокуляту в колбах на качалці, малому інокуляторі, інокуляторі та посівному апараті, виробничого біосинтезу, фільтрування культуральної рідини, сушіння за допомогою стрічкової сушарки та подрібнення), що наведені в технологічній та апаратурній схемах. Дипломний проект викладений на 140 стор. друкованого тексту, містить 27 таблиць, 4 рисунки і складається з вступу, десяти розділів, списку використаної літератури (49 джерел) та графічної частини (5 креслень формату А1, 2 креслення формату А3 та 1 креслення формату А4).

Ключові слова: *Blakeslea trispora*, β -каротин, провітамін, штам-продуцент, арахісова олія, Tween-20, біосинтез, біомаса.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КоА коензим А

ЦТК цикл трикарбонних кислот

ПЛК-Програмований логічний контролер

ПК-персональний комп'ютер

АРМ-Автоматизоване робоче місце

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. Опис цільового продукту

РОЗДІЛ 2. Обґрунтування вибору біологічного агента та поживного середовища для його культивування

2.1. Обґрунтування вибору біологічного агента

2.2. Обґрунтування вибору поживного середовища

2.3. Узагальнене порівняння біологічних агентів

РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування

3.1. Розрахунок річної потреби у β -каротині, що входить до складу комбікормів для забезпечення птахофабрик

3.2. Розрахунок потужності виробництва β -каротину

3.3. Розрахунок об'єму ферментера для біосинтезу β -каротину

3.4. Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу для біосинтезу β -каротину

РОЗДІЛ 4. Біосинтез цільового продукту

4.1. Шляхи катаболізму у *Blakeslea trispora*

4.2. Біотрансформація ростового субстрату у цільовий продукт

РОЗДІЛ 5. Обґрунтування вибору технологічної схеми

5.1. Основні відомості про культивування *Blakeslea trispora*

5.2. Обґрунтування способу культивування

5.3. Обґрунтування вибору ферментера

5.4. Обґрунтування стадії підготовки виробничих приміщень, вибору мийних та дезинфікуючих засобів

5.5. Обґрунтування стадії підготовки обладнання і комунікацій.

5.6. Обґрунтування стадії підготовки стерильного аераційного повітря.

5.7. Обґрунтування способу підготовки та стерилізації поживного середовища для культивування *Blakeslea trispora* ATCC14271 (+) та ATCC14272 (-) - продуцента β -каротину.

5.8. Обґрунтування вибору способу виділення цільового продукту.

РОЗДІЛ 6. Матеріальний баланс і розрахунок обладнання

РОЗДІЛ 7. Специфікація обладнання

РОЗДІЛ 8. Опис технологічної схеми

РОЗДІЛ 9. Контроль виробництва

РОЗДІЛ 10. Автоматизація ділянки виробництва

ВСТУП

Для підвищення продуктивності курей-несучок в виробничих умовах часто використовують різні біологічно-активні речовини, зокрема вітаміни і провітаміни. Високу ефективність мають препарати, що містять каротиноїди, застосування яких коригує харчування птиці і підвищує деякі фактори неспецифічного захисту організму.

β -каротин є провітаміном А. При потраплянні в організм людини чи тварини, бета-каротин шляхом складних реакцій синтезується в вітамін А (ретинол), чим суттєво відрізняється від інших каротиноїдів. Гіповітаміноз А - хронічне захворювання яке виникає у курей при нестачі і поганому засвоєнню вітаміну А та провітаміну бета-каротину.

Слід зазначити, що повноцінність харчування тварин залежить від надходження каротину і вітаміну С з кормами, а також від ефективності їх засвоєння, наявності і величини тканинних запасів. Близько 50 каротиноїдів здатні відтворювати активність вітаміну А, і тому їх відносять до числа каротиноїдів, які є провітаміном А.

У ембріонів птахів порушується розвиток та формування хрящів, кісток і райдужної оболонки очей. Гіповітамінозом А хворіють практично більшість дорослих птахів. Серед молодняку на птахофабриках гіповітаміноз А часто реєструється після періоду інкубації і відгодівлі. Хвороба часто є причиною шлунково-кишкових і респіраторних хвороб, затримки росту і розвитку птиці.

В даний час особливо гостро стоїть проблема забезпечення кормів каротиновмісними препаратами, оскільки обсяг заготовок корму з каротиноїдами практично припинився, отже, виготовлення добавок з β -каротином до комбікорму є актуальним.

Новизна. Досить тривалий час культивування(168 год) *Blakeslea trispora*, та співвідношення штамів АТСС14271(+) до АТСС14272(-) як 1 до 10, що збільшує

					НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мовчан Д.В.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Гудзенко О.В.					7	2
Реценз.						Кафедра БТМ ^н		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						

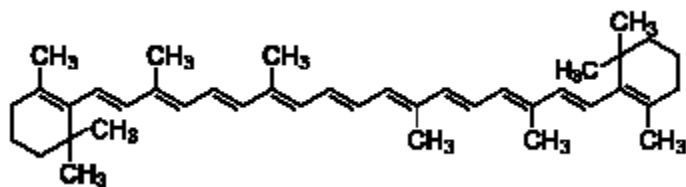
вихід цільового продукту.

Новизна даного дипломного проекту полягає в тривалому культивуванні, зміненому співвідношенні штамів, що призводить до підвищення рівня синтезу β -каротину до 9,65 г/л [1].

РОЗДІЛ 1.Опис цільового продукту

β -каротин є природним пігментом, що використовується в різних промислових галузях (харчова, косметична, фармацевтична, тощо) і має вищу активність провітаміну А, щодо інших каротиноїдів.

Слово каротин походить від латинського “carota”, що означає морква. Це яскраво помаранчевий (жовтий) пігмент, який надає овочам яскраве забарвлення.[2] Генріх Вакенродер у 1831 році першим зміг кристалізувати кристали бета-каротину з моркви і дав їм ім'я каротин. Формула β -каротину – $C_{40}H_{56}$ – була відкрита 1907 року. Його структурна формула виглядає так: (Рис 1.1)



(Рис 1.1) Хімічна формула β -каротину.

β -каротин має хімічну формулу $C_{40}H_{56}$ та його молекулярна маса складає 536 г/моль. Температура плавлення бета-каротину $180^{\circ}C$. [3]

Бета-каротин не розчиняється у воді, а його масляні розчини мають дуже низьку концентрацію (не більше 0,1%). Тому засвоєння бета-каротину з таблетірованих препаратів і масляних розчинів істотно залежить від вмісту жирів і стану системи травлення.

Людський організм перетворює бета-каротин у вітамін А (ретинол). Вітамін А потрібен нам для здорової шкіри, слизової оболонки, імунної системи, здоров'я очей та гострого зору.

Вперше його синтезували в 1956 році, але дослідження велися ще з 1831 року, коли Вакенродер виділив бета-каротин з моркви. Природний каротин активніший, ніж синтезована хімічним шляхом його форма. До того ж синтетичний аналог здатний викликати алергічні реакції.[4]

					НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мовчан Д.В.			РОЗДІЛ 1.Опис цільового продукту	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Гудзенко О.В.					9	3
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						

Бета-каротин не токсичний навіть у великих дозах, чим відрізняється від вітаміну А, але він менш активний, особливо у вигляді масляного розчину. Дуже важливо для засвоєння наявність жовчі в кишечнику, у дітей здатність до засвоєння менше. Засвоюється приблизно 10-40% через волокнистої структури каротину, решта виводиться природним шляхом.[4]

Є одна важлива ознака, за якою можна визначити вміст каротину - забарвлення продукту. Всі рослинні джерела мають в кольоровій гамі зелений, жовтий, помаранчевий і червоний кольори. До них можна віднести: морква, масло обліпихи, щавель, абрикоси, кавун, капусту, кабачки, помідори, гарбуз, цикорій, шпинат. До джерел тваринного походження відносяться печінка, молоко домашнє, жовток яйця.

Бета-каротин використовується як харчова добавка та харчовий барвник. За допомогою бета-каротину підфарбовують морозиво, фруктовий лід та кондитерські вироби. Також його використовують як консервант для консервів з риби, м'яса та овочів.

А також, морква містить велику кількість бета – каротину, після прийому органами травлення, він може бути перетворений в вітамін А, вітаміну А є більшість продуктів безпеки. Він може підтримувати здоров'я шкіри і очі, покращує стан нічний сліпоті, грубої шкіри, допомагає організму від ушкодження вільних радикалів.[5]

Як приклад розглянемо кормову добавку для збагачення кормів і балансування раціонів тварин за бета-каротином - РОВИМИКС Бета-Каротин 10%.

Тваринний організм не здатний самостійно синтезувати вітамін А, який є важливою біологічно активною речовиною, яка бере участь в таких процесах, як ріст та розмноження.

Переваги використання РОВИМИКС Бета-Каротин 10%:

- стимулює імунну систему (антиканцерогенний ефект);
- підвищують опір до різних інфекцій;

- підвищують кількісні та якісні показники процесів запліднення, виводимості курчат;
- забезпечує життєздатність і ріст молодняку;
- позитивно впливає на розвиток шкіри та слизових оболонок, зір.

РОВИМИКС Бета-Каротин 10% містить в якості діючої речовини отриманий хімічним синтезом бета-каротин - не менше 10%, а також допоміжні компоненти: желатин - 30,12%, декстрин - 11,88%, сахарозу - 12%, кукурудзяний крохмаль - 33%, ентоксівін - 2%, аскорбіл пальмітат - 1%.

Специфікація: порошок червоно-коричневого кольору, не електростатичний, має гарну сипучість.

Норма введення: водять в премікси або комбікорми на комбікормових підприємствах, що мають обладнання для ступеневого змішування.

Форма випуску: 5 кг і 20 кг в паперових мішках з алюмінієвим вкладишем.

Термін придатності: 36 місяців з дати виготовлення, після відкриття упаковки 1 місяць. Переховувати в розкритій упаковці, в сухому приміщенні, захищеному від прямих сонячних променів при температурі від 0 до 15 ° С.

Виробник: «DSM Nutritional Products France SAS», Франція.[6]

РОЗДІЛ 2. Обґрунтування вибору біологічного агента та поживного середовища для його культивування

2.1. Обґрунтування вибору біологічного агента

В табл. 2.1 наведено порівняння біологічних агентів, включаючи: склад поживного середовища, тривалість культивування, концентрацію цільового продукту та особливості процесу біосинтезу.

Таблиця 2.1. Порівняльна характеристика штамів мікроорганізмів, що синтезують бета-каротин

Біологічний агент	Склад поживного середовища, г/л	Тривалість культивування	Концентрація цільового продукту	Особливість процесу біосинтезу	Використана література
<i>Blakeslea trispora</i> ATCC14271(+) ATCC14272(-)	Кукурудзяне борошно - 23 Пшеничне борошно - 12 Кукурудзяний сироп - 31 Соєва олія - 30 Na ₂ HPO ₄ *12H ₂ O - 2 MgSO ₄ - 0.3 Лецитин - 1.0	168 год	9.65 г/л	Ферментація проходять при t=25 ° C та pH=6,5	Pat. US9290787 B2 Method of producing natural β-carotene by fermentation and use thereof / <u>Xinde Xu, Mingqing Jiao, Dong Shao, Bin Shao, Leiming Yu</u> ; обладатель: Zhejiang Medicine Co., Ltd., Xinchang Pharmaceutical Factory. - PCT/CN2012/0006

НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мовчан Д.В.			Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Гудзенко О.В.				12	74
Реценз.					Кафедра БТМ		
Н. Контр.							
Затверд.		Пирог Т.П.					

РОЗДІЛ 2.
Обґрунтування вибору біологічного агента та поживного середовища

Продовження таблиці 2.1

<i>Dacryopinax spathularia</i>	Глюкоза - 35 Кукурудзяний сироп - 3 Діамоній фосфат 2 Калій-кислотний фосфат - 1,5 Магній сульфат 1,5 Хлорид калію 1 Фермент гідролізований лактальбумин 1 Соевий білок 1	144 год	450 мг / л	Ферментація проходять при t=27 ° C та pH=5,5	Microbiological production of carotenoids Wendall Moore Farrow, Orange, and Benjamin Tabenkin, Montclair, N.J., assigns to Hoifmann-La Roche 'Inc., Nutley, N.J., a corporation of New Jersey No Drawing. Filed Nov.'12, 1958, Ser. No. 773,184
<i>Rhodotorula glutinis</i> ASU6	Глюкоза - 30 Дріжджовий екстракт - 1,5 KH ₂ PO ₄ - 1,5 L-аспарагін - 0,12 MgSO ₄ · 7H ₂ O - 0,5	72 год	204.29 мг / л	Ферментацію проводять при t=28 ° C та pH=7,0	Magdy Mohamed Khalil Bagy, Mohamed Hemida Abd-Alla, Nivien Allam Nafady, Fatthy Mohamed Morsy, Ghada Abd-Elmonsef Mahmoud. Bioconversion of plant wastes to β-carotene by <i>Rhodotorula glutinis</i> // European Journal of Biological Research - 2016. - 6, N 4. - P. 266-241.

Згідно табл 2.1 ми бачимо, що склад поживного середовища для даних продуцентів схожий, за основними компонентами.

Штам гетероталічного гриба *Blakeslea trispora* є найбільш ефективнішим продуцентом бета-каротину. Штами (+) та (-) вирощують у співвідношенні 1:10 окремо, а потім разом для культивування бета-каротину.

Для біосинтезу β -каротину можуть використовувати також *Dacryopinax spathularia* та *Rhodotorula glutinis*.

Dacryopinax spathularia - спороутворюючий гриб, колонії якого утворюють помаранчеве забарвлення.

Rhodotorula glutinis – це дріжджі, які утворюють колонії рожевого кольору.

Порівнюючи концентрацію цільового продукту між продуцентами, видно що кількість бета-каротину різниться. Штам *Blakeslea trispora* ATCC14271(+) ATCC14272(-) більше синтезує цільового продукту (9,65 г/л) ніж штамми *Rhodotorula glutinis* ASU6 який продукує 204.29 мг/л та *Dacryopinax spathularia* (450 мг/л).

Порівнюючи тривалість культивування видно, що штам *Blakeslea trispora* ATCC14271(+) ATCC14272(-) має довший процес біосинтезу (168 год) ніж у штам *Dacryopinax spathularia* (144 год) та штам *Rhodotorula glutinis* ASU6, який складає всього 72 год.

Порівнюючи особливості процесу біосинтезу, *Rhodotorula glutinis* має більш складні умови культивування та потребу в інтенсивному керуванні. А для *Blakeslea trispora* потрібен контроль за рН середовища та потрібне підлучення кожні 24 години.

2.2 Обґрунтування вибору поживного середовища

Таблиця 2.2. Вартість компонентів поживних середовищ

Продуцент	Компонент середовища, г/л	Ціна компонента, грн./кг	Ціна компонента на 1 л середовища, грн	Джерело
<i>Blakeslea trispora</i>	Склад поживного середовища для вирощування інокуляту			
	Глюкоза - 13 г	99 грн/кг	1,29 грн	1

<i>Blakeslea trispora</i>	Арахісова олія – 100 г	492 грн/кг	49,2 грн	2
	Тіамін гідрохлорид – 0,02 г	638 грн/кг	0,01 грн	3
	MgSO ₄ – 0,02 г	38 грн/кг	0,01 грн	4
	Tween-20 – 0,1 г	154 грн/кг	0,02 грн	5
	Вартість 1 л середовища для культивування – 50,53 грн			
<i>Blakeslea trispora</i>	Склад поживного середовища для ферментації			
	Кукурудзяне борошно – 23 г	19,2 грн/кг	0,44 грн	6
	Кукурудзяний сироп – 31 г	89 грн/кг	2,76 грн	7
	Пшеничне борошно – 10 г	22 грн/кг	0,22 грн	8
	Соева олія – 30 г	74 грн/кг	1,41 грн	18
	Na ₂ HPO ₄ *12H ₂ O – 10 г	19 грн/кг	0,19 грн	9
	MgSO ₄ – 0,5 г	38 грн/кг	0,02 грн	4
	Лецитин – 2 г	363,75 грн/кг	0,73 грн	10
	Вартість 1 л середовища для культивування – 5,77 грн			
	Сумарна вартість середовища – 56,30 грн			
<i>Dacryopinax spathularia</i>	Глюкоза – 35 г	99 грн/кг	3,47	11
	Кукурудзяний сироп – 3 г	89 грн/кг	0,27	7
	(NH ₄) ₂ HPO ₄ – 2 г	27 грн/кг	0,05	12
	KH ₂ PO ₄ – 1,5 г	120 грн/кг	0,18	13
	MgSO ₄ – 1,5 г	38 грн/кг	0,06	4
	Лактальбумін – 1 г	1007 грн/кг	1,0	14
	Соевий білок – 1 г	95 грн/кг	0,1	15
	Вартість 1 л середовища для культивування – 5,13 грн			
<i>Rhodotorula glutinis</i>	Глюкоза – 30 г	99 грн/кг	2,97 грн	11
	Дріжджовий екстракт – 1,5 г	500 грн/кг	0,75 грн	12
	KH ₂ PO ₄ – 1,5 г	120 грн/кг	0,18 грн	13
	L-аспарагін – 0,12 г	490 грн/кг	0,06 грн	16

<i>Rhodotorula glutinis</i>	MgSO ₄ · 7H ₂ O – 0,5 г	9.20 грн/кг	0,01 грн	17
	Вартість 1 л середовища для культивування – 3,97 грн			

Згідно табл. 2.2 зрозуміло, що у *Blakeslea trispora* ціна поживного середовища вища на 52,33 грн, ніж у продуцента *Rhodotorula glutinis*. А ціна поживного середовища *Dacryopinax spathularia* дешевша ніж *Rhodotorula glutinis* на 3,53 грн. Тому що синтез бета-каротину у *Blakeslea trispora* проходить в дві стадії, і для кожної стадії потрібен свій склад поживного середовища.

Ціни наведені на 2019р:

1. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://kiev.prom.ua/p22960218-glyukoza-pischevaya-glyukoza.html>
2. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://kiev.prom.ua/p502114352-arahisovoe-maslo-pinda.html>
3. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://kiev.prom.ua/p541246968-tiamin-gidrochlorid-vitamin.html>
4. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://sezon.com.ua/product/sulfat-magniya-500-g-vodorastvorimoe-udobrenie>
5. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://kiev.prom.ua/p180966481-polisorbat.html>
6. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://kiev.prom.ua/p120608108-kukuruznaya-muka-1kg.html>
7. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://kiev.prom.ua/p481377980-kukuruznyj-sirop-fishing.html>
8. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://prom.ua/p422070269-boroshno-pshenichne-tslnozernove.html>
9. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://zaporozhe.flagma.ua/dinatriy-fosfat-picsh-o1113744.html>
10. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://prom.ua/p185632693-podsolnechnyj-letsitin-poroshke.html>

11. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://beze.com.ua/sirop-glyukoznyi-1-kg>
12. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <http://luckyfisher.com.ua/drozhzhevoj-ekstrakt-50gr>
13. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://prom.ua/p151620028-kalij-fosfornokislyj-zameschennyj.html>
14. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://silur.prom.ua/p21384316-natriya-molibdat.html>
15. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://dp.prom.ua/p274682293-sulfat-tsinka-vodnyj.html>
16. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://dp.prom.ua/p19026616-kuporos-mednyj-sulfat.html>
17. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://prom.ua/p509526377-sulfat-magniya-mgso47h2o;wholesale.html>
18. [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://prom.ua/p398522986-soevoe-maslo-litr;wholesale.html>

2.3. Узагальнене порівняння біологічних агентів

Узагальнена інформація порівнюваних продуцентів бета-каротину наведена в табл. 2.3, що дає змогу повноцінно охарактеризувати переваги та недоліки використання запропонованих продуцентів. В табл. 2.3 наведене порівняння за такими критеріями як: вартість 1 л середовища, концентрація цільового продукту, умовна вартість 1 г цільового продукту, тривалість культивування та кількість продукту утвореного за годину.

Таблиця 2.3. Умовна вартість 1 г цільового продукту

Біологічний агент	Вартість 1 л середовища, грн	Концентрація бета-каротину, г/л	Тривалість культивування, год	Кількість продукту утвореного за годину, мг/год	Умовна вартість 1 г цільового продукту, грн
<i>Blakeslea trispora</i> ,	56,30	9,65	168	57,44	5,83

Продовження таблиці 2.3

<i>Dacryopina</i> <i>x</i> <i>spathularia</i>	5,13	0,45	144	3,125	11,4
<i>Rhodotorul</i> <i>a glutinis</i>	3,97	0.204	72	2,833	19,46

Згідно з табл. 2.3 можна зробити висновки, що *Blakeslea trispora* має вищі показники по майже всім критеріям данної таблиці, окрім умовної ціни 1 г цільового продукту. Хоча у цього штаму дорожча ціна на середовище (56,30 грн/л), найнижча умовна ціна цільового продукту (5,83 грн/г) та тривалий час культивування (168 год), цим можна знехтувати, бо вихід цільового продукту (9,65 г/л) вищий ніж у інших штамів.

На основі порівняльних таблиць 2.1, 2.2 та 2.3, було визначено, що гетероталічний гриб *Blakeslea trispora* є більш ефективним штамом для синтезу бета-каротину, адже він має вищу біопродуктивність ніж інші штами.

РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування

3.1. Розрахунок річної потреби у β -каротині, що входить до складу комбікормів для забезпечення птахофабрик

На даний час стоїть проблема забезпечення птиці препаратами які містять каротиноїди. Клінічними ознаками нестачі бета-каротину і вітаміну А у птахів є: зниження несучості, ембріональна і постнатальна смертність досягають великих розмірів, втрата жовтого пігменту на ногах і zobі, викривлення зоба, блідість сережок і гребеня, втрата блиску, сухість і ламкість пір'я, відставання в зростанні, набряк повік, набрякання внутрішньоочної постити, сліпота, чи не координована хода. [7]

Таблиця 3.1. Вихідні дані для розрахунку річної потреби у β -каротині, що входить до складу комбікормів для забезпечення птахофабрик Київської області

Профілактика	Доза препарату у складі комбікорму мг/кг	Тривалість споживання, рік	Кількість препарату на 1 птицю, мг	Кількість голів птиць в Київській області на 2019 рік [2]	Загальна кількість препарату, кг
Гіповітаміноз А	500	1	23725	18363,4 тис.	435672

Згідно з статистики [8], одна птиця в день вживає – 130 г = 0,13 кг комбікорму. Отже за рік 1 птиця вживає – $0,13 \times 365 = 47,450$ кг комбікорму.

На 1 тонну комбікорму потрібно додавати 5 кг вітамінної добавки [9], а отже на 1 кг потрібно 5 грам добавки. В 5 грамах вітамінної добавки міститься – $5 \times 0,1 = 0,5$ г = 500 мг бета-каротину.

Кількість препарату на одну птицю: $47,450 \times 500 = 23725$ мг

НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мовчан Д.В.			РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Гудзенко О.В.					19	5
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						

Щоб забезпечити препаратом Київську область, потрібно: $18363400 \times 23725 = 435672$ кг.

3.2. Розрахунок потужності виробництва β -каротину

В Україні виготовляється та імпортується з-за кордону велика кількість препаратів для птиці, в склад яких входить бета-каротин або вітамін А. Прикладом є «ЛипоКар», «Каролін», «Тетравіт», «Рекс Вітал Бройлер» та інші. Приймаємо, що на виробництві буде вироблятися 2% від загальної потреби.

$$G_{\text{гп}} = 435672 \times 0,02 = \approx 8713 \text{ кг} = 8713000 \text{ г}$$

Концентрація цільового продукту при біосинтезі становить 9,65 г/л[1]. Кількість необхідної культуральної рідини для отримання 8713 кг або 8713000 г бета-каротину становить:

$$9,65 \text{ г} - 1 \text{ л}$$

$$8713000 \text{ г} - x$$

$$x = 902902 \text{ л}$$

Враховуючи сумарні втрати цільового продукту при виділенні (20%), необхідно отримати стільки культуральної рідини:

$$V_{\text{гп}} = 902902 / (1 - 0,2) = 1128627,5 \text{ л}$$

3.3. Розрахунок об'єму ферментера для біосинтезу β -каротину

Розрахуємо, скільки потрібно отримати культуральної рідини за цикл ферментації, аби розрахувати кількість стадії приготування посівного матеріалу.

Приймаємо кількість робочих трудоднів ($T_{\text{тр}}$) – 330, тоді кількість продукту на добу ($V_{\text{д}}$) становитиме:

$$V_{\text{д}} = V_{\text{гп}} / T_{\text{тр}} = 1128627,5 / 330 = 3420 \text{ л}$$

Кількість виробленого продукту за цикл ($V_{\text{кр}}$) буде становити:

$$V_{\text{кр}} = (K_1 \times V_{\text{д}} \times T_{\text{цф}}) / 24 = (1,1 \times 3420 \times 106) / 24 = 16,6 \text{ м}^3 / \text{цикл}$$

де $T_{\text{цф}}$ – цикл роботи ферментера, який включає тривалість виробничого біосинтезу для *Blakeslea trispora* ATCC14271(+) ATCC14272(-) (96 год) [1] та час підготовки ферментера до роботи (10 год).

K_1 – коефіцієнт запасу, що враховує можливість нестерильних операцій ($K_1 = 1,1 - 1,5$).

Розраховуємо геометричний об'єм ферментера для отримання 16,6 м³ культуральної рідини:

$$V_r = V_{кр}/K_{зап} = 16,6/0,6 = 27,7 \text{ де } K_{зап} - \text{ коефіцієнт заповнення ферментера.}$$

Найближчий за геометричним об'ємом ферментер $V_{\phi} = 32 \text{ м}^3$. Уточнюємо коефіцієнт заповнення:

$$K_{з\phi} = V_{кр}/V_{\phi} = 16,6/32 = 0,52, \text{ що не перевищує заданого значення.}$$

3.4. Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу для біосинтезу β -каротину

Blakeslea trispora це гетероталічний грибом, штами (+) та (-) вирощують у співвідношенні 10:1 (- : +) окремо, а потім ці штами суміщають та культують разом. [10]

За виробничий цикл отримують $V_{кр} = 16,6 \text{ м}^3$ культуральної рідини. Зауваживши, що кількість посівного матеріалу для ферментера становить 11% від об'єму поживного середовища, знаходимо необхідну кількість поживного середовища для культивування:

$$16600 \times 0,11 = 1826 \text{ л.}$$

1660 л культуральної рідини штаму (-)

166 л культуральної рідини штаму (+)

Одержання посівного матеріалу штаму (-)

За виробничий цикл отримують $V_{кр} = 1660 \text{ л}$ культуральної рідини.

Враховуючи те, що втрати у результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря становлять 10%, розраховуємо робочий об'єм ферментера з урахуванням втрат:

$$V_{роб1} = V_{кр}/(1-E_{\phi}) = 1660/(1-0,1) = 1844,5 \text{ л}$$

Посівний матеріал штаму (-) одержують у інокуляторі з робочим об'ємом $V_{\phi} = 3200 \text{ л}$.

Зауваживши, що кількість посівного матеріалу для інокулятора становить 10% від об'єму поживного середовища, знаходимо необхідну кількість поживного середовища для культивування:

$$V_{пс1} = V_{роб1}/(1+X_{\phi}) = 1844,5/(1+0,1) = 1676,8 \text{ л}$$

Отже кількість посівного матеріалу становить:

$$V_{\text{пм1}} = V_{\text{роб1}} - V_{\text{пс1}} = 1844,5 - 1676,8 = 167,7 \text{ л}$$

За умови, що втрати у результаті краплевою через колектор відпрацьованого повітря становлять 10%, підраховуємо кількість посівного матеріалу з урахуванням втрат:

$$V_{\text{роб2}} = V_{\text{пм1}} / (1 - E_{\text{па}}) = 167,7 / (1 - 0,1) = 186,4 \text{ л}$$

Знаходимо кількість посівного матеріалу для ферментера, яка має становити 10% від об'єму поживного середовища:

$$V_{\text{пс2}} = V_{\text{роб2}} / (1 + X_{\text{па}}) = 186,4 / (1 + 0,1) = 169,5 \text{ л}$$

Кількість посівного матеріалу становить:

$$V_{\text{пм2}} = 186,4 - 169,5 = 16,9 \text{ л}$$

Кількість інокуляту $V_{\text{роб2}} = 186,4$ л можна одержати під час культивування грибів у посівному апараті з геометричним об'ємом 400 л.

Для одержання 16,9 л посівного матеріалу штаму (-) враховуємо втрати у результаті краплевою через колектор відпрацьованого повітря 10%:

$$V_{\text{роб3}} = V_{\text{пм2}} / (1 - E_{\text{ін}}) = 16,9 / (1 - 0,1) = 18,8 \text{ л}$$

Кількість посівного матеріалу для інокулятора становить 10% від об'єму поживного середовища:

$$V_{\text{пс3}} = V_{\text{роб3}} / (1 + X_{\text{ф}}) = 18,8 / (1 + 0,1) = 17,1 \text{ л}$$

Кількість посівного матеріалу для інокулята становить:

$$V_{\text{пм3}} = V_{\text{роб3}} - V_{\text{пс3}} = 18,8 - 17,1 = 1,7 \text{ л}$$

Кількість інокуляту $V_{\text{роб3}} = 18,8$ л штаму (-) можна одержати при культивуванні грибів в інокуляті з геометричним об'ємом 40 л.

Для одержання 1,7 л посівного матеріалу штаму (-) розрахуємо кількість колб на качалці.

Кількість колб для отримання посівного матеріалу становитиме:

$$N_{\text{колб}} = V_{\text{пм3}} / (V_{\text{колб}} \times K_3) = 1700 / (750 \times 0,2) = 11,3 = 12 \text{ колб.}$$

Кількість інокуляту $V_{\text{пм3}} = 1,7$ л штаму (-) можна одержати при культивуванні грибів в 12 колбах на качалці об'ємом 750 мл.

Одержання посівного матеріалу штаму (+)

За виробничий цикл отримують $V_{кр} = 166$ л культуральної рідини.

Для одержання 166 л культуральної рідини в інокуляторі враховуємо втрати у результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря 10%.

Кількість поживного середовища у інокуляторі з урахуванням втрат:

$$V_{роб1} = V_{пм1} / (1 - E_{ін}) = 166 / (1 - 0,1) = 184,5 \text{ л}$$

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

$$V_{пс1} = V_{роб1} / (1 + X_{па}) = 184,5 / (1 + 0,1) = 167,7 \text{ л}$$

Кількість посівного матеріалу для інокулята становить

$$V_{пм1} = V_{роб1} - V_{пс1} = 184,5 - 167,7 = 16,8 \text{ л}$$

Кількість інокуляту $V_{роб1} = 184,5$ л можна одержати культивуванням в інокуляторі з геометричним об'ємом 400 л.

Кількість поживного середовища у малому інокуляторі з урахуванням втрат:

$$V_{роб2} = V_{пм1} / (1 - E_{ін}) = 16,8 / (1 - 0,1) = 18,7 \text{ л}$$

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

$$V_{пс3} = V_{роб3} / (1 + X_{па}) = 18,7 / (1 + 0,1) = 17 \text{ л}$$

Кількість посівного матеріалу для інокулята становить

$$V_{пм3} = V_{роб3} - V_{пс3} = 18,7 - 17 = 1,7 \text{ л}$$

Кількість інокуляту $V_{роб3} = 18,7$ л можна одержати культивуванням в інокуляторі з геометричним об'ємом 40 л.

Для одержання 1,7 л посівного матеріалу штаму (+) розрахуємо кількість колб на качалці.

Кількість колб для отримання посівного матеріалу становитиме:

$$N_{колб} = V_{пм3} / (V_{колб} \times K_3) = 1700 / (750 \times 0,2) = 11,3 = 12 \text{ колб.}$$

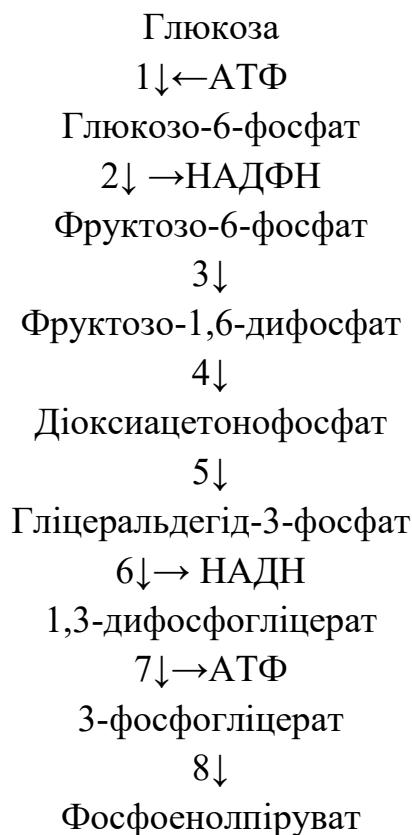
Кількість інокуляту $V_{пм3} = 1,7$ л штаму (+) можна одержати при культивуванні грибів в 12 колбах на качалці об'ємом 750 мл.

РОЗДІЛ 4. Біосинтез цільового продукту

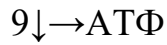
4.1. Шляхи катаболізму у *Blakeslea trispora*

Джерелом вуглецю та енергії при вирощуванні *B. trispora* є глюкоза (яка утворюється при розкладанні крохмалю гідролізату жита). Так як у Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes відсутня інформація про шляхи катаболізму ростового субстрату у штаму *B. trispora* штам ATCC14271(+) та ATCC14272(-), та близькоспоріднених родів, тому для побудови шляху метаболізму наводимо стандартний шлях метаболізму (гліколіз) згідно Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (рис 4.1), адже більше ніж у 90 % міроорганізмів функціонують «стандартні» ферменти гліколізу.

Глюкоза під дією глюкокінази (КФ 2.7.1.2) перетворюється на глюкозо-6-фосфат. Далі глюкозофосфатізомераза каталізує перетворення глюкозо-6-фосфату на фруктозо-6-фосфат, який в свою чергу під дією фосфофруктокінази перетворюється на фруктозо-1,6-дифосфат.



					НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 4. Біосинтез цільового продукту	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мовчан Д.В.					24	3
Керівник		Гудзенко О.В.						26
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						



Піруват

Катаболізм глюкози у *B. trispora*

Ферменти: 1 - гексокіназа (КФ 2.7.1.1); 2 - глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа (КФ 1.1.1.49); 3 - лактоназа (КФ.3.1.1.17); 4 - фосфоглюконатдегідратаза (КФ 4.2.1.12); 5 - альдолаза (КФ 4.1.2.13); 6 - гліцеральдегідфосфатдегідрогеназа (КФ 1.2.1.12); 7 -фосфогліцераткіназа (КФ 2.7.2.3); 8 - гліцератфосфомутаза, фосфогліцератфосфомутаза та енолаза (КФ 4.2.1.11); 9 -піруваткіназа (КФ 2.7.1.40)

Під дією фруктозодифосфатальдолази (КФ 4.1.2.13) фруктозо-1,6-дифосфат перетворюється на дві сполуки: гліцеральдегід-3-фосфат та дигідроксиацетонофосфат. Гліцеральдегід під дією гліцеральдегідфосфатдегідрогенази відновлюється до 1,3-дифосфогліцерату. Під дією фосфогліцераткінази перетворюється на 3-фосфогліцерат, який згодом перетворюється на фосфоенолпіруват.

Заключною реакцією гліколізу є перетворення фосфоенолпірувату на піруват, що каталізується ферментом піруваткіназою (КФ 2.7.1.40). Далі піруват залучається до інших шляхів метаболізму за участю специфічної піруватдегідрогенази (КФ 1.2.2.2).

Під час росту *B. trispora*, глюкоза у процесі гліколізу перетворюється на піруват. Далі піруват під дією дигідроксиліпоаміддегідрогенази перетворюється на ацетил-КоА, який залучається до циклу трикарбонових кислот.

4.2. Біотрансформація ростового субстрату у цільовий продукт

Для *B. trispora* штам ATCC14271(+) та ATCC14272(-) у Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes не наведено схеми амфіболізму пірувату. Для створення схеми біосинтезу цільового продукту скористаємося стандартною схемою циклу трикарбонових кислот представленою у KEGG, адже у грибів не виявлено відмінності у ключових ферментах від загального циклу трикарбонових кислот, який функціонує у прокариот. Тому для спрощення схеми ферменти для ЦТК не наводили.

Дві молекули ацетил-КоА за участю ферменту ацетоацетилтрансферази (КФ 2.3.1.9) сполучаються та утворюють ацетоацетил-КоА. За допомогою 3-окси-3-метилглутарил-КоА-синтази утворюється окси-3-метилглутарил-КоА. За допомогою 3,5-оксиметилглутарил-КоА-синтази (КФ 4.4.1.22) утворюється мевальдинова кислота. Далі під дією ферменту гідроксиметилглутарил-КоА-редуктази (КФ 1.1.1.34) відщеплюється HS-КоА з утворенням мевалонової кислоти. Мевалонова кислота фосфорилується до 5-фосфомевалонової кислоти за участю ферменту фосфомевалонаткінази (КФ 2.7.4.3), а далі ще раз фосфорилується до 5-пірофосфомевалонової кислоти за участю ферменту 3-фосфо-5-пірофосфомеваломевалонодекарбоксілази. Потім за допомогою ферменту пірофосфатмевалонатдекарбоксілази декарбоксілюється та дефосфорилується, утворюючи ізопентилпірофосфат. За допомогою ізопентилпірофосфатізомерази (КФ 5.3.3.2) ізопентилпірофосфат конденсується з утворенням геранілпірофосфату. Потім за допомогою ферменту фарнелізіпірофосфатсинтази (КФ 2.5.1.10) ізопентилпірофосфат знов приєднується з утворенням фарнелізіпірофосфату. За допомогою геранілгеранілпірофосфатсинтази (КФ 2.5.1.1); утворюється гераніл-геранілпірофосфат.

Далі утворюється димеризація геранілгеранілпрофосфату за допомогою фітоїнсинтази (КФ 2.5.1.32) з утворенням безбарвного C₄₀-попередника - фітоїну.

Потім відбувається дегідрування фітоїну за допомогою фітоїндесатурази (КФ 1.3.99.29) з утворенням лікопіну з поступовою втратою восьми протонів.

Лікопін циклізується за допомогою β-циклази (КФ 5.5.1.19) з утворенням іонових кілець, які являють собою основну частину β-каротину.

РОЗДІЛ 5. Обґрунтування вибору технологіної схеми

5.1. Основні відомості про культивування *Blakeslea trispora*

Відомо, що за допомогою гетероталічного гриба *Blakeslea trispora*, бета-каротин в промисловості отримують шляхом спарювання двох штамів (+) та (-). Ці два штами спочатку вирощують окремо один від одного, а лише потім їх суміщають в певному співвідношенні для отримання бета-каротину.

Також відомо що бета-каротин можуть синтезувати такі мікроорганізми як *Rhodotorula glutinis*, *Sphingomonas sp.*, *Dacryopinax spathularia*. Але найбільш продуктивним є *Blakeslea trispora*.

5.2. Обґрунтування способу культивування

Штамм *Blakeslea trispora* ATCC 14271 (+) та ATCC 14272 (-) має оптимальну температуру культивування 25°C, рН 6,5. Отже можливий ризик контамінації мезофільними та нейтрофільними мікроорганізмами. Це зумовлює необхідність забезпечення асептичних умов, що не можливо досягти при поверхневому(твердо-фазному) культивуванні. Асептичні умови забезпечують стерилізацією обладнання і комунікацій, поживного середовища, аероційного повітря. Для запобігання контамінації в ферментері створюється надлишковий тиск.

Для культивування *Blakeslea trispora* використовують глибинний спосіб з інтенсивним перемішуванням.

Синтез β-каротину досягається при сполученні двох штамів (+) та (-) в стаціонарній фазі. Отже, більш доцільним є періодичне культивування.

5.3 Обґрунтування вибору ферментера

Щоб визначити який саме тип ферментера необхідний для культивування *Blakeslea trispora* треба розглянути особливості даного продуцента.

Основними вимогами до ферментеру для культивування продуценту є: можливість культивування в асептичних умовах, можливість інтенсивної аерації,

НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
					РОЗДІЛ 5. Обґрунтування вибору технологіної схеми	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мовчан Д.В.					27	23
Керівник		Гудзенко О.В.						29
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						

тип мішалки та відповідна в даному випадку тепло- та масопередача.

Оскільки *Blakeslea trispora* утворює міцелій, та потребує інтенсивної аерації, важливим фактором є вибір відповідної мішалки. Більш придатними для цього є механічні або лопатеві мішалки з низькою швидкістю обертання. Низька швидкість обертання потрібна для того, щоб забезпечити цілісність міцелію, який може бути зруйнований при швидкому обертанні мішалки. Також може використовуватись мішалка шнекового типу. Обов'язковою умовою культивування *B. trispora* є безперервна аерація поживного середовища. Вона забезпечується шляхом подачі аераційного повітря через барботер. Барботер повинен забезпечувати стабільну аерацію середовища та складати 1 об'єм повітря на 1 об'єм культуральної рідини.

При культивуванні важливо контролювати рівень рН, тому встановлюють датчик контролю.

Продуцент є мезофілом, тому оптимальною температурою для його вирощування є 20-28°C. Для встановлення та підтримки певного температурного режиму необхідна наявність теплової сорочки з подачею до неї нагрітої води.

Отже, зазначивши всі характерні особливості культивування, а саме: наявність мішалки, що не пошкодить міцелій, наявність барботера, теплової сорочки та датчика контролю рН, ми можемо зробити висновок що для даного типу мікроорганізму підходить ферментер з механічним перемішуванням барботажного типу.

5.4 Обгрутування стадії підготовки виробничих приміщень, вибору мийних та дезінфікуючих засобів

Виробництво бета-каротину здійснюється упродовж 330 трудоднів в трьох виробничих приміщеннях.

Оптимальна площа виробничого приміщення, в якому встановлено ферментер (32 м³) та збірники становить 64 м² (8×8)

Висота стін для миття становить 2,5 м

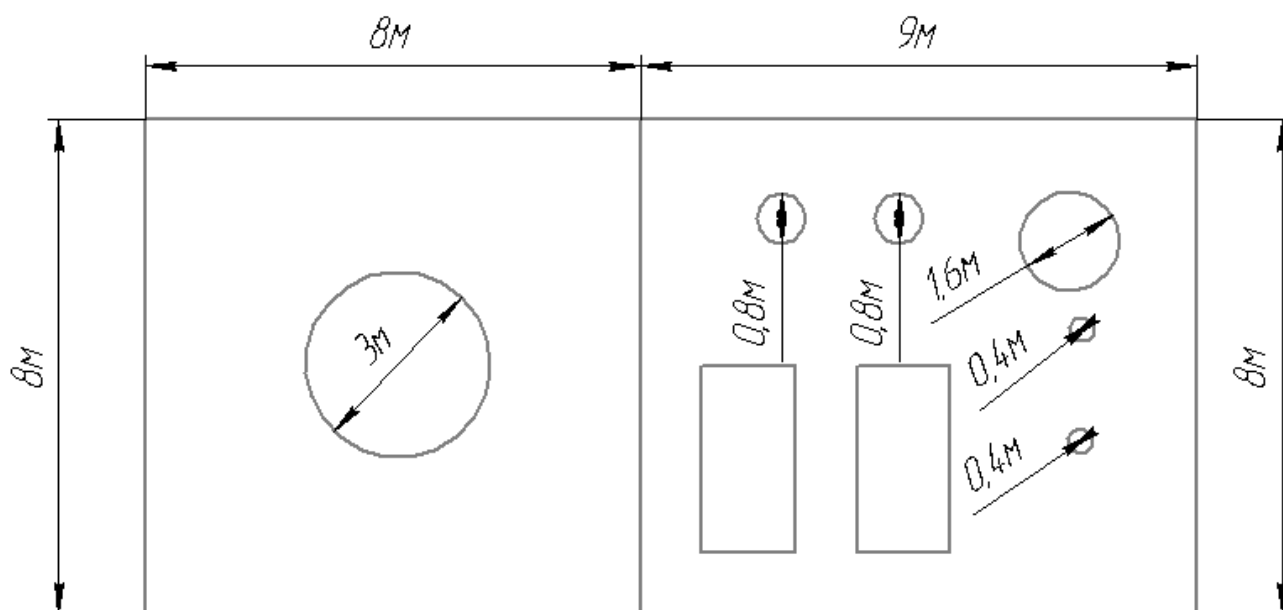
Загальна площа стін: $((8 \times 2,5) + (8 \times 2,5)) \times 2 = 80 \text{ м}^2$

Оптимальна площа виробничого приміщення, в якому встановлено два інокулятора (400 л), два інокулятора (40л) та два стола з колбами на качалці та становить 72 м². (8×9)

Висота стін становить для миття становить 2,5 м

Загальна площа стін становить $((8 \times 2,5) + (9 \times 2,5)) \times 2 = 85 \text{ м}^2$

Рис.5.1. Розміщення обладнання для розрахування площі приміщення



Таблиця 5.1.

Узагальнена характеристика витрат мийних та дезінфікуючих засобів для виробництва β-каротину

Об'єкт миття або дезінфекції	Площа (об'єм) оброблювального об'єкту	Кількість процесів миття або дезінфекції за весь період виробництва	Загальна площа (об'єм) миття або дезінфекції об'єкту за весь період виробництва м ³ /м ²
Обладнання, інвентар, комунікації	36,08 м ³	66	2381,28 м ³
Підлога	136 м ²	330	44880 м ²
Стіни, двері, вікна	165 м ²	10	1650 м ²

Миючі та дезінфікуючі засоби повинні бути дешевими і доступними, добре мити та дезінфікувати, а також бути безпечними для людини. До поживного середовища входять соєва та арахісова олії, отже, миючі засоби повинні добре омилювати жири. *Blakeslea trispora* є грибом, а отже, миючі засоби повинні мати фунгіцидну та спороцидну активність. Більшість обладнання виготовлено із нержавіючої сталі, отже миючі засоби не повинні входити з нею в реакцію.

Кальцинована сода являє собою зневоднений вуглекислий натрій (Na_2CO_3). Має вигляд білого дрібнокристалічного порошку, який добре розчиняється у воді. У водних розчинах кальцинована сода частково розкладається з утворенням їдкого лугу та гідрокарбонату, які зумовлюють мийні властивості. Гарячі (55 ± 5)°C розчини кальцинованої соди добре обмилюють жирові забруднення на поверхнях та руйнують білки. При зменшенні температури розчинів до (45 ± 5)°C їх мийна здатність різко падає. Розчини кальцинованої соди кородують об'єкти, які виготовлені з алюмінію.

Засіб належить до помірно небезпечних речовин (3 клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007). У нативному вигляді та концентрованих небезпеки по ГОСТ 12.1.007). У нативному вигляді та концентрованих розчинах подразнює шкіру і слизову оболонку очей Розчини кальцинованої соди не призначені для миття обладнання, комунікацій та інвентарю, які виготовлені з алюмінію.

Каустична сода, як ще називають гідроксид натрію, є одним з найвідоміших і широко застосовуваних у різних галузях і побуті лугів. Має вигляд сильно гігроскопічний твердий лускатий або гранульований матеріал білого забарвлення з формулою NaOH. У воді розчиняється добре, з виділенням значної кількості тепла і формуванням мильної консистенції. [11]

Розчини каустичної соди кородують об'єкти, які виготовлені з алюмінію.

Засіб належить до високонебезпечних речовин (2 клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007). При попаданні на шкіру викликає хімічний опік. Подразнює слизову оболонку очей та верхніх дихальних шляхів.

Біомой - мийний засіб, що містить синтетичні поверхвоактивні речовини та протеолітичні ферменти (лужна фосфатаза). Являє собою

порошок світлого кольору (від білого до світложовтого), який має помірний запах використаної сировини. [12]

Розчинність у воді становить не менше 30 г/куб. дм. при 20 °С. Водні розчини біомою безбарвні, прозорі, виявляють мийні, емульгуючі та диспергуючі властивості, легко видаляють білково-жирову плівку з поверхонь технологічного обладнання, легко змиваються, не залишають нальоту. На відміну від інших мийних засобів, біомою виявляє високу мийну активність при температурі не вище (40 + - 5)°С. Розчини біомою не ушкоджують об'єкти з нержавіючої сталі, чорного металу з антикорозійним покриттям, алюмінію, скла, гуми, полімерних матеріалів, кахлю, емалі. Не сумісні з катіонними поверхово-активними речовинами. [12]

Засіб належить до малонебезпечних речовин (4 клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007), не виявляє кумулятивні, шкірянорезорбтивні та алергенні властивості. У сухому вигляді подразнює шкіру і слизову оболонку очей.

Гембар - дезінфекційний засіб виробництва фірми НВЦ "Біоцид" (Україна). В якості АДР містить полігексаметиленгуанідин фосфат. Являє собою безбарвну або жовтувату прозору рідину. Не має запаху. Добре розчиняється у воді. Не ушкоджує об'єкти, виготовлені з металу, скла, полімерних матеріалів та гуми. Після висихання розчину на оброблених поверхнях утворюється плівка.[13]

Засіб належить до малонебезпечних речовин (4 клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007), не подразнює шкіру, не виявляє шкіряно-резорбтивних, сенсibiliзуючих, кумулятивних, мутагенних та канцерогенних властивостей. Подразнює слизову оболонку очей.

Перекис водню медичний (H₂O₂) за ГОСТ -177 являє собою безбарвну прозору рідину, яка містить 30-40 % АДР. Перекис водню стабілізують не більш ніж 0.6 г/куб. дм. пірофосфорнокислим натрієм або однозаміщеним фосфорнокислим натрієм. Температура замерзання перекису водню з масовою часткою АДР 30 % становить - 25,7°С, з масовою часткою АДР 40 % становить - 41,4 °С.

Перекис водню - негорюча пожежовибухонебезпечна рідина, сильний окислювач. Розкладається на воду та кисень, змішується з водою в будь-якому співвідношенні. Як засіб пожежогасіння використовують сильний струмінь води.

Перекис водню ушкоджує об'єкти з заліза, хрому, свинцю, срібла, марганцю, чавуна, міді, латуні, нелегірованих і низьколегірованих сталей. Несумісний з лугами.

Перекис водню відноситься до високонебезпечних речовин (2 клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007). Подразнює шкіру, слизову оболонку очей та верхніх дихальних шляхів.

Перекис водню виявляє бактерицидні, віруліцидні та спороцидні властивості. Використовують для дезінфекції в суміші з 0.5 % синтетичного мийного засобу ("Лотос").

Рекомендується використовувати 1.0 3.0 та 4.0 % розчини перекису водню для поточної дезінфекції технологічного обладнання, комунікацій, інвентарю та внутрішньоцехової тари, а також 6.0 % розчини перекису водню для дезінфекції технологічного обладнання, комунікацій, інвентарю та внутрішньоцехової тари, які контаміновані споровими формами мікроорганізмів.

Дезактін - дезінфекційний засіб з мийним ефектом виробництва ТОВ "ДЕЛАНА" (Україна). В якості АРД містить дихлорантин. До складу засобу введені аніонні поверхневоактивні речовини, диспергатор, наповнювач. Являє собою порошок від білого до жовтуватого кольору із слабким запахом хлору. Розчинність у воді не менше 20 мг/дм. Для прискорення розчинення дезактіну допускається використовувати теплу воду температурою (40 + - 5) °С. [14]

Водні розчини дезактіну прозорі, безбарвні, мають помірний запах хлору. Не кородують об'єкти, котрі виготовлені із металу, скла, гуми, полімерних матеріалів, деревини, кахлю, порцеляни, фаянсу, а також поверхні технологічного обладнання та устаткування з лакофарбовим, полімерним та

гальванічним покриттям, не фіксують білкові та жирові забруднення на оброблених поверхнях, виявляють змочувальні та мийні властивості, добре змиваються.

У сухому вигляді та концентрованих розчинах подразнює слизову оболонку очей.

Гарантійний термін зберігання 3 роки з дати виготовлення. Зберігають в пакуванні виробника у критих складських приміщеннях не більше ніж у 3 яруси осторонь від джерел відкритого вогню та тепла.

Рекомендується використовувати 0.2 % розчини дезактіну для поточної дезінфекції поверхонь приміщення (стіни, підлога, вікна, двері), прибирального інвентарю, технологічного та санітарно-технічного обладнання, комунікацій, інвентарю та внутрішньоцехової тари 1.0 % розчини дезактіну - для дезінфекції об'єктів, що контаміновані *Mycobacterium tuberculosis* 2.0 % розчини дезактіну - для дезінфекції об'єктів, що контаміновані пліснявими грибами.

Хлорамін Б - дезінфекційний засіб з мийними властивостями. До складу засобу введені мийні компоненти, диспергатор, інгібітор корозії та наповнювач. Являє собою сипучий порошок світлих тонів з помірним запахом хлору.

Водні розчини хлораміну Б прозорі, безбарвні, мають слабкий запах хлору, наділені мийними властивостями, не ушкоджують об'єкти з нержавіючої сталі, алюмінію, дерева, емалі, фаянсу, кахлю, скла, полімерних матеріалів, гуми, добре змиваються, не залишаючи нальоту. [15]

Засіб належить до помірно небезпечних речовин. У сухому вигляді та концентрованих розчинах подразнює слизову оболонку очей та верхніх дихальних шляхів. У рекомендованих до застосування концентраціях не володіє шкіряно-подразнюючими, шкіряно-резорбтивними та сенсibiliзуючими властивостями.

Гарантійний термін зберігання 3 роки з дати виготовлення. Зберігають в пакуванні виробника в критих складських приміщеннях не більше ніж у 3 яруси осторонь від джерел відкритого вогню та тепла.

Обґрунтування вибору мийних та дезинфікувальних засобів для виробничого біосинтезу β -каротину з використанням штаму *Blakeslea trispora*.

Таблиця 2.2

Назва миючого/ дезинфікувального засобу	Об'єкт миття або дезинфекції	Концентрація робочого розчину, %	Загальна площа (об'єм) миття та дезинфекції об'єкту за весь період, м ² (л)	Кількість робочого розчину за весь період виробництва	Вартість 1 л/кг мийного засобу, грн	Загальна вартість миття за весь період виробництва, грн
Кальцинована сода	Обладнання, інвентар, комунікації	2,0	2381,28	1190,64	10	11906,4
Каустична сода	Обладнання, інвентар, комунікації	2,0	2381,28	1190,64	32	38100,48
Хлорне вапно	Стіни, підлога, вікна, двері	2,0	46530	4653	30	139590
Хлорамін Б	Стіни, підлога, вікна, двері	1,0	46530	4653	276	1284228
Дезактін	Стіни, підлога, вікна, двері	0.2	46530	4653	275	1279575

Проаналізувавши дані, можна дійти до висновку що найбільш дешевими та доступними є кальцинована та каустична сода, а також добре омилують жири, отже їх доречно використовувати в якості миючих засобів.

У якості дезінфікуючих засобів доцільно використовувати Дезактін, адже він є мийно-дезінфікувальним засобом, та вологіє фунгіцидною активністю, Хлорантоїн (а саме Хлорамін Б) також володіє фунгіцидною активністю.

5.5. Обґрунтування стадії підготовки обладнання і комунікацій.

Підготовка обладнання, як основна складова санітарної підготовки виробництва направлена на досягнення необхідного рівня чистоти та асептичності. Наприклад, підготовка інокуляторів, ферментерів та установок для проведення безперервної стерилізації (УБС) включає такі операції.

Миття обладнання. Миття обладнання проводять наступним чином. Спочатку миють водою протягом двох хвилин з передачею води у збірник нейтралізації перед скидом рідини у систему каналізування рідких викидів. Миття продовжують розчином луґу 1%, протягом 10 хвилин при 40°C, з поверненням розчину в збірник нейтралізації. Проводиться ополіскування очищеною або пом'якшеною водою, з передачею води в збірник нейтралізації.

Якщо в обладнанні (на поверхні) присутні стійкі до видалення забруднення речовини, то миття проводять розчином кислоти 1% при 20°C, з повертанням розчину у збірник нейтралізації. Також проводять ополіскування очищеною або пом'якшеною водою з передачею води в збірник нейтралізації. Процес завершується ополіскуванням очищеною водою, протягом 5 хвилин з повертанням води в збірник рециркуляційної води.

Механізовані миючі установки фірми «Керхер» (Германія). Більш довершеною конструкцією є миючі пересувні установки «Керхер». Миючий пристрій представляє собою розбризкуючу голівка, укріплену за допомогою опорного пристосування опускається всередину апарату і під натиском гарячого струменя води в 3—5 МПа швидко та ефективно очищає його внутрішню

поверхню. Залежно від конструкції апарату, предмета миття, застосовуються різні опорні пристосування для миючого пристрою. Для миття апаратів малої місткості миючий пристрій кріпиться на короткій вертикальній трубці і занурюється через люк апарату, що знаходиться на кришці. Опора лягає на фланець кришки апарату, закріплюється, а глибина занурення регулюється.

Крім обертання навколо власної осі розбризкуючі сопла обертаються одночасно навколо подовжньої осі миючої головки апарату, завдяки чому струменя миючого розчину досягають всі точки внутрішньої поверхні апарату.

На всмоктуючій стороні насоса температура миючої рідини складає 50–60 °С, на нагнітальній стороні після нагріву в теплообміннику 90–95 °С.

Бак з миючим розчином і регулюючим вентилям для подачі розчину, насос, що створює тиск струменя, необхідний для миття і очищення бака з фільтром, куди стікає миюча рідина із зливного отвору апарату, змонтовані напересувному візку. Рідина для миття може бути використана багато разів завдяки циркуляційному контуру і фільтрації через вбудований фільтр.

Внутрішня миюча головка може працювати з двома або чотирма соплами. При двох соплах струмінь довший і сильніший, що необхідне при митті великих або сильно забруднених апаратів.

Миюча установка фірми «Керхер» дозволяє отримувати всі види струменю (паровий, гарячий, теплий і холодний) з автоматичним дозуванням хімікатів. Частота обертання миючого пристрою вибирається залежно від ступеня забруднення апарату і його радіусу. Чим більше радіус і ступінь забруднення, тим менше швидкість обертання.

Обов'язковим елементом підготовки є перевірка якості проведених робіт для цього проводять профілактичний огляд та перевірку на герметичність. Як правило, така перевірка проводиться після стерилізації, коли проявляються можливі нещільності у місцях з'єднання елементів обладнання та апаратури.

Перевірка на герметичність ємкісного обладнання, з'єднань, та комунікацій проводиться за допомогою найбільш простого і доступного метода – омилювання розчином господарського мила. Саме по виділенню бульбашок виявляють нещільності. Сучасні технології використовують галоїдні течешукачі, що дозволяють фіксувати галогенопохідні алканів. Тетрахлорметан закачують в герметично закрите обладнання та комунікації до тиску 0,5 МПа та за допомогою датчика-течешукача галогенопохідних проводять огляд всіх з'єднань обладнання та комунікацій. Особливу увагу приділяють фланцевим з'єднанням та ущільненню кришок мічткісного обладнання. У випадку виявлення нещільних з'єднань проводять розбору та профілактичне ущільнення обладнання та комунікації. Для з'єднань проводять їх підтягування та перепаковування, а для обладнання підтягування кришок, або з'єднань і в випадку необхідності заміну ущільнюючих прокладок люків та кришок. В якості ущільнюючого матеріалу використовують термостійку гуму, пароніт, фторопласт.

Одним з факторів, що найістотніше впливає на біосинтез біологічно активних речовин, є забезпечення стерильності виробництва, зокрема стерильності комунікацій та обладнання, що безпосередньо контактує з культуральною рідиною. У біотехнології застосовують різні способи стерилізації, але при цьому контамінуюча мікрофлора повинна бути повністю зруйнована або видалена. Процес дії на контамінанти при якому вони руйнуються або повністю видаляються називають стерилізацією.

Основним визнанням у біотехнології стерилізаційним прийомом є обробка обладнання та комунікацій насиченою водяною парою при $t = 125-145^{\circ}\text{C}$, при цьому існує висока гарантія досягнення необхідного рівня асептичності.

Після закінчення кожного циклу біосинтезу в посівному і основному ферментерах і видаленню з них культуральної рідини ферментери

відкривають і миють гарячою водою з брандспойта, миючого пристрою (гідромонітору) очищаючи від залишків біомаси.

Послідовність носить стандартний характер і, як правило, включає такі роботи. Барботер продувають повітрям. Після огляду, а при необхідності і ремонту, ферментер знову миють водою, закривають люк і разом з іншою апаратурою стерилізують гострою та глухою насиченою парою.

Перед стерилізацією апаратуру і комунікації промивають водою температурою 100 °С з магістрального трубопроводу.

Стерилізаційну колонку УБС, витримувач УБС, холодильник, комунікації від холодильника до ферментеру і лінію транспортування культуральної рідини, стерилізують при надлишковому тиску 0,15 – 0,18 МПа протягом 2 год, пропускаючи пару в основній ферментер. Стерилізація ферментера продовжується 2 – 3 год під надлишковим тиском 0,12 – 0,15 Мпа.

Одночасно стерилізують фільтри тонкого очищення повітря (стерилізуючи індивідуальні фільтри) і повітряні комунікації. Стерилізують фільтри 1 годину під надлишковим тиском 0,12–0,15 МПа. Вкінці стерилізації пропарюють пробовідбірники, продуктовий штуцер для засіву, зливну лінію від ферментера до трапа протягом 30 хвилин. Пара для стерилізації повинна бути насиченою тасухою. Вологість пари знижує приховану теплоту паротворення, а отже, і ефективність дії на мікроорганізми. Недоцільно застосовувати і перегріту пару, оскільки при температурі, однаковій з насиченою парою, при її охолодженні без конденсації виділяється набагато менше тепла. У присутності повітря температура пари нижча за загальний тиск, тому повітря потрібно повністю заздалегідь видаляти. Зазвичай це досягається гравітаційним способом – витісненням парою, що має вищу щільність, ніж повітря. Видалення повітряних пробок дозволяє прогріти всі деталі устаткування і усунути разом з ними можливе джерело інфекції.

Завдяки хорошій теплопровідності металу і обмиванню внутрішньої поверхні ферментера конденсатом пари цим способом досягається надійна стерилізація. Проте перед стерилізацією з ферментера необхідно видалити осад і вимити його, інакше в осаді може зберегтися стороння мікрофлора і надалі бути джерелом інфекції.

Тривалість стерилізації, як правило, дається без урахування часу, що витрачається на видалення повітря і прогрів ферментера.

Слід приділяти більшу увагу тим частинам ферментеру та комунікацій, що визначаються, як важкодоступні: штуцерам, пробовідбірникам, датчикам, втрубопроводах – запорній арматурі, фланцям, фасонним деталям, тупиковим місцям і відкритим закінченням труб.

Для забезпечення і підтримки асептичності після закінчення стерилізації ферментер через барботер подають стерильне повітря, підтримуючи надмірний тиск 0,02 – 0,03 МПа (щоб уникнути попадання сторонньої мікрофлори)

5.6. Обґрунтування стадії підготовки стерильного аераційного повітря.

Для синтезу β -каротину необхідний високий рівень аерації, адже ця сполука синтезується в облігатно аеробних умовах. Тому підготовка стерильного аераційного повітря при культивуванні штаму *Blakeslea trispora* ATCC14271 (+) та ATCC14272 (-) є однією з найважливіших задач на біотехнологічному підприємстві.

Для стерилізації повітря в боксах та лабораторіях, де працюють з посівною культурою та інокулятом, використовують УФ-лампи.

Повітря для вирощування посівного матеріалу та виробничого культивування стерилізують за допомогою фільтрів грубої очистки (головні фільтри) та індивідуальних фільтрів (фільтрів високої ефективності). Індивідуальні фільтри встановлюються безпосередньо перед кожним ферментером. Головні фільтри заповнюються набивним волокном і

встановлюються в цеху ферментації на головному повітряному колекторі стиснутого аераційного повітря. На цих фільтрах видаляється близько 98 % мікроорганізмів-контамінантів. Використання ж індивідуальних фільтрів, які заповнюються надтонкими мембранами чи волокнами, дає змогу отримати повітря зі ступенем очистки 99,9999%

Обґрунтування стадії підготовки повітря для сушарки

Для сушіння цільового продукту необхідно аераційне повітря. Оскільки готовий продукт не потребує високих умов асептичності, а також нагрівання його здійснюватиметься до 80 °С, достатньо використовувати головні фільтри грубої очистки. Головні фільтри заповнюються набивним волокном і встановлюються в цеху ферментації на головному повітряному колекторі стиснутого аераційного повітря. На цих фільтрах видаляється близько 98 % мікроорганізмів-контамінантів.

5.7. Обґрунтування способу підготовки та стерилізації поживного середовища для культивування *Blakeslea trispora* ATCC14271 (+) та ATCC14272 (-) - продуцента β-каротину.

Максимальний синтез β-каротину досягається за умов росту на середовищі такого складу (г/л): Кукурудзяний крохмаль - 23, глюкоза - 13, арахісова олія - 100, тіамін, гідрохлорид - 0,02, сульфат магнію - 0,02, Tween-20 - 0.1 та за умов ферментації на середовищі такого складу (г/л): Кукурудзяне борошно - 23, пшеничне борошно - 12, кукурудзяний сироп - 31, динатрій фосфат - 2, сульфат магнію - 0,3, лецитин - 1. У процесі культивування, починаючи з 24 год вносять 30 г соєвої олії, оскільки цей компонент є стимулятором каротиногенезу.

Приготування суспензії кукурудзяного крохмалю. Для того, щоб крохмаль не випадав в осад, його потрібно попередньо заварити. Для цього у збірник подають кукурудзяний крохмаль, заливають холодною питною водою,

нагрівають до 80°C, поступово перемішують, утворюючи крохмальний клейстер.

Приготування суспензії кукурудзяного та пшеничного борошна. Борошно необхідно заварити. Для цього у збірник заливають питну воду, нагрівають до 80°C, подають пшеничне борошно, настоюють протягом 10 хв.

Приготування і стерилізація поживного середовища. На першому етапі для вирощування посівного матеріалу в колбах потрібно 400 мл поживного середовища. Обираємо автоклав з вертикальним завантаженням. Розчин глюкози та кукурудзяного крохмалю стерилізуємо в інокуляторі подаванням гострої пари при 112 °C протягом 30 хв. Розчин арахісової олії та Tween-20 стерилізуємо подаванням глухої пари при 112 °C протягом 30 хв. Розчин MgSO₄ стерилізуємо подаванням гострої пари при 131°C протягом 40 хв. Тіамін гідрохлорид є речовиною термолабільною, тому його доцільно стерилізувати фільтрування крізь мембранний фільтр з діаметром 0,22 мкм.

Для виробничого культивування суспензії кукурудзяного крохмалю та пшеничного борошна стерилізуємо у ферментері подаванням гострої пари при 112 °C протягом 30 хв . Сульфат магнію та динатрій фосфат є солями, отже стерилізуємо подаванням гострої пари при 131°C протягом 40 хв. Ці солі при взаємодії мають властивість випадати в осад, отже, щоб запобігти цьому, треба додавати розчин соляної кислоти. Розчин соєвої олії готуємо в окремому збірнику, тому що його треба додавати через 24 години після ферментації.

5.8. Обґрунтування вибору способу виділення цільового продукту.

Культуральна рідина містить як цільовий продукт β-каротин, так і залишки поживного середовища, клітини продуцента. Цільовий продукт в більшості міститься на гіфах міцелію, отже першим етапом є відділення міцелію продуцента (*Blakeslea trispora* ATCC14271 (+) та ATCC14272 (-)) від культуральної рідини [1]. Далі відділену біомасу необхідно висушити за

допомогою сушарки. Оскільки продукт випускатиметься у вигляді порошку, висушену біомасу потрібно подрібнити.

Отже, виділення і очищення включає такі етапи:

1. Відділення біомаси
2. Сушіння
3. Подрібнення біомаси

Обґрунтування вибору способу відділення біомаси.

Культуральну рідину необхідно відділити від клітин міцелію, а також від зигоспор, які мають розмір 50 мкм [16]. Відділення можливо методом фільтрації. Переваги цього методу:

- є досить економічним, суспензія фільтрується досить швидко, відсутність температурних, механічних і хімічних дій на продукт, що переробляється;
- простота апаратурного оформлення, відсутність рухомих деталей;
- низька енергоємність процесу.

Але даний метод має і недолік - фільтруюча суспензія схильна до гелеутворення, продуктивність фільтрів швидко падає. Запобігти цьому можна додаванням в суміш або на фільтруючу тканину розмелених вулканічних порід, що містять оксиди кремнію і алюмінію, тоді осад набуває пористу структуру [17].

Для відділення біомаси можливо також використанням центрифуг. Даний метод потребує більш дорогого устаткування, ніж фільтрування. Тому він виправдовує себе, якщо: а) суспензія фільтрується повільно; б) поставлене завдання максимально звільнює культуральну рідину від клітин; в) необхідно налагодити безперервний процес сепарації в умовах, коли фільтри розраховані тільки на періодичну дію [18]. В нашому випадку цей метод є недоцільним, оскільки суспензія фільтрується відносно швидко, а виготовлення кормових препаратів не потребує суворих умов відсутності клітин.

Обґрунтування вибору типу фільтру

Необхідно профільтрувати 3,6 м³ культуральної рідини. Рідина містить тверду фазу (біомасу міцелію з β -каротином) та рідку фазу (супернатант). Для здійснення цього процесу фільтри не мають бути громіздкими, мають добре відділяти тверду фазу від рідкої. Також фільтр повинен бути зручним та економічним.

Існують такі типи фільтрів:

1) Прес-фільтри. Підходять для відділення твердої фази від рідкої, а також для великих об'ємів культуральної рідини. Мають суттєвий недолік, а саме зниження швидкості фільтрації в процесі фільтрування [20]. Але ця проблема вирішується додаванням порошку на фільтрувальну тканину, що містить оксиди кремнію і алюмінію.

2) Барабанні вакуум-фільтри. Недоліком є велика площа обладнання при малій робочій поверхні та низька швидкість фільтрації (3 об/хв), отже для великої кількості культуральної рідини використовувати недоцільно. Також даний вид фільтрів призначений для розділення речовин з більш менш однаковою дисперсністю [19].

Отже, проаналізувавши вищезазначені дані, можна зробити висновок, що найвигіднішим є використанням прес-фільтрів.

Класичний фільтр-прес потребує ручного зняття осаду. Останнім часом з'явилися фільтри, у яких операції фільтрації, промивання осаду та його зняття з фільтруючої перегородки є автоматизованими. Це фільтр-преси рамного, стрічкового та баштового типу.

1) Фільтр преси рамного типу. Є досить ефективним, простими в конструкції, відділяють тверду фазу від рідкої.

2) Фільтр-преси стрічкового типу. Недоліком є те, що вони не підходять для неопрацьованих осадів [21].

3) Фільтр-преси баштового типу - призначені для високопродуктивних робочих процесів (25-800 м²), отже, для даного виробництва (3,6 м³ культуральної рідини) не підходить. Отже, найбільш доцільним є використання рамного фільтр-пресу [20].

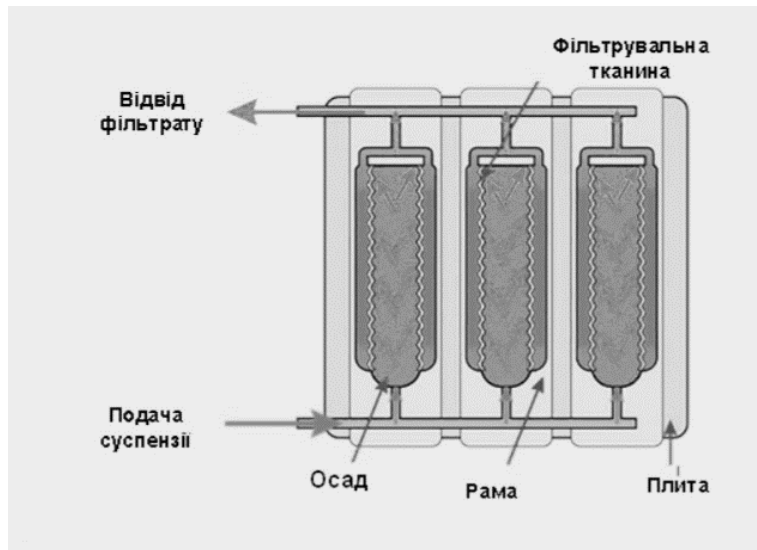


Рис 5.2. Схема роботи фільтр-пресу рамного типу [21]

Обґрунтування вибору способу сушіння цільового продукту.

Для отримання концентрату кормового β -каротину культуральну рідину слід висушити. Сушіння продукту мікробного синтезу зазвичай проводиться за допомогою контактної, конвективної та радіаційної сушки.

Перевагами контактної сушки є інтенсивність та економічність. Але цей метод є непридатним для термолабільних препаратів. β -каротин є частково термолабільним, отже цей метод не є доцільним [18].

Метод конвективної сушки застосовується в біотехнології найширше. Цей метод є відносно економічним. Також в ньому нагрівається не тільки водна складова, а поступово весь продукт від зовнішніх до внутрішніх його шарів [21].

Основною перевагою радіаційної сушки є висока перспективність, а також збереження всіх речовин. Недоліками є висока вартість обладнання,

великі витрати енергії, цей метод зазвичай застосовується при сушці мікробних препаратів, тому для сушіння β -каротину не є доцільним.

Отже, для одержання концентрату β -каротину використовуємо метод конвективної сушки [18].

Обґрунтування вибору типу сушарки.

Конвективна сушка проводиться за допомогою розпилюючих, пневматичних, аерофонтанних, стрічкових сушарок та сушарок з киплячим шаром [17].

Оскільки процес включає в себе висушування біомаси міцелію, сушарка повинна мати широку конструкцію, щоб вміщувати в себе відформований міцелій. β -каротин є речовиною частково термолабільною, отже в сушарці має бути передбачена можливість невисокої температури сушки, до 80°C . Сушарка має бути простою в конструкції та економічною.

1) Пневматичні сушарки. Недоліком є вузька конструкція, що не призначена для сушіння відформованого міцелію та сипких речовин, а також висока температура сушіння ($140\text{—}150^{\circ}\text{C}$)

2) Розпилювальні сушарки мають маленьку камеру для сушки, призначені в першу чергу для сипких та пастоподібних матеріалів.

3) Аерофонтанні сушарки мають зависоку температуру сушіння, а також вузьку конструкцію.

4) Стрічкові сушарки мають широку камеру для сушіння, що цілком підходить для висушування відформованої біомаси, а також в цих сушарках передбачена можливість регулювання температури, отже, можна встановити температуру, що не спричинить руйнування β -каротину.

Для висушування концентрату β -каротину слід використовувати стрічкову сушарку.

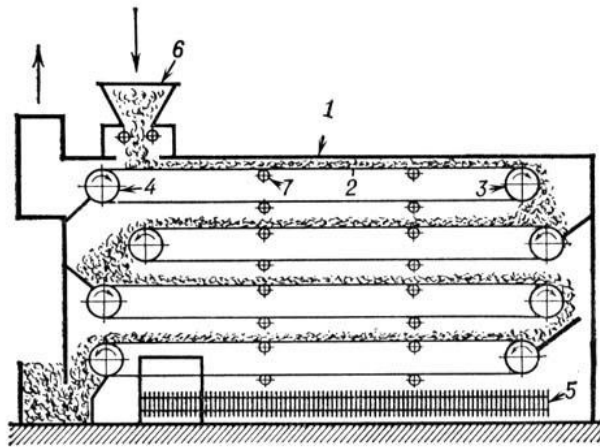


Рис 5.3. Схема стрічкової сушарки: 1 — камера сушки; 2 — безконечна стрічка; 3 — провідні барабани; 4 — ведені барабани; 5 — калорифер; 6 — живильник; 7 — опорні ролики [18].

Отже, для виділення та очищення β -каротину передбачено відділення біомаси за допомогою фільтр-пресу рамного типу; конвективне сушіння з використанням стрічкової сушарки з наступним подрібненням на молотковій дробарці.

Обґрунтування стадії подрібнення

Для птиці краще грубий помол, якщо ви годуєте її негранульованим кормом. І досягнути цього не так просто, як здається на перший погляд.

Подрібнення може здійснюватись за рахунок перетирання, удару, роздавлювання, або поєднанням всіх цих процесів. Очевидно, що найстарішими методами помолу були роздавлювання на камені (в ступі) та розтирання на жорнах. Безпідпорне подрібнення ударом (молоткові дробарки) з'явилося досить недавно, коли людина винайшла машини, що можуть обертати вали із великою швидкістю [22].

Зараз використовують такі види дробарок, як:

- 1) валкова дробарка
- 2) бігунова дробарка
- 3) жорнова дробарка

- 4) дискова дробарка
- 5) дезінтегратор
- 6) кулькова дробарка
- 7) молоткова дробарка
- 8) вібраційна дробарка
- 9) стрижнева дробарка

Найбільш розповсюджені в комбікормовій промисловості молоткові дробарки. Імовірно, що цими дробарками подрібнюється більше 95% усієї продукції у світі [23].

Вони можуть бути з різним виконанням, різної конструкції, але всі вони мають такі робочі органи:

Обертовий ротор з молотками, дробильна камера з міцного решета, рідше рифлена дека.

Зазвичай, обертовий ротор розташований на горизонтальному валу – це класичне виконання молоткових дробарок. Також існують варіанти із вертикальним валом та горизонтальним обертанням молотків. Ці дробарки мають декілька суттєвих переваг.

Є два шляхи подачі продукту у подрібнюючу камеру класичної дробарки:

- Верхній
- Боковий (зазвичай, пневматичний) [22].

Так як більш розповсюджений вид дробарок це молоткова дробарка, обираємо її за більш багату функціональність та простоту в роботі.

Обґрунтування вибору упаковки

β-каротин виготовляється для забезпечення птахофабрики, отже продукт слід пакувати у транспортну тару. Транспортна тара поділяється на жорстку та м'яку [8]. Жорстка транспортна тара має свої переваги:

- висока міцність,
- тривалий термін експлуатації,

- надійний захист продукції від зовнішніх чинників.

Переваги м'якої тари:

- є дешевою,
- займає мало місця.

Кормовий β -каротин є відносно стабільною речовиною, не потребує особливих умов, отже, перевезення можна здійснювати в м'якій упаковці.

Упаковка з паперу є відносно дешевою, екологічною, не пропускає світла, але вона має і недолік - слабо захищає від зовнішніх чинників, наприклад, від вологи.

Полімерна плівка є дешевою та доступною, має низьку масу, герметично запаковує, але має суттєвий недолік - є прозорою. β -каротин має властивість частково руйнуватися на світлі.

Поліетиленові упаковки високого тиску є також дешевими та доступними, захищають від зовнішніх факторів, але не піддаються переробці. Поліетиленові упаковки низького тиску володіють тими самими якостями, але піддаються вторинній переробці [23].

РОЗДІЛ 6. Матеріальний баланс і розрахунок обладнання

Згідно з ТЕО потреба в бета-каротині складає $G_{нд} = 8713$ кг/рік. За умовами замовника цю кількість потрібно виробити за $T_{рд} = 330$ днів. За даними максимальний синтез вітаміну ($9,65$ г/л за 96 год) досягається за умов росту штамів *Blakeslea trispora* ATCC14271(+) ATCC14272(-) на середовищі такого складу (г/л): кукурудзяне борошно – 23 , пшеничне борошно – 12 , кукурудзяний сироп – 31 , соєва олія – 30 , $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ – 2 , $MgSO_4$ – $0,3$, Лецитин – $1,0$. Всього – $C_{\Sigma ф} = 99,3$ г/л. Посівний матеріал вирощують на поживному середовищі такого складу (г/л): кукурудзяний крохмаль – 23 , глюкоза – 13 , арахісова олія – 100 , Tween-20 – $0,1$, $MgSO_4$ – $0,3$, тіамін гідрохлорид – $0,02$. Всього – $C_{\Sigma л} = 136,42$ г/л.

Відповідно до нормативно-технічної документації вміст сухих речовин в готовому продукті СРгп має складати не менше 95% . Для подальших розрахунків приймаємо наступні початкові дані: час циклу роботи ферментера $T_{цф} = T_{ф} + T_{по} = 96 + 10 = 106$ год, де $T_{ф}$ – час культивування; $T_{по}$ – час підготовчих операцій; коефіцієнт запасу (втрати культуральної рідини або посівного матеріалу від нестерильних операцій $1,1-1,5$) $K_1 = 1,1$; коефіцієнт заповнення ферментера, частка, ($0,5-0,65$); приймаємо $K_{ф} = 0,6$; коефіцієнт заповнення посівного апарата, частка $K_{па} = 0,6$; коефіцієнт заповнення інокуляторів, частка $K_{ін} = 0,6$; коефіцієнт заповнення колб, частка $K_{кол} = 0,2$; коефіцієнт заповнення збірника, частка ($0,7-0,8$) $K_{зб} = 0,8$.

Сумарні втрати при виділенні готового продукту (сума всіх втрат на стадіях виділення готового продукту), частка $E_{св} = 0,20$; кількість посівного матеріалу для виробничих ферментерів, частка ($0,05-0,1$) $X_{ф} = 0,11$; кількість посівного матеріалу для посівних апаратів, частка ($0,02-0,1$) $X_{па} = 0,1$; кількість посівного матеріалу для інокуляторів, частка ($0,02-0,1$) $X_{ін} = 0,1$; кількість

					НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Мовчан Д.В.				РОЗДІЛ 6. Матеріальний баланс і розрахунок обладнання	Літ.	Арк.	Акруців
Керівник	Гудзенко О.В.						50	29 ⁵²
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.	Пирог Т.П.							

посівного матеріалу для качалочних колб, частка (0,02-0,1) $X_{\text{кол}} = 0,1$; втрати культуральної рідини при біосинтезі, частка (0,1-0,2) $E_{\text{ф}} = 0,1$; втрати посівного матеріалу у процесі його культивування в посівних апаратах, частка (0,1-0,2) $E_{\text{па}} = 0,1$; втрати посівного матеріалу у процесі його культивування в інокуляторах, частка (0,05-0,1) $E_{\text{ін}} = 0,1$; втрати посівного матеріалу у процесі його культивування в колбах, частка (0,01-0,02) $E_{\text{кол}} = 0$.

6.1. Розрахунок партій продукту (виробничих циклів)

6.1.1. Кількість продукту на добу:

$$G_{\text{нтд}} = G_{\text{нд}} / T_{\text{рд}} = 8713 / 330 = 26,4 \text{ кг/добу.}$$

6.1.2. Кількість готового продукту за цикл:

$$G_{\text{цк}} = G_{\text{пд}} \cdot T_{\text{цф}} / 24 = 26,4 \cdot 106 / 24 = 117 \text{ кг/цикл.}$$

6.1.3. Об'єм КР, що зливається за одну ферментацію (цикл):

$$V_{\text{кр}} = K_1 \cdot G_{\text{цк}} \cdot C_{\text{Ргп}} / R_{\text{к}} \cdot (1 - E_{\text{св}}) = 1,1 \cdot 117 \cdot 0,95 / 9,65 \cdot (1 - 0,2) = 15,8 \text{ м}^3$$

6.1.4. Кількість ферментацій (циклів) на рік:

$$N_{\text{цк}} = G_{\text{нд}} / G_{\text{цк}} = 8713 / 117 = 75.$$

6.2. Приготування та стерилізація поживних середовищ для виробничого культивування та вирощування посівного матеріалу

6.2.1 Об'єм готового поживного середовища та посівного матеріалу у виробничому ферментері з врахуванням втрат при біосинтезі $E_{\text{ф}} = 0,1$ становить:

$$V_{\text{ф}} = V_{\text{кр}} / (1 - E_{\text{ф}}) = 15,8 / (1 - 0,1) = 17,6 \text{ м}^3.$$

6.2.2 Об'єм готового поживного середовища для виробничого ферментера:

$$V_{\text{псф}} = V_{\text{ф}} / (1 + X_{\text{ф}}) = 17,6 / (1 + 0,11) = 15,8 \text{ м}^3.$$

6.2.3 Витрати посівного матеріалу на засів виробничого ферментера:

$$V_{\text{пмф}} = V_{\text{ф}} - V_{\text{псф}} = 17,6 - 15,8 = 1,8 \text{ м}^3.$$

При вибраному коефіцієнті заповнення ферментера $K_{\text{зф}} = 0,6$ його приблизний геометричний об'єм ферментера складе $V_{\text{гф}} = V_{\text{ф}} / K_{\text{зф}} = 17,6 / 0,6 = 29 \text{ м}^3$.

6.3.1. Визначення кількості стадій вирощування посівного матеріалу

Оскільки кількість ПМ становить $X_{\phi} = 0,11\%$, для штамів (+) і (-) $X_i = X_{\text{колб}} = 0,1\%$ від кількості ПС визначаємо кількість ПМ для інших стадій. Приблизна кількість ПМ для інших стадій становитиме:

ПМ для ферментера з посівного апарата (штам -) і інокулятора (штам +):

$$V_{\text{пмф}} = 1,62 + 0,18 = 1,8 \text{ м}^3.$$

ПМ для посівного апарата з інокуляторів (штам -):

$$V_{\text{пма}} = V_{\text{пмф}} \cdot X_{\text{па}} = 1,62 \cdot 0,1 = 162 \text{ л}$$

ПМ для інокулятора з малого інокулятора (штам -):

$$V_{\text{пмі1}} = V_{\text{пма}} \cdot X_{\text{ін1}} = 162 \cdot 0,1 = 16,2 \text{ л}$$

ПМ для малих інокуляторів з качалочних колб (штам -):

$$V_{\text{пмі2}} = V_{\text{пмі1}} \cdot X_{\text{ін2}} = 16,2 \cdot 0,1 = 1,62 \text{ л}$$

ПМ для інокуляторів з малих інокуляторів (штам +):

$$V_{\text{пмі1}} = V_{\text{пма}} \cdot X_{\text{ін1}} = 180 \cdot 0,1 = 18 \text{ л}$$

ПМ для малих інокуляторів з качалочних колб (штам +):

$$V_{\text{пмі2}} = V_{\text{пмі1}} \cdot X_{\text{ін2}} = 18 \cdot 0,1 = 1,8 \text{ л}$$

Отже маємо 7 ступеневу стадію отримання ПМ.

6.3.2. Приготування та стерилізація поживного середовища для виробничого біосинтезу в ферментері

Згідно з прийнятим складом поживного середовища для виробничого біосинтезу загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{пс}}$ складають:

$$G_{\text{заг}} = V_{\text{пс}} \cdot C_{\Sigma} = 15,8 \cdot 99,3 = 1569 \text{ кг, в тому числі покомпонентно, кг:}$$

$$\text{Кукурудзяне борошно} \quad G_1 = G_{\text{заг}} \cdot C_1 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 23 / 99,3 = 363,5$$

$$\text{Пшеничне борошно} \quad G_2 = G_{\text{заг}} \cdot C_2 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 12 / 99,3 = 189,6$$

$$\text{Кукурудзяний сироп} \quad G_3 = G_{\text{заг}} \cdot C_3 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 31 / 99,3 = 489,8$$

$$\text{Соєва олія} \quad G_4 = G_{\text{заг}} \cdot C_4 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 30 / 99,3 = 474$$

$$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \quad G_5 = G_{\text{заг}} \cdot C_5 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 2 / 99,3 = 31,6$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_6 = G_{\text{заг}} \cdot C_6 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 0,3 / 99,3 = 4,7$$

$$\text{Лецитин} \quad G_7 = G_{\text{заг}} \cdot C_7 / C_{\Sigma\phi} = 1569 \cdot 1 / 99,3 = 15,8$$

Кількість води визначають за наступною формулою $V_{\text{вф}} = V_{\text{псф}} - G_{\phi} - V_{\text{фк}}$, де $V_{\text{фк}} = V_{\text{псф}} \cdot K_{\text{кон}}$ – розбавлення виробничого поживного середовища конденсатом пари при його стерилізації, $K_{\text{кон}}$ - частка конденсату у загальній кількості води, що йде на приготування поживного середовища.

Залежно від способу та обладнання, яке використовують для стерилізації компонентів поживного середовища, величина $K_{\text{кон}}$ може складати:

- у разі стерилізації компонентів у колбах в автоклаві $K_{\text{кон}} = 0$
- у разі стерилізації компонентів безпосередньо у реакторі-змішувачі або безпосередньо у ферментері $K_{\text{кон}} = 0,1-0,15$
- у разі стерилізації компонентів в УБС $K_{\text{кон}} = 0,2$

Оскільки об'єм поживного середовища у ферментері складає $V_{\text{псф}} = 15,8 \text{ м}^3$, приймаємо рішення щодо використання для стерилізації УБС потужністю $20 \text{ м}^3/\text{год}$.

Тоді кількість конденсату становитиме

$$V_{\text{фк}} = V_{\text{псф}} \cdot K_{\text{кон}} = 15,8 \cdot 0,2 = 3,16 \text{ м}^3 = 3160 \text{ л}$$

Кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде

$$V_{\text{вф}} = V_{\text{псф}} - G_{\phi} - V_{\text{фк}} = 15800 - 1569 - 3160 = 11071 \text{ л}$$

Таблиця 6. ІСклад композицій для стерилізації поживного середовища ферментера в УБС

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 15,8 м ³ середовища, кг (л)	Композиція	Об'єм композиції, V, л
Кукурудзяне борошно	23	363,5	А	12166
Пшеничне борошно	12	189,6		

Кукурудзяний сироп	31	489,8	А	12166
Лецитин	1	15,8		
Na ₂ PO ₄ ·12H ₂ O	2	31,6		
MgSO ₄	0,3	4,7		
Вода		11071		
Соева олія	30	474	Б	474
Конденсат	3160 л			
Всього	15800 л			

6.3.3. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в посівному апараті

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становить:

$$V_{\text{па}} = V_{\text{пмф}} / (1 - E_{\text{па}}) = 1,62 / (1 - 0,1) = 1,8 \text{ м}^3 = 1800 \text{ л.}$$

Кількість поживного середовища в посівному апараті становить:

$$V_{\text{псп}} = V_{\text{па}} / (1 + X_{\text{па}}) = 1800 / (1 + 0,1) = 1636 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання посівного апарата:

$$V_{\text{пмп}} = V_{\text{па}} - V_{\text{псп}} = 1800 - 1636 = 164 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища для вирощування посівного матеріалу загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{пс}}$ складають:

$$G_{\text{зар2}} = V_{\text{псп}} \cdot C_{\Sigma} = 1,637 \cdot 136,42 = 223,3 \text{ кг, в тому числі покомпонентно, кг:}$$

$$\text{Кукурудзяний крохмаль } G_1 = G_{\text{зар2}} \cdot C_1 / C_{\Sigma\text{п}} = 223,3 \cdot 23 / 136,42 = 37,6$$

$$\text{Глюкоза } G_2 = G_{\text{зар2}} \cdot C_2 / C_{\Sigma\text{п}} = 223,3 \cdot 13 / 136,42 = 21,3$$

$$\text{Арахісова олія } G_3 = G_{\text{зар2}} \cdot C_3 / C_{\Sigma\text{п}} = 223,3 \cdot 100 / 136,42 = 163,7$$

$$\text{Tween-20 } G_4 = G_{\text{зар2}} \cdot C_4 / C_{\Sigma\text{п}} = 223,3 \cdot 0,1 / 136,42 = 0,17$$

$$\text{MgSO}_4 G_5 = G_{\text{зар2}} \cdot C_5 / C_{\Sigma\text{п}} = 223,3 \cdot 0,3 / 136,42 = 0,5$$

Тіамін гідрохлорид $G_6 = G_{заг2} \cdot C_6/C_{\Sigma\Pi} = 223,3 \cdot 0,02/136,42 = 0,03$

Стерилізація компонентів в композиціях буде проводитись в окремих реакторах гострою парою, приймаємо $K_{кон} = 0,1$, тоді загальна кількість конденсату становитиме: $V_k = V_{псп} K_{кон} = 1637 \cdot 0,1 = 163,7$ л.

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде: $V_{в2} = V_{псп} - G_{заг2} = 1637 - 223,3 - 163,7 = 1250$ л

Для спрощення розрахунків прийемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто $1\text{л} = 1\text{кг}$.

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, л:

Кукурудзяний крохмаль $G_{1в} = V_{в2} \cdot (C_1/C_{\Sigma}) = 1250 \cdot (23/36,42) = 789,4$

Глюкоза $G_{2в} = V_{в2} \cdot (C_2/C_{\Sigma}) = 1250 \cdot (13/36,42) = 446,2$

Tween-20 $G_{4в} = V_{в2} \cdot (C_4/C_{\Sigma}) = 1250 \cdot (0,1/36,42) = 3,4$

MgSO₄ $G_{5в} = V_{в2} \cdot (C_5/C_{\Sigma}) = 1250 \cdot (0,3/36,42) = 10,3$

Тіамін гідрохлорид $G_{6в} = V_{в2} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 1250 \cdot (0,02/36,42) = 0,7$

Таблиця 6.2. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в посівному апараті

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 1637 л середовища, кг (л)	Композиція	Об'єм композиції, V, л
Кукурудзяний крохмаль	23	37,6	А	1298,07
Глюкоза	13	21,3		
Tween-20	0,1	0,17		
Вода		1239		
Арахісова олія	100	163,7	Б	163,7
MgSO ₄	0,3	0,5	В	10,8
Вода		10,3		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,03	Г	0,73
Вода		0,7		
Конденсат	163,7 л			
Всього	1637 л			

6.3.4. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в інокуляторі.

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в інокуляторі становить:

$$V_{ін1} = V_{пмп}/(1-E_{ін}) = 164/(1-0,1) = 182,2 \text{ л.}$$

Кількість поживного середовища в інокуляторі становить:

$$V_{псі1} = V_{ін1}/(1+X_{ін}) = 192,2/(1+0,1) = 165,6 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання посівного апарата:

$$V_{пмі1} = V_{ін1} - V_{псі1} = 182,2 - 165,6 = 16,6 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{пс}$ складають:

$$G_{заг3} = V_{псі1} \cdot C_{\Sigma\Pi} = 165,6 \cdot 136,42 = 22,6 \text{ кг, в тому числі покомпонентно, кг:}$$

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_1 = G_{заг3} \cdot C_1/C_{\Sigma\Pi} = 22,6 \cdot 23/136,42 = 3,8$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_2 = G_{заг3} \cdot C_2/C_{\Sigma\Pi} = 22,6 \cdot 13/136,42 = 2,16$$

$$\text{Арахісова олія} \quad G_3 = G_{заг3} \cdot C_3/C_{\Sigma\Pi} = 22,6 \cdot 100/136,42 = 16,57$$

$$\text{Tween-20} \quad G_4 = G_{заг3} \cdot C_4/C_{\Sigma\Pi} = 22,6 \cdot 0,1/136,42 = 0,017$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_5 = G_{заг3} \cdot C_5/C_{\Sigma\Pi} = 22,6 \cdot 0,3/136,42 = 0,05$$

$$\text{Тіамін гідрохлорид} \quad G_6 = G_{заг3} \cdot C_6/C_{\Sigma\Pi} = 22,6 \cdot 0,02/136,42 = 0,003$$

Стерилізація компонентів в композиціях буде проводитись в окремих реакторах гострою парою, приймаємо $K_{кон} = 0,1$, тоді загальна кількість конденсату становитиме: $V_k = V_{псі1} \cdot K_{кон} = 165,6 \cdot 0,1 = 16,6 \text{ л.}$

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде: $V_v = V_{псі1} - G_{заг3} = 165,6 - 16,6 - 22,6 = 126,4 \text{ л.}$

Для спрощення розрахунків приймемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто $1 \text{ л} = 1 \text{ кг.}$

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, л:

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_{1в} = V_{в2} \cdot (C_1/C_{\Sigma}) = 126,4 \cdot (23/36,42) = 80$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_{2в} = V_{в2} \cdot (C_2/C_{\Sigma}) = 126,4 \cdot (13/36,42) = 45$$

Tween-20

$$G_{4B} = V_{B2} \cdot (C_4/C_{\Sigma}) = 126,4 \cdot (0,1/36,42) = 0,4$$

MgSO₄

$$G_{5B} = V_{B2} \cdot (C_5/C_{\Sigma}) = 126,4 \cdot (0,3/36,42) = 0,93$$

Тіамін гідрохлорид

$$G_{6B} = V_{B2} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 126,4 \cdot (0,02/36,42) = 0,07$$

Таблиця 6.3. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в інокуляторі

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 165,6 л середовища, кг (л)	Композиція	Об'єм композиції, V, л
Кукурудзяний крохмаль	23	3,8	А	131,377
Глюкоза	13	2,16		
Tween-20	0,1	0,017		
Вода		125,4		
Арахісова олія	100	16,57	Б	16,57
MgSO ₄	0,3	0,05	В	0,98
Вода		0,93		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,003	Г	0,073
Вода		0,07		
Конденсат	16,6 л			
Всього	165,6 л			

6.3.5. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування штаму (-) в малому інокуляторі

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в малому інокуляторі становить:

$$V_{in2} = V_{pmi1} / (1 - E_{in}) = 16,6 / (1 - 0,1) = 18,4 \text{ л.}$$

Кількість поживного середовища в інокуляторі становить:

$$V_{pci2} = V_{in2} / (1 + X_{in}) = 18,4 / (1 + 0,1) = 16,7 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання інокулятора:

$$V_{кол} = V_{in2} - V_{pci2} = 18,4 - 16,7 = 1,7 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{пс}}$ складають:

$$G_{\text{заг4}} = V_{\text{пс2}} \cdot C_{\Sigma} = 16,7 \cdot 136,42 = 2278 \text{ г, в тому числі покомпонентно, г:}$$

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_1 = G_{\text{заг4}} \cdot C_1/C_{\Sigma\text{п}} = 2278 \cdot 23/136,42 = 384$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_2 = G_{\text{заг4}} \cdot C_2/C_{\Sigma\text{п}} = 2278 \cdot 13/136,42 = 217$$

$$\text{Арахісова олія} \quad G_3 = G_{\text{заг4}} \cdot C_3/C_{\Sigma\text{п}} = 2278 \cdot 100/136,42 = 1670$$

$$\text{Tween-20} \quad G_4 = G_{\text{заг4}} \cdot C_4/C_{\Sigma\text{п}} = 2278 \cdot 0,1/136,42 = 1,7$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_5 = G_{\text{заг4}} \cdot C_5/C_{\Sigma\text{п}} = 2278 \cdot 0,3/136,42 = 5$$

$$\text{Тіамін гідрохлорид} \quad G_6 = G_{\text{заг4}} \cdot C_6/C_{\Sigma\text{п}} = 2401 \cdot 0,02/136,42 = 0,3$$

Оскільки стерилізація композицій буде проводитись в автоклаві в окремій закритій ємності без подачі гострої пари в ПС, крім композиції А, конденсат не утворюється і в розрахунках не враховується.

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде: $V_{\text{в}} = V_{\text{пс2}} - G_{\text{заг4}} = 16700 - 2278 = 14422 \text{ мл.}$

Для спрощення розрахунків прийемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто $1 \text{ л} = 1 \text{ кг.}$

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, мл:

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_{1\text{в}} = V_{\text{в2}} \cdot (C_1/C_{\Sigma}) = 14422 \cdot (23/36,42) = 9107,8$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_{2\text{в}} = V_{\text{в2}} \cdot (C_2/C_{\Sigma}) = 14422 \cdot (13/36,42) = 5147,9$$

$$\text{Tween-20} \quad G_{4\text{в}} = V_{\text{в2}} \cdot (C_4/C_{\Sigma}) = 14422 \cdot (0,1/36,42) = 39,6$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_{5\text{в}} = V_{\text{в2}} \cdot (C_5/C_{\Sigma}) = 14422 \cdot (0,3/36,42) = 118,8$$

$$\text{Тіамін гідрохлорид} \quad G_{6\text{в}} = V_{\text{в2}} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 14422 \cdot (0,02/36,42) = 7,9$$

Таблиця 6.4. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в малому інокуляторі

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 16700 мл середовища, (мл)	Композиція	Об'єм композиції, V, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	384	А	14898
Глюкоза	13	217		
Тween-20	0,1	1,7		
Вода		14295,3		
Арахісова олія	100	1670	Б	1670
MgSO ₄	0,3	5	В	123,8
Вода		118,8		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,3	Г	8,2
Вода		7,9		
Всього		16700 мл		

6.3.6. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування штаму (-) в колбах на качалках

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в колбах становить:

$$V_{\text{псм}} = V_{\text{кол}} = 1,7 \text{ л}$$

Кількість поживного середовища в колбах становить:

$$V_{\text{пск}} = V_{\text{псм}} / (1 + X_{\text{кол}}) = 1,7 / (1 + 0,1) = 1,55 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання колб:

$$V_{\text{пмк}} = V_{\text{псм}} - V_{\text{пск}} = 1,7 - 1,55 = 0,15 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{пс}}$ складають:

$$G_{\text{заг5}} = V_{\text{пск}} \cdot C_{\Sigma} = 1,55 \cdot 136,42 = 211,5 \text{ г, в тому числі покомпонентно, г:}$$

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_1 = G_{\text{заг5}} \cdot C_1 / C_{\Sigma\text{п}} = 211,5 \cdot 23 / 136,42 = 35,7$$

Глюкоза	$G_2 = G_{\text{заг5}} \cdot C_2/C_{\Sigma\Pi} = 211,5 \cdot 13/136,42 = 20,1$
Арахісова олія	$G_3 = G_{\text{заг5}} \cdot C_3/C_{\Sigma\Pi} = 211,5 \cdot 100/136,42 = 155$
Tween-20	$G_4 = G_{\text{заг5}} \cdot C_4/C_{\Sigma\Pi} = 211,5 \cdot 0,1/136,42 = 0,2$
MgSO ₄	$G_5 = G_{\text{заг5}} \cdot C_5/C_{\Sigma\Pi} = 211,5 \cdot 0,3/136,42 = 0,47$
Тіамін гідрохлорид	$G_6 = G_{\text{заг5}} \cdot C_6/C_{\Sigma\Pi} = 211,5 \cdot 0,02/136,42 = 0,03$

Враховуючи малу кількість компонентів їх стерилізація проводиться в колбах в автоклаві, при цьому конденсат не утворюється.

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде: $V_B = V_{\text{пск}} - G_{\text{заг5}} = 1,55 - 211,5 = 1338,5$ мл

Для спрощення розрахунків прийемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто 1л = 1 кг.

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, мл:

Кукурудзяний крохмаль	$G_{1B} = V_{B2} \cdot (C_1/C_{\Sigma}) = 1338,5 \cdot (23/36,42) = 845,3$
Глюкоза	$G_{2B} = V_{B2} \cdot (C_2/C_{\Sigma}) = 1338,5 \cdot (13/36,42) = 477,8$
Tween-20	$G_{4B} = V_{B2} \cdot (C_4/C_{\Sigma}) = 1338,5 \cdot (0,1/36,42) = 3,7$
MgSO ₄	$G_{5B} = V_{B2} \cdot (C_5/C_{\Sigma}) = 1338,5 \cdot (0,3/36,42) = 11$
Тіамін гідрохлорид	$G_{6B} = V_{B2} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 1338,5 \cdot (0,02/36,42) = 0,7$

Таблиця 6.5. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в колбах на качалках

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 1550 мл середовища, (мл)	Композиція	Об'єм композиції, V, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	35,7	А	1382,8
Глюкоза	13	20,1		
Tween-20	0,1	0,2		
Вода		1326,8		
Арахісова олія	100	155	Б	155

MgSO ₄	0,3	0,47	В	11,47
Вода		11		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,03	Г	0,73
Вода		0,7		
Всього	1550 мл			

6.3.7. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу штаму (+) в інокуляторі.

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в інокуляторі становить:

$$V_{ін1} = V_{пмп}/(1-E_{ін}) = 180/(1-0,1) = 200 \text{ л.}$$

Кількість поживного середовища в інокуляторі становить:

$$V_{псі1} = V_{ін1}/(1+X_{ін}) = 200/(1+0,1) = 181,8 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання посівного апарата:

$$V_{пмі1} = V_{ін1} - V_{псі1} = 200 - 181,8 = 18,2 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{пс}$ складають:

$$G_{заг6} = V_{псі1} \cdot C_{\Sigma\Pi} = 181,8 \cdot 136,42 = 24,8 \text{ кг, в тому числі покомпонентно, кг:}$$

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_1 = G_{заг6} \cdot C_1/C_{\Sigma\Pi} = 24,8 \cdot 23/136,42 = 4,18$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_2 = G_{заг6} \cdot C_2/C_{\Sigma\Pi} = 24,8 \cdot 13/136,42 = 2,36$$

$$\text{Арахісова олія} \quad G_3 = G_{заг6} \cdot C_3/C_{\Sigma\Pi} = 24,8 \cdot 100/136,42 = 18,18$$

$$\text{Tween-20} \quad G_4 = G_{заг6} \cdot C_4/C_{\Sigma\Pi} = 24,8 \cdot 0,1/136,42 = 0,017$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_5 = G_{заг6} \cdot C_5/C_{\Sigma\Pi} = 24,8 \cdot 0,3/136,42 = 0,06$$

$$\text{Тіамін гідрохлорид} \quad G_6 = G_{заг6} \cdot C_6/C_{\Sigma\Pi} = 24,8 \cdot 0,02/136,42 = 0,003$$

Стерилізація компонентів в композиціях буде проводитись в окремих реакторах гострою парою, приймаємо $K_{кон} = 0,1$, тоді загальна кількість конденсату становитиме: $V_k = V_{псі1} \cdot K_{кон} = 181,8 \cdot 0,1 = 18,2 \text{ л.}$

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного

середовища буде: $V_B = V_{\text{псі1}} - G_{\text{заг6}} = 181,8 - 24,8 - 18,2 = 138,8$ л.

Для спрощення розрахунків прийемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто 1л = 1 кг.

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, л:

Кукурудзяний крохмаль $G_{1B} = V_{B2} \cdot (C_1/C_{\Sigma}) = 138,8 \cdot (23/36,42) = 87,66$

Глюкоза $G_{2B} = V_{B2} \cdot (C_2/C_{\Sigma}) = 138,8 \cdot (13/36,42) = 49,55$

Tween-20 $G_{4B} = V_{B2} \cdot (C_4/C_{\Sigma}) = 138,8 \cdot (0,1/36,42) = 0,38$

MgSO₄ $G_{5B} = V_{B2} \cdot (C_5/C_{\Sigma}) = 138,8 \cdot (0,3/36,42) = 1,14$

Тіамін гідрохлорид $G_{6B} = V_{B2} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 138,8 \cdot (0,02/36,42) = 0,07$

Таблиця 6.6. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму (+) в інокуляторі

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 181,8 л середовища, кг (л)	Композиція	Об'єм композиції, V, л
Кукурудзяний крохмаль	23	4,18	А	144,1
Глюкоза	13	2,36		
Tween-20	0,1	0,017		
Вода		137,59		
Арахісова олія	100	18,18	Б	18,2
MgSO ₄	0,3	0,06	В	1,2
Вода		1,14		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,003	Г	0,1
Вода		0,07		
Конденсат	18,2 л			
Всього	181,8 л			

6.3.8. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування штаму (+) в малому інокуляторі

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в малому інокуляторі становить:

$$V_{ін2} = V_{пмі1} / (1 - E_{ін}) = 18,2 / (1 - 0,1) = 20,2 \text{ л.}$$

Кількість поживного середовища в інокуляторі становить:

$$V_{псі2} = V_{ін2} / (1 + X_{ін}) = 20,2 / (1 + 0,1) = 18,4 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання інокулятора:

$$V_{кол} = V_{ін2} - V_{псі2} = 20,2 - 18,4 = 1,8 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{пс}$ складають:

$$G_{заг7} = V_{псі2} \cdot C_{\Sigma} = 18,4 \cdot 136,42 = 2510 \text{ г, в тому числі покомпонентно, г:}$$

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_1 = G_{заг7} \cdot C_1 / C_{\Sigmaп} = 2510 \cdot 23 / 136,42 = 423,2$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_2 = G_{заг7} \cdot C_2 / C_{\Sigmaп} = 2510 \cdot 13 / 136,42 = 239,2$$

$$\text{Арахісова олія} \quad G_3 = G_{заг7} \cdot C_3 / C_{\Sigmaп} = 2510 \cdot 100 / 136,42 = 1839,9$$

$$\text{Tween-20} \quad G_4 = G_{заг7} \cdot C_4 / C_{\Sigmaп} = 2510 \cdot 0,1 / 136,42 = 1,83$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_5 = G_{заг7} \cdot C_5 / C_{\Sigmaп} = 2510 \cdot 0,3 / 136,42 = 5,5$$

$$\text{Тіамін гідрохлорид} \quad G_6 = G_{заг7} \cdot C_6 / C_{\Sigmaп} = 2510 \cdot 0,02 / 136,42 = 0,37$$

Оскільки стерилізація композицій буде проводитись в автоклаві в окремій закритій ємності без подачі гострої пари в ПС, крім композиції А, конденсат не утворюється і в розрахунках не враховується.

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде: $V_{в} = V_{псі2} - G_{заг7} = 18400 - 2510 = 15890 \text{ мл.}$

Для спрощення розрахунків приймемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто $1 \text{ л} = 1 \text{ кг.}$

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, мл:

$$\text{Кукурудзяний крохмаль} \quad G_{1в} = V_{в2} \cdot (C_1 / C_{\Sigma}) = 15890 \cdot (23 / 36,42) = 10034,9$$

$$\text{Глюкоза} \quad G_{2в} = V_{в2} \cdot (C_2 / C_{\Sigma}) = 15890 \cdot (13 / 36,42) = 5671,9$$

$$\text{Tween-20} \quad G_{4в} = V_{в2} \cdot (C_4 / C_{\Sigma}) = 15890 \cdot (0,1 / 36,42) = 43,6$$

$$\text{MgSO}_4 \quad G_{5в} = V_{в2} \cdot (C_5 / C_{\Sigma}) = 15890 \cdot (0,3 / 36,42) = 130,9$$

Тіамін гідрохлорид

$$G_{6B} = V_{B2} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 15890 \cdot (0,02/36,42) = 8,7$$

Таблиця 6.7. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму(+) в малому інокуляторі

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 18400 мл середовища, (мл)	Композиція	Об'єм композиції, V, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	423,2	А	16414,63
Глюкоза	13	239,2		
Твеен-20	0,1	1,83		
Вода		15750,4		
Арахісова олія	100	1839,9	Б	1839,9
MgSO ₄	0,3	5,5	В	136,4
Вода		130,9		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,37	Г	9,07
Вода		8,7		
Всього		18400 мл		

6.3.9. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування штаму (+) в колбах на качалках

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу в колбах становить:

$$V_{\text{псм}} = V_{\text{кол}} = 1,8 \text{ л}$$

Кількість поживного середовища в колбах становить:

$$V_{\text{пск}} = V_{\text{псм}} / (1 + X_{\text{кол}}) = 1,8 / (1 + 0,1) = 1,64 \text{ л.}$$

Необхідна кількість посівного матеріалу для засівання колб:

$$V_{\text{пмк}} = V_{\text{псм}} - V_{\text{пск}} = 1,8 - 1,64 = 0,16 \text{ л.}$$

Згідно з прийнятим складом поживного середовища загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{пс}}$ складають:

$$G_{\text{заг8}} = V_{\text{пск}} \cdot C_{\Sigma} = 1,64 \cdot 136,42 = 223,7 \text{ г, в тому числі покомпонентно, г:}$$

Кукурудзяний крохмаль	$G_1 = G_{\text{заг8}} \cdot C_1/C_{\Sigma\Pi} = 223,7 \cdot 23/136,42 = 37,72$
Глюкоза	$G_2 = G_{\text{заг8}} \cdot C_2/C_{\Sigma\Pi} = 223,7 \cdot 13/136,42 = 21,32$
Арахісова олія	$G_3 = G_{\text{заг8}} \cdot C_3/C_{\Sigma\Pi} = 223,7 \cdot 100/136,42 = 163,98$
Tween-20	$G_4 = G_{\text{заг8}} \cdot C_4/C_{\Sigma\Pi} = 223,7 \cdot 0,1/136,42 = 0,16$
MgSO ₄	$G_5 = G_{\text{заг8}} \cdot C_5/C_{\Sigma\Pi} = 223,7 \cdot 0,3/136,42 = 0,49$
Тіамін гідрохлорид	$G_6 = G_{\text{заг5}} \cdot C_6/C_{\Sigma\Pi} = 223,7 \cdot 0,02/136,42 = 0,03$

Враховуючи малу кількість компонентів їх стерилізація проводиться в колбах в автоклаві, при цьому конденсат не утворюється.

Загальна кількість води необхідної для розбавлення компонентів поживного середовища буде: $V_B = V_{\text{пск}} - G_{\text{заг8}} = 1,64 - 223,7 = 1416,3$ мл

Для спрощення розрахунків прийемо, що густина компонентів приблизно дорівнює густині води, тобто 1л = 1 кг.

Розраховуємо кількість води для розчинення покомпонентно, мл:

Кукурудзяний крохмаль	$G_{1B} = V_{B2} \cdot (C_1/C_{\Sigma}) = 1416,3 \cdot (23/36,42) = 894,4$
Глюкоза	$G_{2B} = V_{B2} \cdot (C_2/C_{\Sigma}) = 1416,3 \cdot (13/36,42) = 505,5$
Tween-20	$G_{4B} = V_{B2} \cdot (C_4/C_{\Sigma}) = 1416,3 \cdot (0,1/36,42) = 3,9$
MgSO ₄	$G_{5B} = V_{B2} \cdot (C_5/C_{\Sigma}) = 1416,3 \cdot (0,3/36,42) = 11,7$
Тіамін гідрохлорид	$G_{6B} = V_{B2} \cdot (C_6/C_{\Sigma}) = 1416,3 \cdot (0,02/36,42) = 0,8$

Таблиця 6.8. Склад композицій для стерилізації компонентів для вирощування посівного матеріалу штаму (+) в колбах на качалках

Компонент поживного середовища	Вміст, г/л	Кількість для приготування 1640 мл середовища, (мл)	Композиція	Об'єм композиції, V, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	37,72	А	1463
Глюкоза	13	21,32		
Tween-20	0,1	0,16		
Вода		1403,8		
Арахісова олія	100	163,98	Б	164

Продовження таблиці 6.8

MgSO ₄	0,3	0,49	В	12,2
Вода		11,7		
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,03	Г	0,8
Вода		0,8		
Всього	1640 мл			

Таблиця 6.9. МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС НА ОДИН ЦИКЛ ВИРОБНИЧОГО БІОСИНТЕЗУ

№ зп	Використано		Отримано	
	Назва сировини і напівпродукту	Кількість, кг, дм ³	Назва кінцевого продукту, відходів та втрат	Кількість, кг, дм ³
1	2	3	4	5
1.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ІНОКУЛЯТУ ШТАМ (+) В КОЛБАХ НА КАЧАЛКАХ (мл,г)			
1.1	Кукурудзяний крохмаль	37,72	Нестерильне ПС	1640
1.2	Глюкоза	21,32		
1.3	Арахісова олія	163,98		
1.4	Тween-20	0,16		
1.5	MgSO ₄	0,49		
1.6	Тіамін гідрохлорид	0,03		
1.7	Вода	1416,3		
1.8	Всього:	1640	Всього:	1640
2.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ (+) В АВТОКЛАВІ (мл)			
2.1	Нестерильне ПС	1640	Стерильне ПС	1640
2.2	Всього:	1640	Всього:	1640
3.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМУ (+) ПІД ЧАС КУЛЬТИВУВАННЯ В КОЛБАХ НА КАЧАЛКАХ			
3.1	Стерильне ПС	1640	Посівний матеріал	1800
3.2	Посівний матеріал з колби	160		
3.3	Всього:	1800	Всього:	1800
4.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ(+) ДЛЯ МАЛОГО ІНОКУЛЯТОРА (мл, г)			
4.1	Кукурудзяний крохмаль	423,2	Нестерильне ПС	18400
4.2	Глюкоза	239,2		
4.3	Арахісова олія	1839,9		
4.4	Тween-20	1,83		
4.5	MgSO ₄	5,5		
4.6	Тіамін гідрохлорид	0,37		

4.7	Вода	15890		
4.8	Всього:	18400	Всього:	18400
5.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ(+) ДЛЯ МАЛОГО ІНОКУЛЯТОРА			
5.1	Нестерильне ПС	18400	Стерильне ПС	18400
5.2	Всього:	18400	Всього:	18400
6.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМУ (+) В МАЛОМУ ІНОКУЛЯТОРІ			
6.1	Стерильне ПС	18400	Посівний матеріал	18180
6.2	Посівний матеріал з колб на качалках	1800		
6.3	Втрати(частка)	0,1	Втрати(кількість)	2020
6.4	Всього:	20200	Всього:	20200
7.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ (+) ДЛЯ ІНОКУЛЯТОРА (кг, л)			
7.1	Кукурудзяний крохмаль	4,18	Нестерильне ПС	181,8
7.2	Глюкоза	2,36		
7.3	Арахісова олія	18,18		
7.4	Тween-20	0,017		
7.5	MgSO ₄	0,06		
7.6	Тіамін гідрохлорид	0,003		
7.7	Вода	157		
7.8	Всього:	181,8	Всього:	181,8
8.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ (+) ДЛЯ ІНОКУЛЯТОРА			
8.1	Нестерильне ПС	181,8	Стерильне ПС	181,8
8.2	Конденсат	18,2		
8.3	Всього:	181,8	Всього:	181,8
9.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМУ(+) В ІНОКУЛЯТОРІ			
9.1	Стерильне ПС	181,7	Посівний матеріал	180
9.2	Посівний матеріал з малого інокулятора	18,2		
9.3	Втрати(частка)	0,1	Втрати(кількість)	20
9.4	Всього:	200	Всього:	200
10.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ			

	ВИРОЩУВАННЯ ІНОКУЛЯТУ ШТАМ (-) В КОЛБАХ НА КАЧАЛКАХ (мл,г)			
10.1	Кукурудзяний крохмаль	35,7	Нестерильне ПС	1550
10.2	Глюкоза	20,1		
10.3	Арахісова олія	155		
10.4	Tween-20	0,2		
10.5	MgSO ₄	0,47		
10.6	Тіамін гідрохлорид	0,03		
10.7	Вода	1338,5		
10.8	Всього:	1550	Всього:	1550
11.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМ (-) В АВТОКЛАВІ (мл)			
11.1	Нестерильне ПС	1550	Стерильне ПС	1550
11.2	Всього:	1550	Всього:	1550
12.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМ (-) ПІД ЧАС КУЛЬТИВУВАННЯ В КОЛБАХ НА КАЧАЛКАХ (мл)			
12.1	Стерильне ПС	1550	Посівний матеріал	1700
12.2	Посівний матеріал з колби	150		
12.3	Всього:	1700	Всього:	1700
13.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ(-) ДЛЯ МАЛОГО ІНОКУЛЯТОРА (мл, г)			
13.1	Кукурудзяний крохмаль	384	Нестерильне ПС	16700
13.2	Глюкоза	217		
13.3	Арахісова олія	1670		
13.4	Tween-20	1,7		
13.5	MgSO ₄	5		
13.6	Тіамін гідрохлорид	0,3		
13.7	Вода	14422		
13.8	Всього:	16700	Всього:	16700
14.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ(-) ДЛЯ МАЛОГО ІНОКУЛЯТОРА			
14.1	Нестерильне ПС	16700	Стерильне ПС	16700
14.2	Всього:	16700	Всього:	16700
15.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМУ (-) В МАЛОМУ ІНОКУЛЯТОРІ			
15.1	Стерильне ПС	16700	Посівний	16560

			матеріал	
15.2	Посівний матеріал з колб на качалчі	1700		
15.3	Втрати(частка)	0,1	Втрати(кількість)	1840
15.4	Всього:	18400	Всього:	18400
16.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ (-) ДЛЯ ІНОКУЛЯТОРА (кг, л)			
16.1	Кукурудзяний крохмаль	3,8	Нестерильне ПС	165,6
16.2	Глюкоза	2,16		
16.3	Арахісова олія	16,57		
16.4	Tween-20	0,017		
16.5	MgSO ₄	0,05		
16.6	Тіамін гідрохлорид	0,003		
16.7	Вода	143		
16.8	Всього:	165,6	Всього:	165,6
17.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ (-) ДЛЯ ІНОКУЛЯТОРА			
17.1	Нестерильне ПС	165,6	Стерильне ПС	165,6
17.2	Конденсат	16,6		
17.3	Всього:	165,6	Всього:	165,6
18.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМУ(-) В ІНОКУЛЯТОРІ			
18.1	Стерильне ПС	165,6	Посівний матеріал	164
18.2	Посівний матеріал з малого інокулятора	16,6		
18.3	Втрати(частка)	0,1	Втрати(кількість)	18,2
18.4	Всього:	182,2	Всього:	182,2
19.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ(-) ДЛЯ ПОСІВНОГО АПАРАТУ (кг, л)			
19.1	Кукурудзяний крохмаль	37,6	Нестерильне ПС	1637
19.2	Глюкоза	21,3		
19.3	Арахісова олія	163,7		
19.4	Tween-20	0,17		
19.5	MgSO ₄	0,5		
19.6	Тіамін гідрохлорид	0,03		
19.7	Вода	1413,7		
19.8	Всього:	1637	Всього:	1637

20.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ШТАМУ(-) ДЛЯ ПОСІВНОГО АПАРАТУ			
20.1	Нестерильне ПС	1637	Стерильне ПС	1637
20.2	Конденсат	163,7		
20.3	Всього:	1637	Всього:	1637
21.	ОТРИМАННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШТАМУ(-) В ПОСІВНОМУ АПАРАТІ			
21.1	Стерильне ПС	1637	Посівний матеріал	1620
21.2	Посівний матеріал з інокулятора	164		
21.3	Втрати(частка)	0,1	Втрати(кількість)	180
21.4	Всього:	1800	Всього:	1800
22.	ПРИГОТУВАННЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ФЕРМЕНТЕРА (кг, л)			
22.1	Кукурудзяне борошно	363,5	Нестерильне ПС	15800
22.2	Пшеничне борошно	189,6		
22.3	Кукурудзяний сироп	489,8		
22.4	Лецитин	15,8		
22.5	Na ₂ PO ₄ x12H ₂ O	31,6		
22.6	MgSO ₄	4,7		
22.7	Соева олія	474		
22.8	Вода	11071		
22.9	Всього:	15800	Всього:	15800
23.	СТЕРИЛІЗАЦІЯ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ФЕРМЕНТЕРА			
23.1	Нестерильне ПС	15800	Стерильне ПС	15800
23.2	Конденсат	3160		
23.3	Всього:	15800	Всього:	15800
24	ВИРОБНИЧИЙ БІОСИНТЕЗ			
24.1	Стерильне ПС	15800		15840
24.2	Посівний матеріал з посівного апарата (+) і інокулятора (-)	1800		
24.3	Втрати(частка)	0,1	Втрати(кількість)	1760
24.4	Всього:	17600	Всього:	17600

6.4. Розрахунок технологічного обладнання.

6.4.1. Розрахунок кількості виробничих ферментерів.

Приблизний загальний геометричний об'єм ферментерів при заданому $K_{зф}=0,6$

$$V_{фг} = V_{ф}/K_{зф} = 17,6/0,6 = 29,3$$

Вибираємо з таблиці найближчий за номінальним об'ємом ферментер:

$$V_{нф} = 32 \text{ м}^3.$$

Кількість виробничих ферментерів при заданому $K_з$:

$$N_{фр} = V_{фг}/V_{нф} = 29,3/32 = 0,9 - \text{приймаємо } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці ферментерів:

$$K_{зф} = V_{ф}/(V_{нф} \cdot N_{фр}) = 17,6/(32 \cdot 1) = 0,55.$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує заданих меж (0,4 – 0,6), то приймаємо до установки $N_{фр} = 1 (+ 1)$ запасний ферментери.

6.4.2. Уточнюючий розрахунок кількості посівних апаратів

Приблизний загальний геометричний об'єм посівного апарата при заданому $K_з = 0,6$:

$$V_{гпа} = V_{па}/K_з = 1,8/0,6 = 3 \text{ м}^3$$

Вибираємо з таблиці найближчий за номінальним об'ємом посівний апарат:

$$V_{нпа} = 3,2 \text{ м}^3$$

Кількість посівних апаратів при заданому $K_з$:

$$N_{пар} = V_{гпа}/V_{нпа} = 3/3,2 = 0,94 - \text{приймаємо } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці посівних апаратів:

$$K_{зпа} = V_{па}/(V_{нпа} \cdot N_{пар}) = 1,8/(3,2 \cdot 1) = 0,56$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує заданих меж (0,5 – 0,65), то приймаємо до установки $N_{фр} = 1 (+ 1)$ запасний ферментери.

6.4.3. Уточнюючий розрахунок кількості інокуляторів для штаму (-)

Приблизний загальний геометричний об'єм інокулятора при заданому $K_з = 0,6$:

$$V_{гін1} = V_{ін1}/K_3 = 182,2/0,6 = 303,7 \text{ л}$$

Вибираємо з таблиці найближчий за номінальним об'ємом інокулятор: $V_{ін1} = 0,40 \text{ м}^3 = 400 \text{ л}$.

Кількість інокуляторів при заданому K_3 :

$$N_{ін1р} = V_{гін1}/V_{ін1} = 303,7/400 = 0,76 - \text{приймаємо } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці інокуляторів:

$$K_{зін} = V_{ін1}/(V_{ін1} \cdot N_{ін1р}) = 182,2/(400 \cdot 1) = 0,46$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує задані межі (0,4 – 0,6), то приймаємо до установки $N_{ін1р} = 1 (+1)$ запасний інокулятори.

Приблизний загальний геометричний об'єм малого інокулятора при заданому $K_3 = 0,6$:

$$V_{гін2} = V_{ін2}/K_3 = 18,4/0,6 = 30,7 \text{ л}$$

Вибираємо з таблиці найближчий за номінальним об'ємом інокулятор: $V_{ін2} = 40 \text{ л}$.

Кількість інокуляторів при заданому K_3 :

$$N_{ін2р} = V_{гін2}/V_{ін2} = 30,7/40 = 0,77 - \text{приймаємо } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці інокуляторів:

$$K_{зін} = V_{ін2}/(V_{ін2} \cdot N_{ін2р}) = 18,4/(40 \cdot 1) = 0,49$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує задані межі (0,4 – 0,7), то приймаємо до установки $N_{ін2р} = 1 (+1)$ запасний інокулятори.

6.4.4. Уточнюючий розрахунок кількості інокуляторів для штаму (+)

Приблизний загальний геометричний об'єм інокулятора при заданому $K_3 = 0,6$:

$$V_{гін1} = V_{ін1}/K_3 = 200/0,6 = 333,3 \text{ л}$$

Вибираємо з таблиці найближчий за номінальним об'ємом інокулятор: $V_{ін1} = 0,40 \text{ м}^3 = 400 \text{ л}$.

Кількість інокуляторів при заданому K_3 :

$$N_{ін1р} = V_{гін1}/V_{ін1} = 333,3/400 = 0,83 - \text{приймаємо } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці інокуляторів:

$$K_{зін} = V_{ін1}/(V_{нін1} \cdot N_{ін1р}) = 200/(400 \cdot 1) = 0,5$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує задані межі (0,4 – 0,6), то приймаємо до установки $N_{ін1р} = 1$ (+1) запасний інокулятори.

Приблизний загальний геометричний об'єм малого інокулятора при заданому $K_3 = 0,6$:

$$V_{гін2} = V_{ін2}/K_3 = 20,2/0,6 = 33,7 \text{ л.}$$

Вибираємо з таблиці найближчий за номінальним об'ємом інокулятор: $V_{нін2} = 40$ л.

Кількість інокуляторів при заданому K_3 :

$$N_{ін2р} = V_{гін2}/V_{нін2} = 33,7/40 = 0,84 - \text{приймаємо } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці інокуляторів:

$$K_{зін} = V_{ін2}/(V_{нін2} \cdot N_{ін2р}) = 20,2/(40 \cdot 1) = 0,5$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує задані межі (0,4 – 0,7), то приймаємо до установки $N_{ін2р} = 1$ (+1) запасний інокулятори.

6.4.5. Уточнюючий розрахунок кількості качалочних колб для штаму (-)

Приблизний загальний необхідний об'єм качалочних колб при заданому $K_{кол} = 0,2$:

$$V_{гкол} = V_{кол}/K_{кол} = 1,7/0,2 = 8,5 \text{ л.}$$

Об'єм 1 качалочної колби $V_{нкол} = 0,750$ л.

Кількість качалочних колб при заданому $K_{кол} = 0,2$:

$$N_{кол} = V_{гкол}/V_{нкол} = 8,5/0,75 = 11,3 - \text{приймаємо } 12 \text{ колб.}$$

6.4.6. Уточнюючий розрахунок кількості качалочних колб для штаму(+)

Приблизний загальний необхідний об'єм качалочних колб при заданому $K_{кол} = 0,2$:

$$V_{гкол} = V_{кол}/K_{кол} = 1,8/0,2 = 9 \text{ л.}$$

Об'єм 1 качалочної колби $V_{\text{нкол}} = 0,750$ л.

Кількість качалочних колб при заданому $K_{\text{кол}} = 0,2$:

$N_{\text{кол}} = V_{\text{гкол}}/V_{\text{нкол}} = 9/0,75 = 12$ – приймаємо 12 колб.

6.4.7. Розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування та стерилізації поживного середовища

Уточнюючий розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування середовища для виробничого біосинтезу в ферментері об'ємом 32 м^3

Для приготування композиції А кукурудзяне борошно та пшеничне борошно стерилізують в окремому реакторі з сорочкою, туди ж додається композиції Б і В після цього подають в реактор-змішувач УБС.

Стерилізацію компонентів ПС в об'ємі $V_{\text{ст}} = V_{\text{пс}} - V_{\text{кон}} = 15,8 - 3,2 = 12,6 \text{ м}^3$ проводять в УБС потужністю $20 \text{ м}^3/\text{год}$. Час стерилізації становить $t = 12,6/20 = 0,63$ год. Стерильне ПС з УБС передається безпосередньо в ферментер.

а) Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача УБС. Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{\text{зп}} = 0,8$:

$$V_{\text{УБС}} = V_{\text{ст}}/K_{\text{зб}} = 12,6/0,8 = 15,75 \text{ м}^3$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор: $V_{\text{нр}} = 20 \text{ м}^3$.

Кількість реакторів при заданому $K_{\text{зп}}$ становить:

$N_{\text{р}} = V_{\text{УБС}}/V_{\text{нр}} = 15,75/16 = 0,98$. Приймаємо до установки 1 реактор.

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{\text{зр}} = V_{\text{ст}}/(V_{\text{нр}} \cdot N_{\text{р}}) = 12,6/(16 \cdot 1) = 0,79$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах ($0,7 - 0,9$), то приймаємо до установки один реактор УБС.

б) Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композицій А,Б. Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{\text{зп}} = 0,8$:

$$V_{\text{Аг}} = V_{\text{А+Б}}/K_{\text{зп}} = 8,5/0,8 = 10,6 \text{ м}^3$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{\text{нр}} = 10 \text{ м}^3.$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_{Ap} = V_{Ar}/V_{np} = 10,6/10 = 1,06. \text{ Приймаємо } - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_{A+B} / (V_{np} \cdot N_{Ap}) = 8,5 / (10 \cdot 1) = 0,85$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій А,Б

Розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування середовища для вирощування посівного матеріалу в посівному апараті об'ємом 3,2 м³.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композицій А.

Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Ar} = V_A / K_{зб} = 410,2 / 0,8 = 512,8 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{np} = 630 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Ar} / V_{np} = 512,8 / 630 = 0,81 \text{ приймаємо за } 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_A / (V_{np} \cdot N_p) = 410,2 / (630 \cdot 1) = 0,65$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій А.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції Б.

Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Br} = V_B / K_{зб} = 1140,5 / 0,8 = 1425,6 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{np} = 1600 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Br} / V_{np} = 1425,6 / 1600 = 0,89. \text{ Приймаємо } - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_B / (V_{np} \cdot N_p) = 1140,5 / (1600 \cdot 1) = 0,71$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій Б.

Розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування середовища для вирощування посівного матеріалу штаму(+) в інокуляторі об'ємом 400 л.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції А.
Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Аг} = V_A / K_{зб} = 43,4 / 0,8 = 54,3 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{нр} = 60 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Аг} / V_{нр} = 54,3 / 60 = 0,91. \text{ Приймаємо} - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_A / (V_{нр} \cdot N_p) = 43,4 / (60 \cdot 1) = 0,72$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій А.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції Б.
Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Бг} = V_B / K_{зб} = 120,5 / 0,8 = 150,6 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{нр} = 160 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Бг} / V_{нр} = 150,6 / 160 = 0,94. \text{ Приймаємо} - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_B / (V_{нр} \cdot N_p) = 120,5 / (160 \cdot 1) = 0,75$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій Б.

Розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування середовища для вирощування посівного матеріалу штаму (+) в малому інокуляторі об'ємом 40 л.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції А. Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Аг} = V_{А}/K_{зб} = 4,7/0,8 = 5,9 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{нр} = 6 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Аг}/V_{нр} = 5,9/6 = 0,98. \text{ Приймаємо} - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_{А}/(V_{нр} \cdot N_p) = 4,5/(6 \cdot 1) = 0,75$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) запасний реактор для приготування композиції А.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції Б. Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Бг} = V_{Б}/K_{зб} = 12,9/0,8 = 16,1 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{нр} = 20 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Бг}/V_{нр} = 16,1/20 = 0,8. \text{ Приймаємо} - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_{Б}/(V_{нр} \cdot N_p) = 12,9/(20 \cdot 1) = 0,65$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій Б.

Розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування середовища для вирощування посівного матеріалу штаму(-) в інокуляторі об'ємом 400 л.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції А.
Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Аг} = V_A / K_{зб} = 42,5 / 0,8 = 53,2 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{нр} = 60 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Аг} / V_{нр} = 53,1 / 60 = 0,89. \text{ Приймаємо } - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_A / (V_{нр} \cdot N_p) = 42,5 / (60 \cdot 1) = 0,71$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій А.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції Б.
Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Бг} = V_B / K_{зб} = 118,2 / 0,8 = 147,8 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{нр} = 160 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому $K_{зб}$ становить:

$$N_p = V_{Бг} / V_{нр} = 147,8 / 160 = 0,92. \text{ Приймаємо } - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{зр} = V_B / (V_{нр} \cdot N_p) = 118,2 / (160 \cdot 1) = 0,73$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій Б.

Розрахунок кількості реакторів-змішувачів для приготування середовища для вирощування посівного матеріалу штаму (-) в малому інокуляторі об'ємом 40 л.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції А.
Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{зб} = 0,8$:

$$V_{Аг} = V_A / K_{зб} = 4,6 / 0,8 = 5,8 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{\text{нр}} = 6 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому K_{36} становить:

$$N_p = V_{\text{Аг}}/V_{\text{нр}} = 5,8/6 = 0,97. \text{ Приймаємо} - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{3p} = V_{\text{А}}/(V_{\text{нр}} \cdot N_p) = 4,6/(6 \cdot 1) = 0,77$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) запасний реактор для приготування композиції А.

Підбираємо геометричний об'єм реактора-змішувача для композиції Б.
Приблизний геометричний об'єм реактора-змішувача при заданому $K_{36} = 0,8$:

$$V_{\text{Бг}} = V_{\text{Б}}/K_{36} = 12,8/0,8 = 16 \text{ л.}$$

Вибираємо найближчий за номінальним об'ємом реактор:

$$V_{\text{нр}} = 20 \text{ л.}$$

Кількість реакторів при заданому K_{36} становить:

$$N_p = V_{\text{Бг}}/V_{\text{нр}} = 16/20 = 0,8. \text{ Приймаємо} - 1 \text{ од.}$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення реактора:

$$K_{3p} = V_{\text{Б}}/(V_{\text{нр}} \cdot N_p) = 12,8/(20 \cdot 1) = 0,64$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не лежить в заданих межах (0,7 – 0,85), приймаємо до установки 1 (+1) реактор для приготування композицій Б.

Композиції В і Г готується в лабораторному посуді(колбах) та стерилізується в автоклаві, тому розрахунок ємнісної апаратури для них не потрібен.

РОЗДІЛ 7. Специфікація обладнання

Специфікація обладнання, яке зображене на апаратурній схемі, наведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 Специфікація обладнання ділянки допоміжних робіт та виробничого біосинтезу бета-каротину

Устаткування	Позначення	Характеристика устаткування
Ваговий дозатор	Д1, Д4, Д7	Лабораторні ваги електронні “Техноваги” з вбудованим акумулятором, II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 150-6000 г [27].
Реактор змішувач	P2 P5, P8	Збірник із нержавіючої сталі, з мішалкою та тепловою сорочкою об’ємом 20л На замовлення ООО «ОМЗ Милеста-Україна» [28].
Насос відцентровий	Н3, Н6, Н9	Фірма: SM, Продуктивність: 72 м ³ / год, Максимальний робочий тиск: 10 бар, Максимальна температура рідини, що перекачується: 120 °С, Напір: 55м, Матеріал проточної частини: нержавіюча сталь: AISI 304, AISI 316 [29]
Повітрязабірник	ПЗ10	Пристрій забірний, обладнаний металевою сіткою для видалення механічних забруднень. Фірма: ООО «НПЦ Вектор-Кондвент». Виробник: Україна [30]
Фільтр грубої очистки повітря	Ф11	Фільтр першого ступеня очистки типу ФЯП, Фільтруючий матеріал – мати зі скловолокна, Е = 80 %, продуктивність – 1530 м ³ /год [31]

					НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 7. Специфікація обладнання	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Мовчан Д.В.						80	6 83
Керівник	Гудзенко О.В.					Кафедра БТМ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Пирог Т.П.							

Компресор	K12	Безмасляний компресор <i>LFxR</i> 0.7-1.0 компанії "Атлас Копко": максимальний тиск 10 бар, продуктивність 3.67 - 4.97 м ³ /хв [32]
Теплообмінник-охолоджувач	T13	Теплообмінник-охолоджувач серії Swegon фірми «Parasol», (Німеччина) продуктивність 63 м ³ /год[33]
Ресивер	P14	Ресивер повітряний фірми ООО «Компресормаш-сервис», об'єм 1000 л, робочий тиск 16 атм [34]
Теплообмінник-нагрівач	T15	Теплообмінник нагрівач серії NP70 фірми "DEFRO NP ", потік повітря 8268 м ³ /год, потужність 500 Вт, виготовлений з високоякісної котлової сталі [35]
Фільтр тонкої очистки	Ф16	Модель фільтра FMW. Ступінь очищення повітря 99%. Продуктивність фільтра складає 3400 м ³ /год. [31]
Ваговий дозатор	Д17, Д20, Д25, Д28	Лабораторні ваги електронні "Техноваги" з вбудованим акумулятором, II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 150-6000 г [27].
Індивідуальний фільтр очистки повітря	Ф18, Ф21, Ф23, Ф26, Ф29, Ф31	Microfluor®II Стерилізуючі фільтри з фторопласту. Ступінь очищення повітря фільтром становить 99,999 % [36]
Реактор для стерилізації об'ємом 250мл	P19, P27	Об'єм реактора: 0,25 - 5 літрів Тиск: від -1 до +60/200 бар Температура: від -20 ° С до +250 ° С Матеріал: боросилікатне скло та нержавіюча сталь [37]
Реактор змішувач	P22, P30	Збірник із нержавіючої сталі, з мішалкою та тепловою сорочкою. об'ємом 20-50 л. На замовлення ООО «ОМЗ Милеста-Україна» [28]

Ферментер(малий інокулятор) на 40 л	ФР24, ФР32	Біореактор на замовлення на 40 л, з мішалкою, тепловою сорочкою та барботером[38]
Ваговий дозатор	Д33, Д41 Д26, Д44	Лабораторні ваги електронні “Техноваги” II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 150-6000 г [27].
Індивідуальний фільтр очистки повітря	Ф34, Ф37, Ф39, Ф42, Ф45, Ф47	Microfluor®II Стерилізуючі фільтри з фторопласту. Ступінь очищення повітря фільтром становить 99,999 % [36]
Реактор змішувач	Р35, Р43	Збірник із нержавіючої сталі, з мішалкою та тепловою сорочкою, об'ємом 200-400 л. На замовлення ООО «ОМЗ Милеста-Україна» [28].
Реактор для стерилізації об'ємом 20л	Р38, Р46	Об'єм реактора: 0,5 - 20 літрів Тиск: від -1 до +60/200 бар Температура: від -20 ° С до +250 ° С Матеріал: нержавіюча сталь [39]
Ферментер(інокулятор) на 400 л	ФР40, ФР48	Біореактор на замовлення на 32 м3, з мішалкою, тепловою сорочкою та барботером [38]
Ваговий дозатор	Д49	Лабораторні ваги електронні “Техноваги” з вбудованим акумулятором, II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 150-6000 г [27].
Реактор змішувач	Р51	Збірник із нержавіючої сталі, з мішалкою та тепловою сорочкою, об'ємом 1500-3000 л. На замовлення ООО «ОМЗ Милеста-Україна» [28].
Ваговий дозатор	Д52	Лабораторні ваги електронні “Техноваги” з вбудованим акумулятором, II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 2-300 кг [27]
Реактор для стерилізації об'ємом 200л	Р54	Об'єм реактора: 20 - 500 літрів Тиск: від -1 до +200 бар Температура: від -20 ° С до +300 ° С Матеріал: нержавіюча сталь[40]

Ферментер(посівний апарат) на 3200л	ФР56	Біореактор на замовлення на 3,2 м3, з мішалкою, тепловою сорочкою та барботером [38]
Ваговий дозатор	Д58	Лабораторні ваги електронні “Техноваги” з вбудованим акумулятором, II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 2-300 кг [27]
Реактор-змішувач	Р57	Збірник із нержавіючої сталі, з мішалкою та тепловою сорочкою об'ємом 16000-20000 л. На замовлення ООО «ОМЗ Милеста-Україна» [28].
Ваговий дозатор	Д61	Лабораторні ваги електронні “Техноваги” з вбудованим акумулятором, II класу точності, ваговий діапазон максимальної ваги 2-300 кг [27]
Індивідуальний фільтр очистки повітря	Ф62, Ф66	Microfluor®II Стерилізуючі фільтри з фторопласту. Ступінь очищення повітря фільтром становить 99,999 % [36]
Реактор для стерилізації об'ємом 500л	Р63	Об'єм реактора: 20 - 500 літрів Тиск: від -1 до +200 бар Температура: від -20 ° С до +300 ° С Матеріал: нержавіюча сталь [40]
Ферментер на 32м3	ФР64	Біореактор на замовлення на 32 м3, з мішалкою, тепловою сорочкою та барботером [38]
Насос відцентровий	Н65	Фірма: SM, Продуктивність: 72 м ³ / год, Максимальний робочий тиск: 10 бар, Максимальна температура рідини, що перекачується: 120 ° С, Напір: 55м, Матеріал проточної частини: нержавіюча сталь: AISI 304, AISI 316 [29]
Збірник культуральної рідини	ЗБ67	Фірма: Асе, Матеріал: Нержавіюча сталь 304 і 306, Об'єм: 20000 л,

		Діаметр: 2300мм, Висота: 6550мм, Тиск 0,2 МПа, Можливість автоматизованої стерилізації [41].
Насос відцентровий	Н68	Фірма: SM, Продуктивність: 72 м ³ / год, Максимальний робочий тиск: 10 бар, Максимальна температура рідини, що перекачується: 120 ° С, Напір: 55м, Матеріал проточної частини: нержавіюча сталь: AISI 304, AISI 316 [29]
Фільтр-прес вертикальними плитами	з Ф69	Фірма: ФПР, Поверхня фільтрування, м2: 2, Обсяг рамного простору, м3: 0,04, Робочий тиск ФПР 315, МПа: 0,3, Габаритні розміри ФПР-315, мм: - довжина 1750, - ширина 650, - заввишки 1000, Маса фільтр-преса ФПР315, кг, не більше 850 [42]
Сушарка стрічкова	С70	Фірма: <u>Stela Laxhuber</u> , Насипна висота: 100 - 1400 мм, плавно регульована, Температура сушіння: при бл. 70-110 ° С, Продуктивність на вході: 2250 кг / год, Продуктивність на виході: 1250 кг / год, Вологість на вході: 50%, Вологість на виході: при бл. 10%, Випаровування вологи: 1000 кг / год, Насипна вага продукту: при бл. 260 кг / м ³ (вологий), Ефективна площа сушіння: при бл. 18 м ² (активна зона, що прогрівається гарячим повітрям), Параметри свіжого повітря:

		температура 10 ° С, відносна вологість 70%, без пилу, Займана площа: Д х В х Ш = 9 м х 9 м х 7 м, Потребеленія електричества: приблизно 42 кВт [43]
Дробарка молоткова	Д71	Фірма: Княжа Авила, Потужність приводу (кВт): 7,5 – 30, Напруга мережі (В): 380, Продуктивність (кг / год): 600 – 3100, Всмоктуючий шланг (м) 7 – 10, Розмір часток від 70 мкм до 20 мкм [44]
Фасувально-пакувальна машина	ФМ72, ПМ-73	Фірма: АСВІК ЦЕНТР, Дозатор ваговий: 1-50 кг, Похибка: 0,4%, Фасування в: пакет з запаюванням, паперовий пакет з зашиттям або в пластиковий контейнер (відро) з кришкою [45].

РОЗДІЛ 8. Опис технологічної схеми

ДР 1. Санітарна підготовка виробництва

Санітарна підготовка виробничих приміщень це комплекс заходів, що складається з вологого прибирання, дезінфекційної обробки, та ультрафіолетового опромінення поверхонь приміщень.

ДР 1.1. Підготовка миючих та дезінфікуючих розчинів

Підготовка миючих розчинів полягає у змішуванні миючих та дезінфікуючих засобів з водою для отримання концентрації, необхідної для мийки обладнання, підлоги, стін, столів.

ДР 1.1.1. Приготування розчину каустичної соди

Для миття обладнання використовується 2% розчин каустичної соди. Для приготування 1 л розчину через об'ємно-ваговий дозатор подають 20 г сухої каустичної соди у збірник і додають близько 980 мл води. Приготований розчин зберігають у герметично закритому скляному посуді в прохолодному місці.

ДР 1.1.2. Приготування хлораміну Б

Для знезараження підлоги застосовують також 1 % розчин хлораміну Б. Для приготування 10 л робочого розчину хлораміну Б у збірник. Через об'ємно-ваговий дозатор подають 10 г хлораміну Б і наливають відповідно 9 л технічної води. Розчин готують для разового застосування.

ДР 1.1.3. Приготування розчину дезактіну

Для обробки приміщень, повітроводів, обладнання використовують 2% розчин дезактіну. Для приготування 10 л робочого розчину дезактіну через об'ємно-ваговий дозатор у збірник наливають відповідно 9 л технічної води та 1 л дезактіну, залишають на 24 год в прохолодному приміщенні. Розчин готують для разового застосування.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ			
Розроб.		Мовчан Д.В.			РОЗДІЛ 8. Опис технологічної схеми	Літ.	Арк.	Акрюшів
Керівник		Гудзенко О.В.					86	25
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						

ДР 1.2. Підготовка виробничих приміщень

Прибирання виробничих приміщень поділяється на щоденне та генеральне. У якості матеріалу для прибирання застосовують серветки з підшитими краями з тканини бавовняної і змішаної плательної. Матеріал для прибирання (відра, ганчірки і т. ін.) промаркований, використовують його тільки за призначенням, зберігають в спеціальних шафах.

ДР 1.2.1. Щоденне прибирання

Щодня проводять прибирання підлоги із застосуванням 2% дезактіну з розрахунку 150-170 мл розчину на 1 м². Для знезараження підлоги, поряд з розчином дезактіну, використовують 1 хлораміну Б. Панелі, стіни, двері виробничих приміщень щодня протирають вологою хлопчасто-паперовою тканиною, змоченою в 2% розчині дезактіну. Особливо ретельно протирати ручки і нижні частини дверей. Внутрішню скляну поверхню рам промивають і протирають у міру забруднення.

Для знезараження поверхні стін, підлоги, стелі, обладнання, а також повітря мікробіологічної лабораторії використовують бактерицидні лампи. Після проведення дезінфікуючої обробки приміщення звільняють від персоналу і включають настельні бактерицидні лампи не менше ніж на 2 години. Вимикачі для відкритих бактерицидних ламп розміщені поза опромінюваним приміщенням з сигнальним написом "Увімкнені бактерицидні лампи". Через кожні 2-3 години роботи ламп їх вимикають на 1,0-1,5 години. Встановлена потужність відкритих ламп не перевищує 2,0-2,5 Вт потужності на 1 м³ приміщення.

ДР 1.2.2. Генеральне прибирання

Генеральне прибирання виробничих приміщень проводять не рідше 1 разу на тиждень. Прибирають підлоги, стіни, стелі, повітроводи, підвіконня, поверхні всього обладнання, комунікації, всі виробничі меблі. В якості

дезінфікуючих розчинів використовують 2% розчин дезактіну, 1% розчин хлораміну Б (для обробки підлоги), нагрітий до температури 40-50 ° С.

Допоміжні приміщення (відділення водопідготовки і підготовки повітря, побутові приміщення) піддають обробці аналогічно виробничим приміщенням з періодичністю не рідше 1 разу на місяць.

Проводять обробку приміщень у гумових рукавичках, окулярах, респіраторі, гумових чоботях і фартуху.

Мікробіологічний контроль проводить мікробіолог за допомогою змивів стерильними тампонами не рідше 1 разу на тиждень під час виробничого процесу і за 1,5 год до початку роботи.

У змивах з 100 см² поверхні допускається не більше 10 колоній неспорутворюючих мікроорганізмів на 2-х чашках Петрі.

У разі виявлення в повітрі і змивах приміщень грибів або спорутворюючої мікрофлори концентрацію хлораміну Б слід збільшити до 5%. Також необхідно чергувати дезінфікуючі засоби з метою уникнення утворення стійких форм мікроорганізмів.

ДР 1.3. Підготовка обладнання та комунікацій

Обладнання, що використовується у виробництві піддається очистці від залишків продуктів, чистці, миттю, дезінфекції розчином 2 % каустичної соди (від ДР 1.1.1) з наступним промиванням гарячою водою. Після закінчення обробки виробниче обладнання ополіскують водою знесоленою і висушують. Частини обладнання, які піддаються корозії, протирають серветкою, змоченою 76% етиловим спиртом.

ДР1.3.1. Миття та технічний огляд

З'ємні частини (вузли) обладнання, що безпосередньо стикаються з лікарськими речовинами або засобами, слід зняти, розібрати.

Через технологічне обладнання та комунікації пропускають миючий засіб.

З'ємні частини (вузли) обладнання вимиваються в розчині миючого засобу при температурі 70-80 °С.

Один раз на місяць проводять обробку ферментеру 2% розчином каустичної соди. Для цього в ферментер по завантажувальній лінії з відділення приготування поживного середовища подають розчин каустичної соди за температури 20 °С, після чого ферментер заповнюють водою до необхідного рівня. Розчин каустичної соди в ферментері перемішують за допомогою мішалки чи подачею повітря через барботер упродовж 15 хв. Після дезінфекції обладнання ретельно промивають питною водою. В усіх цехах виробництва повинні бути розроблені графіки періодичного очищення та миття всього технологічного обладнання.

Після миття та ополіскування ємнісного обладнання проводять його технічний огляд з метою виявлення можливих неущільнень в комунікаціях та запірній арматурі на обладнання. У разі їх знаходження проводять підтягування різьбових з'єднань.

ДР1.3.2. Перевірка на герметичність

Перевірку обладнання на герметичність проводять після проведення всіх ремонтних та перевірочних робіт. Ємкісне обладнання на герметичність перевіряють при повітряному тиску 0,1-0,2 МПа. Якщо упродовж 30 хв тиск (за манометром) не знижується, обладнання вважають герметичним. Фланцеві з'єднання та зварні шви перевіряють на герметичність за допомогою мильної води при повітряному тиску від 0,1 до 0,2 МПа.

Герметичність парових вентилів перевіряють на дотик. Обов'язково раз на тиждень на герметичність перевіряють посівну лінію з усуненням усіх можливих пропусків. Під паровим тиском перевіряють всі матеріальні, посівні і конденсатні вентиля та трубопроводи.

ДР 1.3.3. Стерилізація.

Після перевірки обладнання та комунікацій на герметичність, подають гостру пару $T=125-130^{\circ}\text{C}$, $P=0,2\text{МПа}$.

По закінченні стерилізації зупиняють подачу гострої пари, ставлять всі вузли під паровий захист та знижують тиск. При зниженні тиску проводять охолодження до температури 90°C .

ДР 2 Підготовка аераційного повітря

ДР 2.1. Забір атмосферного повітря

Атмосферне повітря забирають через за допомогою повітрозабірника на висоті 30 м.

ДР 2.2. Очищення на фільтрі грубої очистки

Попередню очистку повітря здійснюють у чарунковому фільтрі. При проходженні повітря через фільтр грубого очищення, пил та механічні частки з повітря осідають, а очищене повітря надходить у компресор. Ступінь очищення становить $E = 80\%$.

ДР 2.3. Стиснення (компреміювання) повітря

При стисканні повітря у компресорі його температура підвищується з $15-25^{\circ}\text{C}$ на вході до 200°C на виході з неї. Перед подачею в головний фільтр повітря охолоджують.

Після компресора повітря має наступні характеристики : $P = 0,35\text{МПа}$, $t = 120^{\circ}\text{C}$, $W = 60\%$.

ДР 2.4. Охолодження повітря

Стиснене повітря охолоджується у теплообміннику-охолоджувачі до температури $20-35^{\circ}\text{C}$, за якої волога повітря конденсується.

ДР 2.5. Видалення вологи

Волога та пари, що сконденсувались видаляються у ресивері. Крім того, ресивер зменшує пульсацію руху повітря, яка може негативно впливати на

роботу подальших фільтрів очищення повітря.

ДР 2.6 Нагрівання повітря

Повітря підігрівається до температури 50 °С парою у теплообміннику з метою стабілізації показників.

ДР 2.7. Очищення повітря в фільтрі тонкої очистки

Попереднє очищення повітря від пилу та мікроорганізмів здійснюється в головному фільтрі. Головний фільтр представляє собою циліндричну ємність з сферичним дном та кришкою. В середині фільтру знаходяться дві решітки, між якими розміщують фільтруючий матеріал. Заміна фільтрувального матеріалу проводять 2 рази на рік. У разі забруднення, зволоження, інфікування фільтруючого матеріалу проводять позачергову його заміну.

Охолоджене повітря, проходячи крізь шар базальтового волокна, очищається від пилу та мікроорганізмів. Ступінь очищення становить $E = 99,5\%$.

ДР 2.8. Очищення повітря в індивідуальному фільтрі

Заключна стадія очищення повітря від контамінантів здійснюється в індивідуальному фільтрі.

Як фільтруючий матеріал використовують фторопластові втулки, товщиною 4 мм. Фільтр являє собою металевий циліндр з кришкою та конічним дном. Ступінь очищення становить $E = 99,99\%$.

ДР 3. Підготовка допоміжних речовин

Під час виробничого процесу необхідно контролювати рН поживного середовища для ферментації, для цього використовуються титрувальний агент - 10 % розчин їдкого натру.

ДР 3.1. Приготування 10% розчину соляної кислоти.

У колбу на 20 мл наливають 15 мл питної води, додають 5 мл соляної кислоти, перемішують.

ДР 3.2 Приготування 10% розчину їдкого натру.

Для приготування 10% розчину NaOH нам необхідно взяти через об'ємовий дозатор 10 г їдкого натру та розбавити його 10 літрами води. Всі операції проводяться в спеціально підготовленому збірнику із сорочкою. Стерилізація відбувається за допомогою змійовика.

ДР 4. Приготування та стерилізація поживного середовища для культивування штаму (-)

ДР 4.1. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в колбах на качалках

Для вирощування інокуляту потрібно приготувати 1550 мл поживного середовища. Компоненти для приготування 1550 мл поживного середовища наведені в табл. 8.1

Таблиця 8.1. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 1550 мл середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 1550 мл середовища, г	Композиція	Об'єм композиції, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	35,7	А	1382,8
Глюкоза	13	20,1		
Tween-20	0,1	0,2		
Арахісова олія	100	155	Б	155
MgSO ₄	0,3	0,47	В	11,47
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,03	Г	0,73
Всього	1550 мл			

ДР 4.1.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю.

На технічних вагах зважують 35,7 г кукурудзяного крохмалю, переносять у колбу на 150 мл, доливають 80 мл холодної питної води, поступово

підігривають до 80°C, за постійного перемішування до утворення крохмального клейстеру.

ДР 4.1.2. Приготування та стерилізація композиції А

На технічних вагах зважують 20,1 г глюкози, на аналітичних вагах зважують 0,2 г Tween-20. Наважку переносять у колбу об'ємом 1500 мл, додають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР 4.1.1.) від та доливають 1246,8 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою і стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 4.1.3. Приготування та стерилізація композиції Б

На технічних – 155 г арахісової олії, переносять у колбу на 250 мл. Композицію Б стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 4.1.4. Приготування та стерилізація композиції В

На аналітичних вагах зважують 0,47 г MgSO₄, переносять у колбу об'ємом 20 мл та додають 11 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою. Стерилізують при 131°C (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 4.1.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На аналітичних вагах зважують 0,03 г тіаміну гідрохлориду переносять у колбу на 20 мл, додають 0,7 мл питної води. Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР 4.2. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в малому інокуляторі

Для вирощування інокуляту потрібно приготувати 16,7 л поживного середовища. Компоненти для приготування 16,7 л поживного середовища наведені в табл. 8.2.

Таблиця 8.2. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 17,6 л середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 16,7 л середовища, г	Композиція	Об'єм композиції, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	384	А	14898
Глюкоза	13	217		
Tween-20	0,1	1,7		
Арахісова олія	100	1670	Б	1760
MgSO ₄	0,3	5	В	123,8
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,3	Г	8,2
Всього	16,7 л			

ДР 4.2.1. Приготування суспензії кукурудзяного крохмалю

На технічних вагах зважують 384 г кукурудзяного крохмалю, пересипають у колбу на 1,5 л, заливають 800 мл холодної питної води, поступово підігрівують до 80°C, за постійного перемішування до утворення крохмального клейстеру.

ДР 4.2.2. Приготування та стерилізація композиції А

На технічних вагах зважують 228,8 г глюкози та 1,8 г Tween-20. Наважку переносять у збірник об'ємом 20 л, додають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР4.2.1.) та додають 13495,3 мл питної води, перемішують і стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв.

ДР 4.2.3. Приготування та стерилізація композиції Б

На технічних вагах зважують та 1760 г арахісової олії, переносять у колбу на 2 л. Композицію Б стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 4.2.4. Приготування та стерилізація композиції В

На технічних вагах зважують 5 г MgSO₄, переносять у колбу об'ємом 250 мл та додають 118,8 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою. Стерилізують при 131 °С (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 4.2.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На технічних вагах зважують 0,3 г тіаміну гідрохлориду переносять у колбу об'ємом 20 л та додають 7,9 мл питної води. Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР 4.3. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в інокуляторі

Склад поживного середовища для приготування 174,7 л поживного середовища наведений в табл. 8.3.

Таблиця 8.3. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 165,6 л середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 174,7 л середовища, кг	Композиція	Об'єм композиції, л
Кукурудзяний крохмаль	23	3,8	А	131,377
Глюкоза	13	2,16		
Tween-20	0,1	0,017		
Арахісова олія	100	16,57	Б	16,57
MgSO ₄	0,3	0,05	В	0,98
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,003	Г	0,073
Конденсат	16,6 л			
Всього	174,7 л			

Об'єм поживного середовища враховує 10 % конденсату, утвореного при стерилізації ферментера.

ДР 4.3.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю. Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 12 л подають 3,8 кг кукурудзяного

крохмалю, заливають 6 л холодної питної води, поступово підігрівають до 80°C, вмикають перемішуючий пристрій, перемішують до утворення крохмального клейстеру.

ДР 4.3.2. Приготування та стерилізація композиції А

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 250 л подають 2,16 кг глюкози та 17 г Tween-20. Після цього у збірник подають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР 4.3.1.) заливають 119,4 л питної води, вмикають мішалку, після перемішування її вимикають. Після приготування композицію А перекачують у попередньо простерилізований інокулятор та стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв подачею гострої пари.

ДР 4.3.3. Приготування та стерилізація композиції Б

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 20 л подають 16,57 кг арахісової олії. Стерилізують подаванням глухої пари, при температурі 112°C упродовж 30 хв.

ДР 4.3.4. Приготування та стерилізація композиції В

На технічних вагах зважують 50 г Mg_2SO_4 , засипають у колбу об'ємом 1500 мл. Після цього доливають 930 мл питної води та перемішують. Стерилізують при 131 °С (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 4.3.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На технічних вагах зважують 3 г тіаміну гідрохлориду засипають у колбу об'ємом 100 мл, додають 70 мл питної води. Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР 4.4. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в посівному апараті

Склад поживного середовища для приготування 1637 л поживного середовища наведений в табл. 8.4.

Таблиця 8.4. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 1637 л середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 1727 л середовища, кг	Композиція	Об'єм композиції, л
Кукурудзяний крохмаль	23	37,6	А	1298,07
Глюкоза	13	21,3		
Tween-20	0,1	0,17		
Арахісова олія	100	163,7	Б	163,7
MgSO ₄	0,3	0,5	В	10,8
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,03	Г	0,73
Конденсат	163,7 л			
Всього	1637 л			

ДР 4.4.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 200 л подають 37,6 кг кукурудзяного крохмалю, заливають 100 л холодної питної води, поступово підігрівають до 80°C, вмикають перемішувач, перемішують до утворення крохмального клейстеру.

ДР 4.4.2. Приготування та стерилізація композиції А

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 1500 л подають 21,3 кг глюкози та 170 г Tween-20. Після цього у збірник додають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР 4.4.1.) заливають 1139 л питної води, вмикають мішалку, після перемішування її вимикають. Після приготування композицію А перекачують у попередньо простерилізований інокулятор та стерилізують при 112 °C (0,15 МПа) протягом 30 хв подачею гострої пари.

ДР 4.4.3. Приготування та стерилізація композиції Б

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 1500 л подають 172,7 кг арахісової олії. Стерилізують подаванням глухої пари, при температурі 112°C (0,15 МПа) упродовж 30 хв.

ДР 4.4.4. Приготування та стерилізація композиції В

На технічних вагах зважують 500 г Mg₂SO₄, переносять у колбу об'ємом 12 л та додають 10,3 л питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою. Стерилізують при 131 °С (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 4.4.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На технічних вагах зважують 30 г тіаміну гідрохлориду переносять у колбу об'ємом 1 л та додають 700 мл питної води, перемішують, Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР.5. Приготування і стерилізація поживного середовища для культивування штаму (+)

ДР 5.1. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в колбах на качалках

Для вирощування інокуляту потрібно приготувати 1640 мл поживного середовища. Компоненти для приготування 1640 мл поживного середовища наведені в табл. 8.5

Таблиця 8.5. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 1640 мл середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 1550 мл середовища, г	Композиція	Об'єм композиції, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	37,72	А	1463
Глюкоза	13	21,32		
Tween-20	0,1	0,16		
Арахісова олія	100	163,98	Б	164
MgSO ₄	0,3	0,49	В	12,2

Тіамін гідрохлорид	0,02	0,03	Г	0,8
Всього	1640 мл			

ДР 5.1.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю.

На технічних вагах зважують 37,72 г кукурудзяного крохмалю, переносять у колбу на 150 мл, доливають 80 мл холодної питної води, поступово підігривають до 80°C, за постійного перемішування до утворення крохмального клейстеру.

ДР 5.1.2. Приготування та стерилізація композиції А

На аналітичних вагах зважують 0,16 г Tween-20, на технічних вагах зважують 21,32 г глюкози. Наважку переносять у колбу об'ємом 2 л, додають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР 4.1.1.) від та доливають 1323,8 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою і стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 5.1.3. Приготування та стерилізація композиції Б

На технічних вагах – 163,98 г арахісової олії, переносять у колбу на 200 мл. Композицію Б стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 5.1.4. Приготування та стерилізація композиції В

На аналітичних вагах зважують 0,49 г MgSO₄, переносять у колбу об'ємом 20 мл та додають 11,7 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою. Стерилізують при 131°C (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 5.1.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На аналітичних вагах зважують 0,03 г тіаміну гідрохлориду переносять у колбу на 20 мл, додають 0,8 мл дистильованої води. Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР 5.2. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в малому інокуляторі

Для вирощування інокуляту потрібно приготувати 18,4 л поживного середовища. Компоненти для приготування 18,4 л поживного середовища наведені в табл. 8.6.

Таблиця 8.6. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 18,4 л середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 17,4 л середовища, г	Композиція	Об'єм композиції, мл
Кукурудзяний крохмаль	23	423,2	А	16414,63
Глюкоза	13	239,2		
Tween-20	0,1	1,83		
Арахісова олія	100	1839,9	Б	1839,9
MgSO ₄	0,3	5,5	В	136,4
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,37	Г	9,07
Всього	18,4 л			

ДР 5.2.1. Приготування суспензії кукурудзяного крохмалю.

На технічних вагах зважують 423,2 г кукурудзяного крохмалю, пересипають у колбу на 1,5 л, заливають 800 мл холодної питної води, поступово підігрівають до 80°C, перемішують до утворення крохмального клейстеру.

ДР 5.2.2. Приготування та стерилізація композиції А

На технічних вагах зважують 1,83 г Tween-20 та 239,2 г глюкози. Наважку переносять у колбу об'ємом 20 л, додають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР4.2.1.) та додають 14950,4 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою і стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 5.2.3. Приготування та стерилізація композиції Б

На технічних вагах зважують 1740,2 г арахісової олії, переносять у колбу на 20 л. Композицію Б стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв в автоклаві.

ДР 5.2.4. Приготування та стерилізація композиції В

На технічних вагах зважують 5,5 г MgSO₄, переносять у колбу об'ємом 250 мл та додають 130,9 мл питної води, перемішують, закривають ватно-марлевою пробкою. Стерилізують при 131°С (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 5.2.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На технічних вагах зважують 0,37 г тіаміну гідрохлориду переносять у колбу об'ємом 20 мл та додають 8,7 мл дистильованої води. Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР 5.3. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування посівного матеріалу в інокуляторі

Склад поживного середовища для приготування 171,7 л поживного середовища наведений в табл. 8.7.

Таблиця 8.7. Розрахунок вмісту компонентів для приготування 171,7 л середовища

Компонент поживного середовища	Концентрація г/л	Вміст компонента у 181,8 л середовища, кг	Композиція	Об'єм композиції, л
Кукурудзяний крохмаль	23	4,18	А	144,1

Глюкоза	13	2,36		
Tween-20	0,1	0,017		
Арахісова олія	100	18,18	Б	18,2
MgSO ₄	0,3	0,06	В	1,2
Тіамін гідрохлорид	0,02	0,003	Г	0,1
Конденсат	18,2			
Всього	181,8			

ДР 5.3.1. Приготування суспензії кукурудзяного крохмалю. Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 12 л подають 4,18 кг кукурудзяного крохмалю, заливають 5 л холодної питної води, поступово підігрівають до 80°C вмикають перемішувач, перемішують до утворення крохмального клейстеру, вимикають.

ДР 5.3.2. Приготування та стерилізація композиції А

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 200 л подають 2,36 кг глюкози та 17 г Tween-20. Після цього у збірник додають суспензію кукурудзяного крохмалю (від ДР 5.3.1.), заливають 132,59 л питної води, вмикають мішалку, після перемішування її вимикають. Після приготування композицію А перекачують у попередньо простерилізований інокулятор та стерилізують при 112 °С (0,15 МПа) протягом 30 хв подачею гострої пари.

ДР 5.3.3. Приготування та стерилізація композиції Б

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 20 л подають 18,18 кг арахісової олії. Стерилізують подаванням сухої пари у збірник, при температурі 112°C упродовж 30 хв.

ДР 5.3.4. Приготування та стерилізація композиції В

На технічних вагах зважують 60 г Mg_2SO_4 , засипають у колбу об'ємом 1500 мл. Після цього доливають 1140 мл питної води та перемішують. Стерилізують при 131 °С (0,28 МПа) протягом 40 хв в автоклаві.

ДР 5.3.5. Приготування та стерилізація композиції Г

На технічних вагах зважують 3 г тіаміну гідрохлориду засипають у колбу об'ємом 100 мл, додають 70 мл дистильованої води. Стерилізують крізь мембранні фільтри з діаметром 0,2 мкм.

ДР 6. Приготування і стерилізація поживного середовища для виробничого біосинтезу

Розрахунок необхідних кількостей компонентів для приготування середовища для виробничого біосинтезу у ферментері наведений у табл. 8.8.

Таблиця 8.8. Склад композицій для стерилізації поживного середовища для виробничого біосинтезу

Компонент	Концентрація г/л	Вміст компоненту у 15,8 м ³ середовища, кг	Композиція	Об'єм композиції, л
Кукурудзяне борошно	23	363,5	А	12166
Пшеничне борошно	12	189,6		
Кукурудзяний сироп	31	489,8		
Лецитин	1	15,8		
Динатрій фосфат	2	31,6		
Сульфат магнію	0,3	4,7		
Соєва олія	30	474	Б	474
Конденсат	3160 л			
Всього	15800 л			

ДР 6.1. Заварювання кукурудзяного борошна та пшеничного борошна.

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 16 м³ подають 363,5 кг кукурудзяного борошна та 189,6 кг пшеничного борошна, доливають 4000 л холодної питної води, поступово підігрівають до 80°C і перемішують.

ДР 6.2. Приготування і стерилізація композиції А

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 16 м³ подають 489,8 кг кукурудзяного сиропу та 15,8 кг лецитину, 4,7 кг Mg₂SO₄, 31,6 кг динатрію фосфату після цього доливають 7071 л питної води. Стерилізують в установці безперервної стерилізації.

ДР 6.3. Приготування та стерилізація композиції Б.

Через об'ємно-ваговий дозатор у реактор-змішувач об'ємом 4000 л подають 474 кг соєвої олії. Стерилізують подаванням глухої пари, при температурі 112°C упродовж 30 хв.

ТП 7. Підготовка посівного матеріалу.

ТП 7.1. Вирощування культури (-).

ТП 7.1.1 Підтримання колекційної культури

Колекційну культуру *Blakeslea trispora* зберігають у пробірках зі скошеним агаризованим середовищем СА у холодильнику при температурі 4°C. Пересіви здійснюють кожні 3 місяці. Всі роботи за колекційною культурою проходять строго в стерильних умовах.

ТП 7.1.2 Одержання робочої культури Blakeslea trispora сусло-агари

Робочу культуру штаму-продуцента отримують розсівами колекційної культури на чашки Петрі із сусло-агаром в асептичних умовах. Культуру на чашці Петрі вирощують при температурі 26°C протягом 24 год.

ТП 7.1.3. Вирощування робочої культури Blakeslea trispora на сусло-агари

Ізольовані колонії від ТП 7.1.2 в асептичних умовах пересівають петлею у пробірки з сусло-агаром. Одна ізольована колонія засівається в одну окрему пробірку. Для пересіву використовують колонії, що знаходяться на відстані не менше 1 см одна від одної. Пробірки інкубують 24 год при температурі 28°C.

ТП 7.1.4. Вирощування культури в колбах на качалках.

У колбу об'ємом 2 л вносять 1382,8 мл розчину композиції А (від ДР 4.1.2), в асептичних умовах вносять 155 мл розчину композиції Б (від ДР 4.1.3), та 11,47 мл розчину композиції В (від ДР 4.1.4), 0,73 мл розчину композиції Г (від ДР 4.1.5). Розчин перемішують і розливають по 150 мл в дванадцять стерильних качалочних колб об'ємом 750 мл.

У пробірку з робочою культурою культурою *Blakeslea trispora* (від ТП 7.1.3.), вирощену на агаризованому середовищі, асептично вносять 5 мл фізіологічного розчину, суспендують клітини (змивають культуру), стерильною піпеткою відбирають одержану суспензію клітин і вносять у колби з розлитим поживним середовищем. Одна пробірка використовується для засіву однієї колби.

Культивування здійснюється у колбах на качалці (220 об/хв) при 26°C упродовж 48 год. Під час культивування відбирають пробу для здійснення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси. Після завершення вирощування в асептичних умовах інокулянт з 12 колб переносять в засівну колбу об'ємом 2 л, закривають пробкою, перемішують.

ТП 7.1.5. Вирощування культури в малому інокуляторі на 40 л.

Для вирощування рідкого посівного матеріалу в інокуляторі, у простерилізований посівний апарат об'ємом 40 л вносять 14,898 л розчину композиції А (від ДР 4.2.2.), в асептичних умовах вносять 1,67 л розчину композиції Б (від 4.2.3.), 123,8 мл розчину композиції В (від ДР 4.2.4), 8,2 мл розчину композиції Г (від ДР 4.2.5).

Далі через засівний пристрій вносять посівний матеріал (від ТП 7.1.4.). Включають перемішуючий пристрій, вмикають аерацію, в рубашку інокулятора подають гарячу або холодну воду для регуляції температури.

Культивування здійснюють при температурі 26°C впродовж 48 год. Кожні 4-6 години відбирають пробу культуральної рідини для проведення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси.

ТП 7.1.6. Вирощування культури в інокуляторі на 400 л.

Для вирощування рідкого посівного матеріалу в інокуляторі, у посівний апарат об'ємом 400 л в асептичних умовах вносять 131,377 л розчину композиції А (від ДР 4.3.2.), 16,57 л розчину композиції Б (від ДР 4.3.3.), 0,98 л розчину композиції В (від ДР 4.3.4.), 73 мл розчину композиції Г (від ДР 4.3.5).

Далі за допомогою труби перетискання передають посівний матеріал (від ТП 7.1.5.). Включають перемішувач, вмикають аерацію, в рубашку інокулятора подають гарячу або холодну воду для регуляції температури.

Культивування здійснюють при температурі 26 °С впродовж 48 год. Кожні 4-6 години відбирають пробу культуральної рідини для проведення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси.

ТП 7.1.7. Вирощування культури в ферментері на 3200 л.

Для вирощування рідкого посівного матеріалу в інокуляторі, у посівний апарат об'ємом 3200 л вносять 1298,07 л розчину композиції А (від ДР 4.4.2.), 163,7 л розчину композиції Б (від ДР 4.4.3.), 10,8 мл розчину композиції В (від ДР 4.4.4.), 730 мл розчину композиції Г (від ДР 4.4.5).

Далі за допомогою труби перетискання передають посівний матеріал (від ТП 7.1.6.). Включають перемішувач, вмикають аерацію, в рубашку інокулятора подають гарячу або холодну воду для регуляції температури.

Культивування здійснюють при температурі 26°C впродовж 48 год. Кожні 4-6 години відбирають пробу культуральної рідини для проведення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси.

ТП 7.2. Вирощування культури (+).

ТП 7.2.1 Підтримання колекційної культури

Колекційну культуру *Blakeslea trispora* зберігають у пробірках зі скошеним агаризованим середовищем PDA у холодильнику при температурі 4 °С. Пересіви здійснюють кожні 3 місяці. Всі роботи за колекційною культурою проходять строго в стерильних умовах.

ТП 7.2.2 Одержання робочої культури Blakeslea trispora на сусло-агарі

Робочу культуру штаму-продуцента отримують розсівами колекційної культури на чашки Петрі із агаризованим середовищем в асептичних умовах. Культуру на чашці Петрі вирощують при температурі 26°С протягом 24 год.

ТП 7.2.3. Вирощування робочої культури Blakeslea trispora на сусло-агарі

Ізольовані колонії від ТП 7.2.2 в асептичних умовах пересівають петлею у пробірки з агаризованим середовищем. Одна ізольована колонія засівається в одну окрему пробірку. Для пересіву використовують колонії, що знаходяться на відстані не менше 1 см одна від одної. Пробірки інкубують 24 год при температурі 28°С.

ТП 7.2.4. Вирощування культури в колбах на качалках.

У колбу об'ємом 2 л вносять 1463 мл розчину композиції А (від ДР 5.1.2), в асептичних умовах вносять 164 мл розчину композиції Б (від ДР 5.1.3), та 12,2 мл розчину композиції В (від ДР 5.1.4), 0,8 мл розчину композиції Г (від ДР 5.2.5). Розчин перемішують і розливають по 142 мл в дванадцять стерильних качалочних колб об'ємом 750 мл.

У пробірки з робочою культурою *Blakeslea trispora* (від ТП 7.2.3.), вирощену на агаризованому середовищі, асептично вносять 5 мл фізіологічного розчину, суспендують клітини (змивають культуру), стерильною піпеткою відбирають одержану суспензію клітин і вносять у колби з розлитим поживним середовищем. Для засіву однієї колби використовується одна пробірка.

Культивування здійснюється у колбах на качалці (220 об/хв) при 26°С упродовж 72 год. Під час культивування відбирають пробу для здійснення

мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси. Після завершення вирощування в асептичних умовах інокулянт з 12 колб переносять в засівну колбу об'ємом 2 л, закривають пробкою, перемішують.

ТП 7.2.5. Вирощування культури в малому інокуляторі на 40 л.

Для вирощування рідкого посівного матеріалу в інокуляторі, у простерелізований апарат об'ємом 40 л через засівний пристрій вносять 16,415 л розчину композиції А (від ДР 5.2.2.), в асептичних умовах вносять 1,840 л розчину композиції Б (від 5.2.3.), 136,4 мл розчину композиції В (від ДР 5.2.4), 9,07 мл розчину композиції Г (від ДР 5.1.5).

Далі за допомогою труби перетискання передають посівний матеріал (від ТП 7.2.4.). Включають перемішуючий пристрій, вмикають аерацію, в рубашку інокулятора подають гарячу або холодну воду для регуляції температури.

Культивування здійснюють при температурі 26°C впродовж 72 год. Кожні 4-6 години відбирають пробу культуральної рідини для проведення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси.

ТП 7.2.6. Вирощування культури в інокуляторі на 400 л.

Для вирощування рідкого посівного матеріалу в інокуляторі, у посівний апарат об'ємом 400 л в асептичних умовах вносять 144,1 л розчину композиції А (від ДР 5.3.2.), 18,2 л розчину композиції Б (від ДР 5.3.3.), 1,2 л розчину композиції В (від ДР 5.3.4), 0,1 л розчину композиції Г (від ДР 5.3.5).

Далі за допомогою труби перетискання передають посівний матеріал (від ТП 7.2.5.). Включають перемішуючий пристрій, вмикають аерацію, в рубашку інокулятора подають гарячу або холодну воду для регуляції температури..

Культивування здійснюють при температурі 26°C впродовж 72 год. Кожні 4-6 години відбирають пробу культуральної рідини для проведення мікробіологічного контролю та визначення концентрації біомаси.

ТП 8. Виробничий біосинтез

ТП 8.1. Виробниче культивування (I стадія)

На стадії біосинтезу у ферментер об'ємом 32 м³ з інокулятора подається 12166 л композиції А (від ДР 6.2) та 1620 л рідкого посівного матеріалу штаму (+) (від ТП 7.1.7.). Культуру вирощують при перемішуванні 220 об/хв 24 год за температури 26°C. У процесі культивування, кожні 10 год, відбирають проби для здійснення мікробіологічного контролю та контролю показників росту та синтезу. Для контролю рН додають розчин NaOH (від ДР 3.2) або розчин соляної кислоти (від ДР 3.1).

ТП 8.2. Виробниче культивування (II стадія)

Після 24 год у ферментер за допомогою труби перетискання передають штаму 180 л рідкого посівного матеріалу штаму (-) (від ТП 7.2.6.). Культуру вирощують при перемішуванні 220 об/хв 24 год за температури 26°C. У процесі культивування, кожні 10 год, відбирають проби для здійснення мікробіологічного контролю та контролю показників росту та синтезу. Для контролю рН додають розчин NaOH (від ДР 3.2) або розчин соляної кислоти (від ДР 3.1).

ТП 8.3. Виробниче культивування (III стадія)

Після 24 год у ферментер за допомогою труби перетискання переносять 474 л композиції Б (від ДР 6.3). Проводять культивування протягом 96 год. У процесі культивування, кожні 10 год, відбирають проби для здійснення мікробіологічного контролю та контролю показників росту та синтезу. Для контролю рН додають розчин NaOH (від ДР 3.2) або розчин соляної кислоти (від ДР 3.1). При досягненні концентрації цільового продукту 9,65 г/л культуральну рідину відправляють на виділення (до ТП 9).

ТП 9. Зберігання біомаси та культуральної рідини після біосинтезу

Культуральна рідина, що містить біомасу зберігається в металевому збірнику. Зберігається в асептичних умовах, щоб не було контамінації та псування продукту.

ТП 10. Виділення біомаси

ТП 10.1. Фільтрування культуральної рідини

Культуральна рідина (від ТП 9) подається на фільтр-прес (Ф-69), відфільтровується при швидкості 0,3 м³/год. Відфільтрована рідина подається на знешкодження відходів.

ТП 11. Видалення вологи

ТП 11.1. Сушіння біомаси на стрічковій сушарці

Відділена біомаса з бета-каротином (від ТП 10.1) подається на стрічкову сушарку (С-70) при температурі 80°C. Повітря забирається з вулиці за допомогою повітрязабірника на висоті 30 м, очищається фільтром грубої очистки, нагрівається за допомогою конвеєра до заданої температури та подається в апарат. У результаті сушіння виділяється вологе повітря, яке направляєється на знешкодження відходів.

ТП 12. Подрібнення біомаси

ТП 12.1. Подрібнення біомаси в молотковій дробарці

Висушена біомаса подрібнюється за допомогою молоткової дробарки (Др71) до розміру гранул 40-50 мкм.

ТП 13. Фасування та паркування продукту у мішки

ТП 13.1. Фасування продукту у мішки

Подрібнений продукт фасується за допомогою фасувальної машини (ФМ72) по 50 кг. Можливі зміни в вазі обов'язково потрібно позначати на упаковці.

ТП 13.2. Пакування продукту

Пакується у поліпропіленові мішки та герметично запаюють. Велику увагу приділяють цілісності пакувального матеріалу та елементу запаювання.

ТП 14. Зберігання та реалізація

Зберігають у захищеному від світла місці при відносній вологості повітря в приміщенні не більше 75 % і температурі не вище 25 С°.

ЗВ 15. Знешкодження відходів

РОЗДІЛ 9. Контроль виробництва

Згідно науково-технічної документації на підприємстві забезпечується контроль процесу виробництва β -каротину та контроль готової продукції. Це здійснюється для забезпечення відповідності готової продукції вимогам.

Упродовж всього процесу виробництва продукту, необхідно проводити контроль санітарного стану цехів та робочих місць, відповідність сировини, допоміжних матеріалів, та ін.

Таблиця 9.1. Карта постадійного контролю виробництва

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативна характеристика показника, що визначається
Кт ДР1.1.1. Приготування розчину каустиної соди	Концентрація розчину каустичної соди	Фізичні методи визначення концентрації	Після приготування розчинів.	$C = 2 \%$
Кт ДР1.1.2. Приготування хлораміну Б	Концентрація розчину хлораміну Б	Фізичні методи визначення концентрації	Після приготування розчинів	$C = 1 \%$
Кт ДР1.1.3. Приготування розчину дезактіну	Концентрація розчину дезактіну	Фізичні методи визначення концентрації	Після приготування розчинів	$C = 1 \%$ для щоденного прибирання та для генерального прибирання приміщень
Кт ДР1.3.1. Миття та технічний огляд	Температура та час	Термометр технічний, годинник	Під час проведення миття	$T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ $t = 10 \text{ хв}$

НУХТ БТЕК 04.02.23.КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мовчан Д.В.			РОЗДІЛ 9. Контроль виробництва	Літ.	Арк.	Акрюшів
Керівник		Гудзенко О.В.					111	17114
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Пирог Т.П.						

Кт ДР1.3.2. Перевірка на герметичність	Тиск	датчик	Після миття та ополіскування обладнання	$P=0,5 - 0,6$ МПа, $t = 30$ хв
Кт ДР2.2. Очищення на фільтрі грубої очистки	Ступінь чистоти	Часточки бруду; манометр	Пезперервно при подачі повітря	$E = 80 \%$
Кт ДР2.3. Стиснення повітря	Температура	Термометр	Безпосередньо під час нагрівання	$P = 0,35$ МПа $T = 120$ °С $W = 60\%$
Кт ДР2.7. Очищення повітря в фільтрі грубої очистки	Повітря, вміст мікроорганізмів та часток	Мікробна контамінаці; метод визначення (проба повітря КУО/м ³) Седиментаційний (седиментація на пластинку КУО/м ³)	Під час кожної зміни, під час виробничого біосинтезу	Не повинно бути життєздатних мікроорганізмів, та максимально допустиме число часток в 1м ³ повітря 200. $E = 99,5\%$
Кт ДР2.8. Очищення повітря в індивідуальному фільтрі	Ступінь чистоти	Часточки бруду; манометр	Пезперервно при подачі повітря	$E = 99,999 \%$
Кх ДР3.1. Приготування розчину соляної кислоти	Концентрація розчину соляної кислоти	Фізико-хімічний метод	Після приготування розчину	$C = 10 \%$
Кт, Кх ДР3.2. Приготування розчину їдконого натру	Концентрація розчину гідроксиду натрію	Фізико-хімічний метод	Після приготування розчину	$C = 10 \%$
Кт ДР4.1.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	$T = 80$ °С

Кт, ДР4.1.2. Приготування і стерилізація композиції А	Км	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, ДР4.1.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Км	Режим стерилізації розчину арахісової олії і Tween- 20 Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, ДР4.1.4. Приготування і стерилізація композиції В	Км	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 131°C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти
Кт, ДР4.1.5. Приготування і стерилізація композиції Г	Км	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти

Кт ДР4.2.1. Заварювання кукурудзяног о крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	T = 80°C
Кт, Км ДР4.2.2. Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР4.2.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Режим стерилізації розчину арахісової олії і Tween-20 Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР4.2.4. Приготування і стерилізація композиції В	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 131°C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти

Кт, КМ ДР4.2.5. Приготування і стерилізація композиції Г	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти
Кт ДР4.3.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	T = 80°C
Кт, КМ ДР4.3.2. Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, КМ ДР4.3.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Режим стерилізації розчину арахісової олії і Tween-20 Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, КМ ДР4.3.4. Приготування і стерилізація композиції В	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор	T = 131°C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти

	Температура Час Мікробна контамінація		температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	
Кт, Км ДР4.3.5. Приготування і стерилізація композиції Г	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти
Кт ДР4.4.1. Заварювання кукурудзяног о крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	T = 80°C
Кт, Км ДР4.4.2. Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР4.4.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Режим стерилізації розчину арахісової олії і Tween- 20 Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР4.4.4.	Режим стерилізації	Технічний термометр	Температура визначається	T = 131°C, t = 40 хв

Приготування і стерилізація композиції В	розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	годинник чашки Петрі	безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР4.4.5. Приготування і стерилізація композиції Г	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти
Кт ДР5.1.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	T = 80°C
Кт, Км ДР5.1.2. Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР5.1.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Режим стерилізації розчину арахісової олії і Tween-20 Температура Час Мікробна	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти

		контамінація		ий метод, розведення та висів на МПА	
Кт, ДР5.1.4. Км Приготування і стерилізація композиції В	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 131°C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти	
Кт, ДР5.1.5. Км Приготування і стерилізація композиції Г	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти	
Кт ДР5.2.1. Заварювання кукурудзяног о крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	T = 80°C	
Кт, ДР5.2.2. Км Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічн ий метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти	
Кт, ДР5.2.3. Км Приготування і стерилізація	Режим стерилізації розчину арахісової	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти	

композиції Б	олії і Tween-20 Температура Час Мікробна контамінація		стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	
Кт, Км ДР5.2.4. Приготування і стерилізація композиції В	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 131°C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР5.2.5. Приготування і стерилізація композиції Г	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти
Кт ДР5.3.1. Заварювання кукурудзяного крохмалю	Заварювання крохмалю	Технічний термометр	Температура визначається безперервно під час заварювання	T = 80°C
Кт, Км ДР5.3.2. Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації розчину глюкози Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти

			висів на МПА	
Кт, Км ДР5.3.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Режим стерилізації розчину арахісової олії і Tween-20 Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР5.3.4. Приготування і стерилізація композиції В	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 131°C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР5.3.5. Приготування і стерилізація композиції	Стерилізація тіаміну гідрохлориду Мембранні фільтри	Мембранні фільтри Чашки Петрі	Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	Діаметр пор = 0,2 мкм Відсутність мікробіоти
Кт, Км ДР6.2. Приготування і стерилізація композиції А	Режим стерилізації кукурудзяного сиропу та лецитину Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та	T = 112°C, t = 30 хв Відсутність мікробіоти

			висів на МПА	
Кт, Км ДР6.3. Приготування і стерилізація композиції Б	Режим стерилізації розчину сульфату магнію та динатрію фосфату Температура Час Мікробна контамінація	Технічний термометр годинник чашки Петрі	Температура визначається безперервно під час стерилізації. Автоматичний регулятор температури Мікробіологічний метод, розведення та висів на МПА	T = 131 °C, t = 40 хв Відсутність мікробіоти
Кт, Км ТП7.1.4. Вирощування культури в колбах на качалках	Температура Час Кількість обертів	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в колбах	T = 26 °C t = 48 год n = 220 об/хв Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП7.1.5. Вирощування культури в малому інокуляторі 40 л	Температура Час	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	t = 48 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП7.1.6. Вирощування культури в інокуляторі 400 л	Температура Час	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	t = 48 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП7.1.7. Вирощування культури в посівному апараті 3200 л	Температура Час	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	t = 48 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП7.2.4. Вирощування	Температура Час Кількість	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного	T = 26 °C t = 72 год n = 220 об/хв

культури в колбах на качалках	обертів		матеріалу в колбах	Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП7.2.5. Вирощування культури в малому інокуляторі 40 л	Температура Час	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	t = 72 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП7.2.6. Вирощування культури в інокуляторі 400 л	Температура Час	Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	t = 72 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП8.1. Виробниче культивування (I стадія)	Температура Час рН	рН-метр, Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	рН = 8, t = 96 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП8.2. Виробниче культивування (II стадія)	Температура Час рН	рН-метр, Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	рН = 8, t = 96 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км ТП8.3. Виробниче культивування (III стадія)	Температура Час рН	рН-метр, Термометр технічний Годинник	Під час вирощування посівного матеріалу в ферментері	рН = 8, t = 96 год, T = 26 °C Відсутність сторонньої мікробіоти
Км ТП9. Зберігання біомаси та культуральної рідини після біосинтезу	Наявність сторонньої мікрофлори	Мікробіологічні методи висівання, або експрес-тести	Весь час	Відсутність сторонньої мікробіоти
Кт ТП10.1.	Швидкість	Манометри на	Швидкість	Швидкість

Фільтрування культуральної рідини	фільтрування, відносна вологість біомаси	вході та виході з фільтру, метод визначення відносної вологості методом різниці маси вологої біомаси та висушеної	весь час, відносна вологість після закінчення фільтрування	фільтрування 0,3 м3/год, мінімальна кількість культуральної рідини на біомасі
Кт ТП11.1. Сушіння біомаси на стрічковій сушарці	Температура сушіння, кількість води у сухому продукті	Термометр електронний, метод визначення відносної вологості в сухому продукті	Температура весь час, відсоток вологості після закінчення фільтрування	t=80 С 10% води сухого продукту
Кт ТП12.1. Подрібнення біомаси в молотковій дробарці	Розмір частинок	Просіювання через сита з порами різних діаметрів	Під кінець процесу	Розмір частинок 40-50 мкм
Кт ТП13. Фасування та пакування продукту у мішки	Маса продукту яку фасують, цілістність пакувального матеріалу	Ваговий дозатор, фізична та фактична цілістність упаковки	Весь час процесу	По 25-50 кг, цілістність та герметичність
Кт ТП14. Зберігання та реалізація	Температура, вологість повітря	Електронний термометр та клімат-контроль	Весь час	t=25 С, вологість повітря не вище 75%

Визначення концентрації джерела азоту та вуглецю

Визначення джерела вуглецю. Метод визначення ґрунтується на окисненні редуруючих цукрів, сіллю двовалентної міді та прямому визначенні відновленої форми міді в присутності її окисненої форми.

Метод визначення: у термостійку конічну колбу вносять 25 мл досліджуваного розчину, в якому міститься 15-40 мг/100 мл редукуючих цукрів і додають 10 мл реактиву Мюллера. Колбу витримують 10 хв у киплячій водяній бані так, щоб рівень розчину був на 2-3 см нижчим, рівня води у бані. Дно колби не повинне торкатись дна бані. Після десяти хвилин кип'ятіння, колбу виймають з бані та швидко охолоджують до кімнатної температури.

Розчин повинен мати голубе або зелене забарвлення. Наявність жовтого забарвлення вказує на недостатню кількість реактиву Мюллера. У цьому випадку дослід слід повторити. Після охолодження додають 5 мл оцтової кислоти і 5-20 мл розчину йоду концентрацією $C = 1/30$ моль/л. Колбу закривають пробкою і залишають на 2 хв при кімнатній температурі, періодично перемішуючи. Надлишок йоду титрують розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появи блідо-жовтого забарвлення, надалі додають 2-3 мл 0,5% розчину крохмалю. титрування завершують після досягнення зеленого забарвлення розчину [46].

Паралельно проводять контрольний дослід за цією ж методикою, але без кип'ятіння. Вміст редукуючи цукрі розраховують з врахуванням того, що 1 мл витраченого на реакцію розчину йоду відповідає 1 мг інвертного цукру:

$$C = 100 \cdot (V_1 - (V_2 - V_3))n / 1000 \cdot V$$

V_1 – об'єм доданого розчину йоду, мл;

V_2 – об'єм розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, витрачений на титрування в контрольному досліді, мл;

V_3 – об'єм розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, витрачений на титрування в основному досліді, мл;

n – ступінь розбавлення специфічного розчину;

V – об'єм аналізованої проби, мл.

Визначення амінного азоту мідним способом. Визначення амінного азоту мідним способом полягає в тому, що при взаємодії амінокислот з

суспензією фосфату міді утворюються забарвлені в синій колір добре розчинні комплексні мідні солі амінокислот [47].

Хід визначення. У мірну колбу на 25 см³ беруть 2 см³ досліджуваного розчину, додають 2 краплі тимолфталеїну і по краплях 0,5 н розчин гідроксиду натрію доводять до слабо-блакитного кольору (рН розчину 10,2). Після цього додають 10 см³ суспензії фосфату міді і добре перемішують. Після зникнення осаду слід додати ще 5 см³ суспензії. Розчин у колбі доводять водою до позначки, добре перемішують багаторазовим перевертанням колби і осад відфільтровують крізь щільний фільтр. Фільтрат повинен бути прозорим, цього досягають багаторазовим фільтруванням. З фільтрату беруть дві проби по 10 см³ у конічні колби для титрування, підкислюють 0,4 см³ концентрованої оцтової кислоти, додають 6 см³ 10 %-го розчину йодиду калію; йод, що виділився, титрують 0,01 н розчином гіпосульфїту; 1 см³ крохмалю додають тоді, коли розчин, що титрують, стане солом'яно-жовтим.

Множенням 0,28 мг на витрачений об'єм 0,01 н розчину гіпосульфату отримують кількість міліграмів амінного азоту у взятому об'ємі (10 см³) досліджуваного розчину. Якщо на титрування був взятий розчин відомої амінокислоти, порівнюють отриманий результат з теоретичним вмістом азоту в даній амінокислоті.

Визначення сторонньої мікрофлори. Чистоту культуральної рідини визначають посівом її на різноманітні середовища.

Присутність бактерій групи кишкових паличок визначають посівом культуральної рідини в пробірки з середовищем Кесслер, посіви термостатують при температурі при температурі 43-45°C протягом 24 год. Відсутність газу у пробірках свідчить про те, що культуральна рідина не забруднена БГК. Поява газоутворень свідчить про те можливе забруднення рідини цим видом бактерій. Для підтвердження наявності БГКП проводять посіви із пробірок де відмітили наявність газу на середовище Ендо малинових колоній з блиском відбирають

мазки, фарбують за Грамом та мікроскопіюють. Наявність грам негативних паличок свідчить про присутність БГКП.

Для визначення наявності дріжджів та пліснявих грибів культуральну рідину висівають на чашки Петрі на сусло-агар, культивують при температурі 24°C.

Стрептококи виявляють на щільному середовищі з цитратом кальцію.

Оцтовокислі бактерії визначають посівом розведень у стерильне знежирене молоко, культивують в термостаті при 30°C протягом 24 год. Наявність жовтого кільця на поверхні молока свідчить про присутність оцтовокислих бактерій.

Відсутність мікробіоти. Після стерилізації компонентів поживних середовищ, з кожного відбирають пробу, висівають на чашки Петрі з МПА та сусло агаром, термостатують при температурі при температурі 34°C протягом 24 год. Готують препарат "роздавлена крапля", мікроскопіюють. При правильно проведеному режимі стерилізації, на чашці не має прорости жодної колонії.

Відсутність сторонньої мікробіоти. Після засівання поживних середовищ посівним матеріалом, відбирають пробу, висівають на чашки Петрі з МПА та сусло агаром, термостатують при температурі при температурі 34°C протягом 24 год. Готують препарат "роздавлена крапля", мікроскопіюють. На чашках з МПА не має прорости жодної колонії, на чашці з сусло агаром - лише культура *Blakeslea trispora* [48].

Визначення концентрації біомаси

Частину відокремленого міцелію висушують при 105 °C до постійної маси в сушильній шафі і охолоджують до $1\pm 0,5$ °C, зважують на аналітичних вагах. Відфільтрований осад переносять у бокс і зважують. За різницею мас отримують кількість біомаси.

Визначення концентрації цільового продукту

Близько 20 мг зібраної мокрої біомаси змішують з 1 мл етилацетату і руйнують на кульковій дробарці протягом 6 хв. Бета-каротин екстрагують етилацетатом при кімнатній температурі, поки органічний екстракт не стане прозорим, вміст бета-каротину аналізують високоефективною рідинною хроматографією, з 1 мл / хв рухомою фазою при 25 ° С, при цьому рухома фаза складалась з: 3% ddH₂O в метанолі, що містить 0,05 М ацетату амонію (розчинник А); 100% ТВМЕ (розчинник Б). Обидва розчинники містили 0,1% (мас. / Об.) Бутильованого гідрокситолуолу та 0,05% (об. / об.) Триетиламіну. Вимивання проводимо за наступною схемою: ізократичне при 3% Б протягом 2 хв з лінійним градієнтом від 2% до 38% Б за 1 хв, ізократичне на 15% протягом 12 хв, лінійним збільшенням до 68% Б за 1 хв, ізократичне на 68% протягом 6 хв з подальшим лінійним зниженням до 3% Б через 4 хв. Бета-каротин виявляємо шляхом вимірювання поглинання при 450 нм, а стандартний бета-каротин використовуємо для кількісного визначення [1].

Контроль готової продукції проводять за ГОСТ 13496.17-95 “Корми. Методи визначення каротину”. Суть методу полягає в розчиненні каротину в петролейному ефірі або бензині і фотометричному вимірі забарвлення, інтенсивність якої залежить від змісту каротину [49].

РОЗДІЛ 10. Автоматизація ділянки виробництва

Аналіз технологічного процесу виробничої ділянки з формуванням завдання на розробку системи автоматизації

Таблиця 10.1. Завдання на розробку системи автоматизації

Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Оптимальні значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
Реактор-змішувач для композиції А, 200 л	Температура	112°C ± 2°C	Контроль	Відображення реєстрація	АРМ оператора
			Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату пари
	Тиск пари	0,15 МПа ± 220 кПа	Контроль	Відображення реєстрація	АРМ оператора
	рН	6 ± 0,5	Контроль	Відображення реєстрація	АРМ оператора
	Рівень рідини в апараті	70% ± 5%	Контроль	Відображення реєстрація	АРМ оператора
	Витрати води		Контроль	Відображення реєстрація	АРМ оператора
	Оберти мішалки	1500 об/хв ± 100 об/хв	Контроль	Відображення реєстрація	АРМ оператора

					НУХТ БТЕК 04.02.23.ДП ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мовчан Д.В.				Літ.	Арк.	Акроніви
Керівник	Гудзенко О.В.					128	8
Реценз.					Кафедра БТМ		
Н. Контр.							
Затверд.	Пирог Т.П.						
РОЗДІЛ 10.							
Автоматизація ділянки							
виробництва							

Таблиця 10.2.Перелік контурів автоматичного контролю, сигналізації і керування

№ прикладу	Призначення контуру
1	Контроль температури приладами встановленими «по місцю»
2	Контроль тиску пари
3	Контроль рН приладами встановленими «по місцю» (лічильники)
4	Контроль витрат рідини
5	Контроль тиску «по місцю»
6	Контроль обертів мішалки
7	Контроль виходу рідини

Опис схеми автоматизації

Так у відповідності з завданням, сформованим у таблиці 2, у **першому** контурі автоматичного контролю і управління необхідно контролювати і регулювати температуру, яка має регламентоване значення 112⁰С і має допустимі межі $\pm 2^0$ С. Спостереження за зміною передбачається на АРМі оператора-технолога зі збереженням (реєстрацією) цих змін в його архіві. Для регулювання температури передбачається її стабілізація на заданому значенні за рахунок зміни витрати пари в «парову рубашку» апарата

У даному контурі автоматизації передбачається як контроль так і управління.

Функціональну лінію зв'язку від датчика температури продовжуємо на прямокутники «ПЛК» і «ПК». Для спрощення роботи з зображенням ліній зв'язку на СА (щоб не було їх перетину), ця лінія має розрив, на кожному з кінців якої вказується цифра 1, за допомогою яких можна відрізнити цей розрив.

На перетині цієї лінії зв'язку від датчика з функціональними лініями ПЛК та ПК крапками вказуємо функції, які повинні бути виконуватись ними у відповідності з завданням.

На ПЛК з сигналом від датчика показано виконання наступних функцій:

- перетворення сигналу в цифрову форму (літера Y). Враховуючи, що від датчика температури подається аналоговий сигнал, крапку ставимо саме

на перетині вертикальної лінії (від датчика) з горизонтальною лінією-функцією ВА (перетворення аналогового вхідного сигналу в цифрову форму);

- для показу, що інформація від датчика використовується для регулювання температури – крапку ставимо на перетині лінії від датчика з лінією літери С.

Після контролера перетворений сигнал від датчика подається на персональний комп'ютер ПК (АРМ оператора–технолога), де виконуються наступні функції:

- контроль за значеннями температури на екрані АРМа оператора-технолога – крапка ставиться на перетині сигналу від датчика з лінією від літери І.
- запис зміни значень температури архів (тренд), з можливістю його перегляду – крапка ставиться на перетині сигналу від датчика з лінією від літери R.
- інформація про те, що в системі управління передбачена можливість зміни завданого значення технологічного параметра, налаштувань (параметрів) регулятора – крапка ставиться на перетині сигналу від датчика з лінією від літери С.

Регламентоване значення технологічного параметра (температури) проставляється на лінії зв'язку від датчика, біля першого прямокутника. У нашому випадку це значення 112⁰С.

Зображення цього контуру контролю і управління наноситься на схему автоматизації

У другому контурі автоматичного контролю і управління, необхідно контролювати тиск пари в паровій рубашці апарату, який має регламентоване значення 0,15 МПа і має припустимі межі ± 20 кПа. Спостереження за зміною

передбачається на АРМі оператора-технолога зі збереженням (реєстрація) цих змін в його архіві.

Враховуючи, що вимірювання тиску відбувається безперервно в часі в певному діапазоні, тому необхідно розглядати приклади контролю в яких від датчика отримується аналоговий (неперервний) сигнал. При цьому сам датчик розташований «по місцю». Цьому завданню саме відповідає приклад №5, зображення якого ми переносимо на схему автоматизації. Для цього контуру безпосередньо біля технологічного апарату вказується тільки місце відбору параметра. Функціоналу лінію зв'язку від датчика тиску подаємо на прямокутники «ПЛК» і «ПК».

На перетині цієї лінії зв'язку з функціональними лініями ПЛК та ПК крапками вказуємо необхідні нам функції:

На ПЛК з сигналом від датчика виконуються функція перетворення сигналу в цифрову форму (літера Y). Враховуючи те, що від датчика тиску подається уніфікований аналоговий сигнал, зображаємо крапку саме на перетині вертикальної лінії (від датчика) з горизонтальною лінією-функцією ВА (перетворення аналогового вхідного сигналу в цифрову форму).

Після контролера перетворений сигнал від датчика подається на персональний комп'ютер ПК (АРМ оператора-технолога), де виконуються наступні функції:

- відображення значення тиску на екрані АРМі оператора-технолога - крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною літерою I;
- запис зміни значень тиску в архів (тренд), який можна переглядати - крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною літерою R).

У **третьому** контурі автоматичного контролю і управління, необхідно контролювати значення величини рН в технологічному апараті, який має регламентоване значення 6 рН і має припустимі межі $\pm 0,5$ рН. Спостереження за зміною передбачається на АРМі оператора-технолога зі збереженням

(реєстрація) цих змін в його архіві. Для регулювання значенням величини рН передбачається його стабілізація на заданому значенні за рахунок зміни подачі окислювача в апарат . Для реалізації використовується датчик рН метр

В четвертому контурі необхідно управляти роботою двигунів насосів подачі рідини в апарат.

Для управління двигунами насосів пропонується використати приклад №29, зображення якого ми переносимо на схему автоматизації.

Схемою передбачено:

- управління з АРМа оператора включенням - відключенням насосів.
- ручне управління з щита перетворювачів включенням - відключенням насосів;
- аварійне відключення насосів кнопкою, розташованою «по місцю» біля насоса.

Для управління з АРМа на схемі показана крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПК «літерою S».

Крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПК «літерою І» показує, що стан насоса (включено-відключено) відображається на АРМі оператора.

Крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПЛК «літерою S» показує, що управління насосом відбувається саме з ПЛК, а саме через дискретні виходи ПЛКІ про що свідчить крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПЛК «ДВ» (дискретні виходи).

Для забезпечення безаварійної роботи насосів необхідно використати елементи управління (кнопки «Пуск» та «Стоп») в «ручному режимі» з щита управління SB2, SB4 та безпосередньо біля насосів («по місцю») SB1, SB3.

Для вибору місця з якого саме буде здійснюватись управління використовується тумблер SA1 та SA2 (перемикачі).Подача напруги на двигуни насосів здійснюється за допомогою магнітних пускачів KM1 та KM2.

В п'ятому контурі, передбачене вимірювання тиску відбувається безперервно в часі в певному діапазоні, тому необхідно розглядати приклади контролю в яких від датчика отримується аналоговий (неперервний) сигнал. Цьому завданню саме відповідає приклад №5, зображення якого ми переносимо на схему автоматизації. Для цього контуру безпосередньо біля технологічного апарату вказується тільки місце відбору параметра. Функціоналу лінію зв'язку від датчика тиску подаємо на прямокутники «ПЛК» і «ПК».

На перетині цієї лінії зв'язку з функціональними лініями ПЛК та ПК крапками вказуємо необхідні нам функції:

На ПЛК з сигналом від датчика виконуються функція перетворення сигналу в цифрову форму (літера Y). Враховуючи те, що від датчика тиску подається уніфікований аналоговий сигнал, зображаємо крапку саме на перетині вертикальної лінії (від датчика) з горизонтальною лінією-функцією ВА (перетворення аналогового вхідного сигналу в цифрову форму).

Після контролера перетворений сигнал від датчика подається на персональний комп'ютер ПК (АРМ оператора–технолога), де виконуються наступні функції:

- відображення значення тиску на екрані АРМі оператора–технолога - крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною літерою I;
- запис зміни значень тиску в архів (тренд), який можна переглядати - крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною літерою R).

У шостому контурі автоматичного контролю і управління, необхідно контролювати кількість обертів мішалки в апараті, яка має значення 1500 об/хв і має припустимі межі ± 100 обертів. Спостереження за зміною передбачається на АРМі оператора-технолога зі збереженням (реєстрація) цих змін в його архіві. Для регулювання рівня передбачається його стабілізація на заданому значенні за рахунок подачі електроенергії для збільшення потужності мотора.

Враховуючи, що вимірювання кількості обертів відбувається неперервно в часі в певному діапазоні, тому необхідно розглядати приклади контролю в яких від датчика отримується аналоговий (неперервний) сигнал. При цьому сам датчик розташований «по місцю». Цьому завданню саме відповідає приклад №5, зображення якого ми переносимо на схему автоматизації. Для цього контуру безпосередньо біля технологічного апарату вказується тільки місце відбору параметра. Функціоналу лінію зв'язку від датчика тиску подаємо на прямокутники «ПЛК» і «ПК».

На перетині цієї лінії зв'язку з функціональними лініями ПЛК та ПК крапками вказуємо необхідні нам функції:

На ПЛК з сигналом від датчика виконуються функція перетворення сигналу в цифрову форму (літера Y). Враховуючи те, що від датчика тиску подається уніфікований аналоговий сигнал, зображаємо крапку саме на перетині вертикальної лінії (від датчика) з горизонтальною лінією-функцією ВА (перетворення аналогового вхідного сигналу в цифрову форму).

Після контролера перетворений сигнал від датчика подається на персональний комп'ютер ПК (АРМ оператора–технолога), де виконуються наступні функції:

- відображення значення тиску на екрані АРМі оператора–технолога - крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною літерою I;
- запис зміни значень тиску в архів (тренд), який можна переглядати - крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною літерою R).

У **сьомому** контурі передбачена відкачки рідини з технологічного апарату. Для управління двигунами насосів також пропонуємо використати приклад №29, зображення якого ми переносимо на схему автоматизації.

Схемою передбачено:

- управління з АРМа оператора включенням - відключенням насосів.

- ручне управління з щита перетворювачів включенням - відключенням насосів;
- аварійне відключення насосів кнопкою, розташованою «по місцю» біля насоса.

Для управління з АРМа на схемі показана крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПК «літерою S».

Крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПК «літерою I» показує, що стан насоса (включено-відключено) відображається на АРМі оператора.

Крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПЛК «літерою S» показує, що управління насосом відбувається саме з ПЛК, а саме через дискретні виходи ПЛКІ про що свідчить крапка на перетині лінії зв'язку з функціональною лінією ПЛК «ДВ» (дискретні виходи).

Список використаної літератури

1. Pat. US9290787 B2 Method of producing natural β -carotene by fermentation and use thereof / Xinde Xu, Mingqing Jiao, Dong Shao, Bin Shao, Leiming Yu; обладатель: Zhejiang Medicine Co., Ltd., Xinchang Pharmaceutical Factory. - PCT/CN2012/0006
2. Харчові пігменти і барвники [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <http://um.co.ua/1/1-1/1-131120.html>
3. Beta-Carotene [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-carotene>
4. Чем полезен бета-каротин и где он содержится [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <http://xcook.info/vitaminy/beta-karotin.html>
5. Кульки бета-каротину [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <http://ua.wellgreenxa.com/nutritional-supplement/nutritional-products-for-human/bata-carotene-beadlets.html>
6. РОВИМИКС Бета-Каротин 10% [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС] Режим доступу: <http://novakorm.ru/produktsiya/produktsiya-dlya-selkhozshivotnykh/kormovye-dobavki/vitaminy/30-rovimiks-beta-karotin-10-kormovaya-dobavka-dlya-obogashcheniya-kormov-i-balansirovaniya-ratsionov-zhivotnykh-po-beta-karotinu>
7. Бета-каротин. [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://www.ya-fermer.ru/blog/beta-karotin>
8. Кількість сільськогосподарських тварин у підприємствах. [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://kyivobl.ukrstat.gov.ua/content/p.php3?c=1360&lang=1>
9. Сколько комбикорма потребляет 10 кур несушек. [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://tkkz.ru/vopros-otvet/bird/kormlenie/skol-ko-kombikorma-v-mesyac-potreblyayut-10-kur-nesushek.html>
10. Кормовые добавки для птиц и животных. [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://kreon-d.com.ua/p63074977-vitaminy-rovimiks-premiks.html>

11. Хімічний метод дезінфекції. Каустична сода [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://veterinarua.ru/1epizootologiya/2205-khimichnij-metod-dezinfektsiji.html>
12. Біомой [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://dezmed.com.ua/uk/instrukcii/761-biomoj-metodicheskie-rekomendacii-instrukciya-po-primeneniyu>
13. Гембар [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://www.attis.com.ua/site/liquid/gembar.html>
14. Дезактін [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://dezmed.com.ua/uk/instrukcii/760-dezaktin-prilozheniya-k-metodicheskim-rekomendaciyam-instrukciya-po-primeneniyu-chast-1>
15. Хлорамін Б [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://www.piluli.kharkov.ua/drugs/drug/2384/>
16. Общие принципы разделения веществ [Електронний ресурс] // Н.А. Кузьмина // Биотехнология. – 1995. – Режим доступу: http://www.biotechnolog.ru/prombt/prombt5_5.htm
17. Карлаш, Ю.В. Основы проектирования биотехнологических производств // Конспект лекцій для студентів напряму 6.051401 «Биотехнология» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Ю.В.Карлаш - К: НУХТ, 2013. – 143 с.
18. Малинина Е.М., Попова Т.Ю. // Пособие по проектированию сооружений для очистки сточных вод (к СНиП 2.04.03-85). – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
19. Башенные фильтр-прессы [Електронний ресурс] // RidTec. / Shandong JingJin Environmental Protection Equipment Co., Ltd. — 2013. — Режим доступу: <http://ridtec.ru/node.php?page=39>

- 20.Белопольский М. С. Разработка технологии получения пресспорошка в распылительных сушилках // уклад.: Труды НИИ стройкерамики. /— 1967. — Вып. 27. — С. 161–172.
- 21.Фільтр-прес рамного типу [Електронний ресурс] //Режим доступу: <https://www.teplocontrol-sm.ru/FPR-315.html>
22. Стрічкова сушарка [Електронний ресурс] //Режим доступу: <https://krivoyrog.prom.ua/p1319418-strichkova-susharka-dlya.html>
- 23.Молоткова дробарка [Електронний ресурс] //Режим доступу: <https://krivoyrog.prom.ua/p573005499-drobilka-molotkovaya-nagnetatelnaya.html>
- 24.Ваговий дозатор [Електронний ресурс] //Режим доступу: <https://asvik.kiev.ua/ua/articles/20>
- 25.Апарати для подрібнення компонентів комбікормів [Електронний ресурс] //Режим доступу: <https://soft-agro.com/uk/kormovirobnytvo/podribnennya-zerna-i-komponentiv-kombikormiv.html>
- 26.ПРОЦЕСИ ПОДРІБНЕННЯ, ПРОСІЮВАННЯ І ЗМІШУВАННЯ [Електронний ресурс] //Режим доступу: http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/pharma_3
- 27.Ваговий дозатор [Електронний ресурс] //Режим доступу: <http://technowagy.com.ua/product/vagi-laboratorni-tve/>
- 28.ООО «ОМЗ Милеста-Украина» [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://melitopol.flagma.ua/1080411/>
- 29.Насос відцентровий SM_Електронний ресурс [режим доступу]: <https://www.prom-nasos.com.ua/catalog/SM/>
- 30.Grundfos [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://ua.grundfos.com/>
- 31.Dospel [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://stroyres.com/uk/>
- 32.Компрессормаш-Сервис [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://comprag.in.ua/>

33. PARASOL [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<http://www1.swegon.com/ru/3/-3/-/PARASOL/>
34. Airpol [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<http://www.airpol.com.ua/catalog/ochystka-povtria/filters/filtry-tonkoi-ochystky/>
35. Активний угольний фільтр високої очистки [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://www.huahangfilter.net/products/air-filter/>
36. Індивідуальний фільтр [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<https://multimedia.3m.com/mws/media/564455O/microfluor-ii-brochure.pdf>
37. Реактор для стерилізації [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<https://www.buchiglas.com/ru/produkcija/reaktory-pod-davleniem-laboratornye-avtoklavy-s-peremeshivaniem/laboratornyi-pilotnyi-masshtab-025-500-litrov/polyclave.html>
38. Ферментер [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<https://russian.alibaba.com/product-detail/newest-15000-l-fermenter-10bbl-fermentation-tank-beer-fermenter-used-60543236973.html>
39. Реактор для стерилізації [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<https://www.buchiglas.com/ru/produkcija/reaktory-pod-davleniem-laboratornye-avtoklavy-s-peremeshivaniem/laboratornyi-pilotnyi-masshtab-025-500-litrov/kiloclave.html>
40. Реактор для стерилізації [Електронний ресурс] // Режим доступу :
<https://www.buchiglas.com/ru/produkcija/reaktory-pod-davleniem-laboratornye-avtoklavy-s-peremeshivaniem/laboratornyi-pilotnyi-masshtab-025-500-litrov/pilotclave.html>
41. Фільтр-прес рамного типу [Електронний ресурс] // Режим доступу:
<https://www.teplocontrol-sm.ru/FPR-315.html>
42. Стрічкова сушарка [Електронний ресурс] // Режим доступу:
<https://krivoyrog.prom.ua/p1319418-strichkova-susharka-dlya.html>

43. Молоткова дробарка [Електронний ресурс] //Режим доступу:
<https://krivoyrog.prom.ua/p573005499-drobilka-molotkovaya-nagnetatelnaya.html>
44. Реактор-змішувач BIOSTAT D-DCU. Електронний ресурс [режим доступу]: <https://russian.alibaba.com/product-detail/ace-500l-1000l-2000l-best-fermenter-for-craft-5bbl-7bbl-10bbl-20bbl-beer-fermenting-system-62490317148.html?spm=a2700.8699010.normalList.41.48b322c9tsj3RQ>
45. Ваговий дозатор [Електронний ресурс] //Режим доступу:
<https://asvik.kiev.ua/ua/articles/20>
46. Microbiological production of carotenoids Wendall Moore Farrow, Orange, and Benjamin Tabenkin, Montclair, N.J., assignors to Hoifmann-La Roche 'Inc., Nutley, N.J., a corporation of New Jersey No Drawing. Filed Nov.'12, 1958, Ser. No. 773,184
47. Magdy Mohamed Khalil Bagy, Mohamed Hemida Abd-Alla, Nivien Allam Nafady, Fatthy Mohamed Morsy, Ghada Abd-Elmonsef Mahmoud. Bioconversion of plant wastes to β -carotene by *Rhodotorula glutinis* // European Journal of Biological Research – 2016. – 6, N 4. – P. 266-241.
48. Определение аминного азота в мелассе [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://www.chemicalnow.ru/chemies-3887-1.html>
49. ГОСТ 13496.17-95 “Корми. Методи визначення каротину” Електронний ресурс [режим доступу]: <http://docs.cntd.ru/document/gost-13496-17-95>