

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) біотехнології та екологічного контролю
Кафедра біотехнології і мікробіології

«До захисту в ЕК»
Декан факультету
Наталія ГРЕГІРЧАК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Віктор СТАБНІКОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» __ червня 2023 р.

«__» __ червня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Біотехнології: фармацевтична,
промислова, харчова, природоохоронна»
на тему: Одержання біомаси хлібопекарських дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*

Виконав: здобувач IV курсу, групи 03

КРАВЧЕНКО Вадим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник РЕЗНІЧЕНКО Юрій Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Олена БЛІК

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) біотехнології та екологічного контролю

Кафедра біотехнології і мікробіології

Освітній ступінь бакалавр

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

Освітньо-професійна програма « Біотехнології: фармацевтична
промислова, харчова, природоохоронна»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології і
мікробіології

Віктор СТАБНИКОВ
“ 01 ” березня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

КРАВЧЕНКО Вадим Володимирови

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Одержання біомаси хлібопекарських дріжджів
Saccharomyces cerevisiae

керівник роботи РЕЗНИЧЕНКО Юрій Миколайович кандидат технічних
наук, доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 28 березня 2023 року № 193-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2023

3. Вихідні дані до роботи коефіцієнт заповнення ферментера 0,6,
біологічний агент *Saccharomyces cerevisiae*, біомаса хлібопекарських
дріжджів, хлібохлібопекарські дріжджі.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Характеристика цільового продукту, обґрунтування вибору вибору
біологічного агента, техніко-економічне обґрунтування, біосинтез цільового
продукту, обґрунтування вибору технологічної схеми, специфікація
обладнання дофементаційних процесів та виробничого біосинтезу, опис
технологічної схеми доферментаційних процесів та виробничого біосинтезу,
контроль виробництва, аналіз перспектив впровадження системи екологізації
виробництва, нормативно-технічна документація, використана під час
проекування виробництва

5. Перелік графічного матеріалу

Технологічна схема – лист формату А1, апартурна схема – лист формату А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01 березня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика цільового продукту	01.03.2023 – 05.03.2023	Виконано
2	Обґрунтування вибору вибору біологічного агента	06.03.2023 – 12.03.2023	Виконано
3	Техніко-економічне обґрунтування	13.03.2023 – 19.03.2023	Виконано
4	Біосинтез цільового продукту	20.03.2023 – 26.03.2023	Виконано
5	Обґрунтування вибору технологічної схеми	27.03.2023 – 19.04.2023	Виконано
6	Специфікація обладнання дофементаційних процесів та виробничого біосинтезу	20.04.2023 – 26.04.2023	Виконано
7	Опис технологічної схеми доферментаційних процесів та виробничого біосинтезу	27.04.2023 – 03.05.2023	Виконано
8	Контроль виробництва	04.05.2023 – 09.05.2023	Виконано
9	Аналіз перспектив впровадження системи екологізації виробництва	10.05.2023 – 16.05.2023	Виконано
10	Нормативно-технічна документація, використана під час проектування виробництва	17.05.2023 – 29.05.2023	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Вадим КРАВЧЕНКО
(ім'я та прізвище)

Юрій РЕЗНІЧЕНКО
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічної та апаратурної схем біосинтезу біомаси хлібопекарських дріжджів культивуванням *Saccharomyces cerevisiae*. *S. cerevisiae* (штам не наведено) синтезує 180 г/л біомаси. Хлібопекарські дріжджі пропонується використовувати для виробництва хліба для третини населення України, враховуючи, що після закінчення війни очікується повернення Луганської та Донецької області, на території яких буде побудовано підприємства, які будуть забезпечувати населення цих областей хлібобулочними виробами. Так, річна потреба у хлібопекарських дріжджах становить 843 150 кг, що відповідає 30 м³ культуральної рідини.

Технологічна схема біосинтезу біомаси хлібопекарських дріжджів включає допоміжні роботи (приготування розчину соляної кислоти з метою підкислення середовища при його стерилізації, підготовка 25% розчину амічної води для підлужнення середовища, приготування та стерилізація 20% розчину сульфату амонію, приготування та стерилізація розчину меляси, приготування та стерилізація композицій поживного середовища), а також власне технологічний процес (чотири етапи вирощування інокуляту та виробниче культивування у ферментері 50 м³ з коефіцієнтом заповнення 0,6). Технологія одержання біомаси дріжджів включає проведення періодичного культивування глибинним методом. Розроблено карту постадійного контролю доферментаційних процесів і виробничого біосинтезу, наведено методики контролю концентрації біомаси, сахарози, фосфату амонію та сульфату амонію.

Кваліфікаційна робота викладена на 116 сторінках, містить 19 таблиць, 19 рисунків, складається зі вступу, десяти розділів, списку використаної літератури (69 найменувань), технологічної (формат А1, 1 аркуш) та апаратурної (формат А1, 1 аркуш) схем.

Ключові слова: біомаса, хлібопекарські дріжджі, *Saccharomyces cerevisiae*, хліб, виробниче культивування, меляса.

ЗМІСТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	1
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	9
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА	19
2.1. Обґрунтування вибору біологічного агента, складу поживних середовищ	19
2.2. Перевірочний розрахунок складу поживного середовища	27
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	32
3.1. Потреба у цільовому продукті	32
3.2. Розрахунок потужності виробництва.....	34
3.3. Розрахунок об'єму ферментера і кількості виробничих циклів	35
3.4. Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу	36
РОЗДІЛ 4. БІОСИНТЕЗ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	41
4.1. Шляхи катаболізму ростового субстрату у біологічного агента	41
4.2. Біотрансформація ростового субстрату у цільовий продукт	42
РОЗДІЛ 5. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ.....	46
5.1. Обґрунтування доферментаційних процесів та виробничого біосинтезу.....	46
5.1.1. Обґрунтування способу культивування і типу ферментера	46
5.1.2. Обґрунтування вибору стадії підготовки аераційного повітря	48
5.1.3. Вибір мийних та дезінфікуючих засобів	50
5.1.4. Особливості підготовки та стерилізації поживного середовища.....	56
5.2. Основні етапи післяферментаційного виділення, концентрування та очищення цільового продукту	67
5.3. Пропозиції щодо підбору обладнання для реалізації післяферментаційних процесів... 68	
5.3.1. Відділення біомаси	68
5.3.2. Концентрування	74
РОЗДІЛ 6. СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДОФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИРОБНИЧОГО БІОСИНТЕЗУ.....	82
РОЗДІЛ 7. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИРОБНИЧОГО БІОСИНТЕЗУ.....	86
РОЗДІЛ 8. КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА.....	96
8.1. Мікробіологічний контроль.....	102
8.2. Показники росту і синтезу цільового продукту.....	104
8.2.1. Концентрація біомаси	104
8.2.2. Концентрація джерела Карбону	104
8.2.3. Концентрація джерела Нітрогену.....	105
РОЗДІЛ 9. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	106

9.1. Системи знешкодження рідких відходів	106
9.2. Системи знешкодження газоподібних відходів	108
9.3. Система знешкодження та утилізації твердих відходів	110
РОЗДІЛ 10. НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, ВИКОРИСТАНА ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА	113
ЛІТЕРАТУРА	116

ВСТУП

Хлібопекарська галузь України є однією із найбільш важливих для країни, головним завданням якої є забезпечення якісною хлібопекарською продукцією всіх верств населення України. Діяльність підприємств хлібопекарської галузі сполучена із значною кількістю ризиків, що не може не впливати на їхній стан [1].

Як правило, у хлібопекарському виробництві використовують хлібопекарські дріжджі пресовані, сушені та дріжджове молоко. Дріжджі є одноклітинними мікроорганізмами, що розмножуються брунькуванням, належать до класу грибів. У виробництві хлібопекарських дріжджів використовують дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae*; 1 г пресованих дріжджів містить біля 15 млрд. дріжджових клітин [2].

Головним індикатором погіршення стану підприємств галузі є зниження обсягів виробництва хлібобулочної продукції в натуральному виразі. Значне скорочення обсягів виробництва хлібобулочних виробів відбулось у 2009 році (-7,6%), у 2013 році (-7,5%) та у 2014 році (-14,1%). Масове зниження об'ємів виробництва починаючи з 2014 року зумовлено скороченням населення, значним зниженням споживання хлібобулочних виробів внаслідок анексії Криму, а також проблематичним забезпеченням виробництва хлібобулочних виробів у зоні АТО [1].

З огляду на наявні в сучасних умовах ризику забезпечення хлібом і хлібобулочними виробами, *актуальністю* даної роботи є проведення пошуку та використання перспективних високопродуктивних дріжджових штамів з метою отримання хлібопекарських дріжджів для покращення діяльності підприємств хлібопекарської галузі.

					НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравченко В.В.			Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Резніченко Ю.М.					7	2
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Стабніков В.П.						

Новизною кваліфікаційної роботи є використання дріжджів *S. cerevisiae* (штам не вказано), що характеризуються продукуванням біомаси у значній кількості (180 г/л) на доступному поживному середовищі з мелясою, для одержання пекарських дріжджів.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ

Хлібопекарські дріжджі класифікують за товарною формою і за призначенням. Основними товарними формами хлібопекарських дріжджів пресовані дріжджі, дріжджове молоко і сушені дріжджі. За призначенням вони бувають кількох різновидів (рис. 1.1).

До недавнього часу для виготовлення виробів із дріжджового тіста найбільш використовуваною товарною формою дріжджів були пресовані, які відрізняються високою зброджувальною здатністю і простотою використання.



Рис. 1.1. Класифікація хлібопекарських дріжджів
Дріжджі хлібопекарські пресовані (ГОСТ 171-81) являють собою

					НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1. Характеристика цільового продукту	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кравченко В.В.					9	12
Перевір.		Резніченко Ю.М.				Кафедра БТМ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Стабніков В.П.						

скупчення дріжджових клітин, що вирощені на спеціальних поживних середовищах за постійної аерації, виділених пресуванням або вакуумуванням із культурального середовища, сформованих у брикети масою 50-1000 г і вологістю 67-75 %. В одному грамі пресованих дріжджів міститься близько 15 млрд дріжджових клітин [3].

Основний недолік пресованих дріжджів – невеликий термін зберігання (12 діб за температури 0-4 °С), що зумовлено лабільністю їх властивостей внаслідок високої вологості.

Колонії *S. cerevisiae* що вирощувались на солодовому сушло-агарі. округлої, схожої на квітку, форми. Колір дріжджів – світло-бежевий, тобто клітини містять світло-бежевий пігмент. Розмір колонії складав 3.00×3.00 см. Поверхня колонії матова, край фестончатий («перевернутий зонтик», ажурний) – складається з великих, злегка округлих, плоских зубців правильної форми. Профіль колонії – плоский. Окрім того, наявні глибокі радіальні полоси. Структура колонії м'яка, пастоподібна, її можна легко відділити з поверхні агару або розмазати (наче масло).

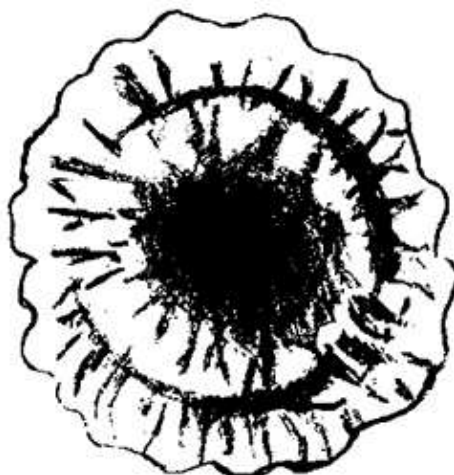


Рис. 1.2. Схема круглої колонії з фестончатим краєм [4].

Пресовані дріжджі виробляються на спеціалізованих підприємствах – дріжджових або спиртових заводах із залишкових спиртових дріжджів. Їх собівартість приблизно на 30 % нижча, ніж тих, що виробляються спеціалізованими підприємствами. Використання спиртових дріжджів у технології виробів із дріжджового тіста має свою специфіку. Їх висока

зимазна та мальтазна активність зумовлює швидку адаптацію до зброджування мальтози, за рахунок чого відбувається інтенсивне спиртове бродіння вже на початкових стадіях дозрівання тіста. Тому під час їх використання необхідно скорочувати тривалість бродіння опари і тіста або знижувати температуру бродіння. У той же час, менший вміст молочнокислих бактерій (майже в 2,5 рази), порівняно з дріжджами спеціалізованих дріжджових заводів, стримує накопичення органічних кислот у тісті, що затримує його дозрівання [4].

Підготовка пресованих дріжджів до виробництва здійснюється шляхом їх вивільнення з упаковки, подрібнення, приготування дріжджової суспензії з температурою 26-30 °С при гідромодулі 1:3 – 1:4 і її проціджування через дротяне сито з розміром отворів не більше ніж 2,5 мм [5].

Із метою скорішої адаптації дріжджів до борошняного середовища і підвищення їх ферментативної активності пресовані дріжджі можуть піддаватися активації з використанням різноманітних поживних середовищ, фізичних чинників, таких як НВЧ-випромінювання, сприятливих для їх життєдіяльності, температура та рН тощо.

Дріжджове молоко (ТУ 10-0334585-3-90) – це напівфабрикат дріжджового виробництва, який є суспензією дріжджів у воді, одержаною загущенням на сепараторах культурального середовища після вирощування в ньому дріжджів. В 1 дм³ дріжджового молока повинно міститися не менше 450 г дріжджів у перерахунку на пресовані дріжджі з масовою часткою вологи 75 %. Якість дріжджового молока залежить від умов промивання та сепарації. Транспортують дріжджове молоко в автоцистернах при 3-10°С, зберігають у сталевих ємкостях за температури 3-10 °С протягом 2 діб, при 0-4 °С упродовж 3-х діб. Перед використанням дріжджове молоко проціджують через дротяне сито з розміром отворів до 2,5 мм.

Дріжджові клітини у дріжджовому молоці більш активні, ніж у пресованих дріжджів, що зумовлено меншою агрегацією клітин і, як наслідок, більшою поверхнею їх контакту з субстратом. Це сприяє

інтенсифікації біохімічних процесів дозрівання тіста і надає можливість зменшити їх рецептурну кількість. До переваг використання дріжджового молока у технологічному процесі приготування виробів з дріжджового тіста є ліквідація операцій з розтарювання дріжджів і приготування дріжджової суспензії, а також нижча вартість. Проте застосування дріжджового молока зручно лише на тих підприємствах, які розміщені поблизу дріжджових заводів, тому що транспортування його на більші відстані недоцільно.

Показники якості дріжджового молока повинні відповідати таким у пресованих дріжджів.

Під час зберігання дріжджового молока відбуваються втрати продукту. Це пов'язано з тим, що, підтримуючи дихальний тип життєдіяльності, дріжджові клітини у суспензії продовжують «дихати». На цей процес використовуються запасні вуглеводи клітини, що призводить до зменшення кількості біомаси.

Позитивний вплив на термін зберігання дріжджового молока має його обробка консервантами (біоміцином – 5 г на 1 м³ або кухонною сіллю – 8,5 кг на 1 м³). При цьому дріжджове молоко може зберігатися при 20°C протягом 10 діб.

Сушені (сухі) дріжджі порівняно з іншими товарними формами, мають певні переваги, до яких відносяться тривалий термін зберігання і транспортабельність. Отримують сушені дріжджі за різними технологіями.

Сушені дріжджі з пресованих дріжджів (ГОСТ 28483-90) виробляються шляхом їх висушування до вмісту вологи 8-10 %. Вони випускаються вищого і першого сортів у вигляді вермішелі, гранул, зерен або крупи світло-жовтого або світло-коричневого кольорів. Ці дріжджі можуть зберігатися протягом 5-12 місяців за температури не більше 10 °C. Значним недоліком таких дріжджів є нижча, ніж у пресованих, зброджувальна активність, що спричинено біохімічними змінами у дріжджовій клітині під час висушування. Тому для забезпечення необхідного ступеня розпушеності тіста витрати сушених дріжджів у перерахунку на сухі речовини збільшують у 1-2 рази,

порівняно з пресованими. Крім того, такі дріжджі містять значну кількість відновленого глутатіону, який викликає протеоліз у тісті, що робить неможливим їх використання під час переробки борошна з низькими хлібопекарськими властивостями. Разом із цим, до недоліків дріжджів, сушених із пресованих, відноситься зниження їх ферментативної активності у процесі зберігання, а також необхідність обов'язкової регідратації при гідромодулі 1:6 та активації перед використанням.

Вагомим прогресом у дріжджовому виробництві стало створення технологій сушених дріжджів, що мають високу зброджувальну активність і спроможні зберігати її тривалий час – сухих активних дріжджів. Отримання дріжджів з такими характеристиками досягається за рахунок використання спеціальних штамів дріжджів, застосуванням технологічних режимів культивування, що забезпечують низький вміст внутрішньоклітинної вологи і високу ферментативну активність, використанням «м'яких» режимів сушіння у псевдорозрідженому шарі та спеціальних речовин (антиоксидантів, поверхнево-активних речовин) для захисту дріжджових клітин під час екструдування. Висушені до вологості 4-5 % і герметично упаковані дріжджі можуть зберігатися до 2 років.

Провідним виробником сухих активних дріжджів є фірма ЛЕСАФР (Франція). Дріжджі «Саф-Левюр» цієї фірми являють собою маленькі гранули, вкриті шаром дезактивованих під час сушіння дріжджів. Їх розводять у воді з температурою 38 °С при гідромодулі 1 : 5 з додаванням цукру. Один кілограм цих дріжджів замінює близько 5 кг пресованих дріжджів. В Україні активні сухі дріжджі виготовляє Львівський завод «Ензим».

Прогресивним видом хлібопекарських сушених дріжджів є дріжджі типу «Інстант», які завдяки пористій структурі не потребують попередньої регідратації та можуть додаватися під час замішування безпосередньо у борошно. Це дріжджі «САФ-Інстант» (Франція), «Пакмая» (Туреччина), «Ферміпан» (Голландія), «Експрес» (Росія). Інстантні дріжджі мають високу

ферментативну активність – більшу, ніж у пресованих дріжджів у 1,5-1,7 рази, тому 1 кг цих дріжджів замінює 5-7 кг пресованих у перерахунку на суху речовину.

Недоліком майже всіх сухих активних дріжджів є швидке зниження ферментативної активності у разі порушення герметичності упаковки, тому після її розкриття рекомендовано використати дріжджі протягом 24-48 годин.

Розвиток сучасних технологій дріжджового тіста і біотехнології дає змогу отримувати дріжджі спеціального призначення, що адаптовані до конкретних технологічних схем.

Слід відзначити, що на сьогодні більшість із них випускається у вигляді сушених дріжджів. Нижче надано стисло характеристику цих видів дріжджів [6].

Високоактивні дріжджі мають високу заброджувальну активність. Вони використовуються під час приготування виробів із дріжджового тіста прискореними способами, що передбачають тривалість технологічного процесу з початку замішування тіста до посадки тістових заготовок у піч 50-60 хв [6].

Осмотолерантні дріжджі призначено для виготовлення виробів із дріжджового тіста з вмістом цукру більше, ніж 10 % до маси борошна. Особливостями цих дріжджів є, по-перше, низький вміст β -фруктофуранозидази, унаслідок чого в середовищі зменшується кількість продуктів гідролізу сахарози (фруктози і глюкози), які підвищують осмотичний тиск на дріжджову клітину. По-друге, такі дріжджі здатні синтезувати трегалозу і гліцерин, які сприяють компенсації витрати внутрішньоклітинної вологи, що відбувається під час підвищення осмотичного тиску навколо дріжджової клітини.

Вищеописані хлібопекарські дріжджі є традиційно використовуваними у технологіях виробів із дріжджового тіста, тому в класифікації вони віднесені до традиційних.

Напівсушені заморожені дріжджі використовують для виготовлення

швидкозаморожених тістових напівфабрикатів для булочних і здобних виробів. Їх вологість становить 23-25 %. Особливістю таких дріжджів є те, що після стадії сушіння їх заморожують, забезпечуючи таким чином стабільність якості під час зберігання. Зберігають напівсушені заморожені дріжджі за температури 18-20 °C протягом 2 років.

Дріжджі, чутливі до холоду, відрізняються низькою ферментативною активністю за температури 4-12 °C і високою – за температури 30-40 °C, що дозволяє з успіхом використовувати ці дріжджі під час виготовлення тіста або тістових заготовок, що призначені для продажу. Вони можуть зберігатися у холодильнику декілька діб без особливих біотехнологічних змін (тісто для піци, круасанів тощо).

Дріжджі, стійкі до консервантів, мають підвищену адаптивність до тіста, що виготовлене з консервантами, які використовуються з метою попередження картопляної хвороби хлібних виробів. У тісті вони сприяють підвищенню кислотності, що негативно впливає на життєдіяльність звичайних штамів дріжджів, тоді як стійкі до консервантів дріжджі є кислототолерантними.

Дріжджам для готових сумішей властива здатність зберігатися за умови доступу кисню і вологи як сухим активним, а також вони не потребують попередньої гідратації, як інстантні. Гранули цих дріжджів укриті особливою захисною оболонкою і мають високу пористість, що забезпечує їх швидку розчинність.

Якість хлібопекарських дріжджів визначають за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Органолептичні показники оцінюють за консистенцією, кольором, запахом, смаком.

Серед фізико-хімічних показників визначають вологість, кислотність, стійкість, підйомну силу. Ці показники нормуються нормативною документацією на хлібопекарські дріжджі. Серед них єдиним показником, що характеризує технологічні властивості дріжджів, є підйомна сила, яка визначається часом підйому тіста, виготовленого за стандартною

рецептурою, на певну висоту (стандартний метод) або часом спливання кульки тіста у стакані з водою на її поверхню (прискорений метод). Останніми роками об'єктивність даного методу дослідження властивостей дріжджів піддається критиці, оскільки за час, відведений для визначення цього показника, зброджуванню піддаються тільки власні цукри борошна. Таким чином, за цією методикою можна оцінити тільки активність зимазного комплексу дріжджів, тоді як інтенсивність і тривалість бродіння тіста визначається в основному швидкістю надходження до клітини розщеплення мальтози.

Морфологічні, культуральні й біохімічні ознаки рас дріжджів обумовлюють їх технологічні особливості, основними з яких є величина клітин, здатність до зброджування й утилізація цукрів. Від величини клітини залежить розподіл позаклітинної та внутрішньоклітинної вологи в бруську дріжджів. Чим більше вологи перебуває усередині клітини, тем менше її в міжклітинних просторах бруска дріжджів, і тим більш сухими і розсипчастими є пресовані дріжджі. При малих розмірах клітин дріжджі мають мастку консистенцію, оскільки більша частина вологи дріжджів перебуває в міжклітинних просторах, а не в клітині.

Від здатності до зброджування цукрів (глюкози, сахарози й мальтози) залежить піднімальна сила дріжджів, яка є результатом взаємодії ферментів дріжджів і ферментів борошна, взятого для аналізу. У зв'язку із цим для оцінки дійсної активності бродильних ферментів рас дріжджів використовують такі показники, як зимазна й мальтазна активність, які обумовлені зброджуванням розчинів чистих цукрів [6, 7].

Повноцінні хлібопекарські дріжджі мають піднімальну силу в 50-60 хв, зимазну активність в 45-55 хв, мальтазну активність до 70 хв. Піднімальна сила та зимазна активність характеризують той самий процес, а саме, зброджування глюкози й сахарози зимазним комплексом ферментів дріжджів. Однак при визначенні піднімальної сили збродження зазнають глюкоза й сахароза борошна, а при визначенні зимазної активності - глюкоза

або сахароза розчину. У зв'язку із цим зимазна активність відносним показником, що характеризує піднімальну силу дріжджів, і тому використовується при оцінці технологічних особливостей рас дріжджів.

Мальтазна активність характеризує процес зброджування дріжджами вуглеводу мальтози, або розкладання її на дві молекули глюкози.

Величина мальтазної активності визначається по розчину мальтози і є важливим технологічним показником рас хлібопекарських дріжджів, оскільки в пшеничному тісті при бродінні утворюється велика кількість мальтози, швидке зброджування якої приводить до одержання хліба високої якості.

Окрім зазначених ознак для дріжджового виробництва дуже важливим є здатність раси дріжджів активно розмножуватися на мелясі будь якої якості. З метою одержання дріжджів, що активно розмножуються в дріжджовому виробництві й активно зброджують цукри пшеничного тіста, раси дріжджів відбирають за наступними ознаками: розмір клітини – не менше 7x11 мкм; зимазна активність – не більш 45 хв; мальтазна активність – не більш 70 хв; стійкість до меляси – 100 %; активність розмноження за швидкістю росту (μ) – не менш 0,2-1 год [5,7].

У теперішній час у дріжджовій промисловості використовують велику кількість рас дріжджів, які володіють зазначеними вище ознаками: № 14, Л-1, НР-1, ЛФ-12, 608, 616, 722, 739 та ін.

Раса Томська 7 характеризується стійкістю до складу мелясних середовищ, вимогливістю до ростових речовин, зокрема до вітамінів.

Пресовані дріжджі, отримані на цій расі, стійкі при зберіганні, але мають слабку мальтазну активність (більше 160 хв).

Штам Л-441 має високу продуктивність, стійкий до шкідливих домішок і патогенних мікроорганізмів, забезпечує гарні властивості товарних хлібопекарських дріжджів: піднімальна сила – 44-45 хв, мальтазна активність – 92-95 хв, стійкість при температурі 35° С – більше 96 годин.

Штам Я-1 виведений з виробничої чистої культури дріжджів раси 14

шляхом спрямованого відбору. Культура має високу генеративну активність і стійкість до підвищеної температури вирощування (37-38°C), піднімальна сила товарних дріжджів – 40-47 хв, зимазна активність – 32-44 хв.

Раса Одеська 14 відрізняється високою генеративною активністю. Дріжджі стійкі до висушування, в пресованому вигляді стійкі при зберіганні. Мальтазна активність складає – 95 хв, зимазна – 45 хв. Культура вибаглива до складу поживного середовища, особливо до ростових речовин. Однак, завдяки високій урожайності та ферментативній активності, вона широко розповсюджена в промисловості.

Раса Київська 21 невибаглива до ростових речовин, добре переносить висушування, має високу зимазну активність – 60 хв.

Для виробництва сушених і пресованих дріжджів використовують штам ЛВ-7, він має підвищену стійкість до домішок меляси і мікрофлори, яка інфікує дріжджове виробництво. Показник піднімальної сили пресованих дріжджів складає 43-47 хв, осмотична чутливість – 6-10 хв.

Штам 722 відрізняється високою мальтазною (54 хв), зимазною (43 хв) активністю, піднімальною силою (46 хв) і осмотичною чутливістю (5-10 хв).

Дріжджі штаму 739 мають високу продуктивність та підвищену ферментативну активність. Зимазна, мальтазна та піднімальна сила дріжджів складає відповідно 54, 61 та 56 хв. У теперішній час тривають роботи з виведення нових штамів дріжджів з використанням сучасних методів: індукованого мутагенезу, гібридизації, адаптації. Це сприяє ефективній селекції чистих культур мікроорганізмів зі закріпленими якісними ознаками, які необхідні для реалізації сучасних технологій виготовлення хлібобулочних виробів [8, 9, 10].

Отже, обираємо дріжджі у пресованій формі, з огляду на високі показники піднімальної сили та осмотичної чутливості пресованих дріжджів.

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА

2.1. Обґрунтування вибору біологічного агента, складу поживних середовищ

Дріжджі – позатаксономічна група одноклітинних грибів, які втратили міцеліальну будову у зв'язку з переходом до проживання в рідких і напіврідких, багатих органічними речовинами субстратах. Поєднує близько 1500 видів, які відносяться до класів аскоміцетів і базидіоміцетів.

До класу сумчастих грибів *Ascomycetes* до підкласу найпростіших сумчастих *Protoascales* відносять дріжджі, що утворюють при статевому розмноженні сумки (аски) з ендогенними спорами. До них належать представники родів дріжджів, які використовують у бродильних виробництвах – *Saccharomyces* і *Shizosaccharomyces*.

В основу класифікації дріжджів покладені спосіб розмноження й деякі фізіологічні ознаки. Головною систематичною ознакою є здатність до утворення спор. За цією ознакою дріжджі діляться на дві групи: спорогенні – дріжджі, що здатні утворювати спори, і аспорогенні – не здатні утворювати спори, тобто, що не мають статевого розмноження.

На думку деяких дослідників, другу групу дріжджів слід віднести до класу недосконалих грибів *Fungy imperfecti*, хоча втрата здатності до статевого розмноження вторинна, і вони можуть також віднесені до сумчастих грибів.

Вперше класифікація дріжджів була оприлюднена в 1912 р. Гіл'єрмоном. Уточненню класифікації спорових дріжджів, до яких відносять хлібопекарські дріжджі, сприяла монографія В.І. Кудрявцева (1954 р.) і

					НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2. Обґрунтування вибору біологічного агента	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кравченко В.В.					19	12
Перевір.		Резніченко Ю.М.				Кафедра БТМ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Стабніков В.П.						

монографія Ж. Лоддера й Крегера ван Рій (1952 р.) «Дріжджі і її таксономічне дослідження», де наведені результати докладного вивчення дріжджових грибів, виявлені синоніми в найменуванні цілого ряду дріжджових культур.

В основу класифікації В.І. Кудрявцева покладений спосіб вегетативного розмноження спорогенних грибів, автор пропонує об'єднати всі дріжджі в один порядок одноклітинних грибів *Unicellomycetales*.

Спорогенні дріжджі він ділить на три сімейства за ознакою вегетативного розмноження:

1. Сімейство *Saccharomycetaceae* – дріжджі розмножуються брунькуванням. До цього сімейства відносять роди *Saccharomyces*, різняться вони за формою спор і способу їх утворення та проростання.

Найбільше значення має *Saccharomyces cerevisiae*. До нього відносяться раси дріжджів, які використовують у спиртовому виробництві, хлібопеченні, пивоварінні, виноробстві, виробництві квасу [6, 8]. Раси ділять на раси низового та верхового бродіння. До рас низового бродіння відносять більшість винних і пивних дріжджів, до рас верхового – хлібопекарські, спиртові та деякі пивні.

Дріжджі низового бродіння функціонують у виробництві при температурі 6-10 °С (до 0 °С), а верхового – при температурі 14-25 °С.

Наприкінці бродіння низові дріжджі осідають на дно, де формують щільний осад, а верхові – піднімаються на поверхню.

2. Сімейство *Schizosaccharomycetaceae* – дріжджі розмножуються розподілом. До цього сімейства відносять два роди: *Schizosaccharomyces* и *Octosporomyces*.

3. Сімейство *Saccharomycodaceae* – розмноження починається брунькуванням і закінчується розподілом. Головні роди цього сімейства *Saccharomycodes* і *Hanseniaspora*.

Аспорогенні дріжджі класифікуються по системі Ж. Лоддера і Крегераван Рій, в основу класифікації покладені здатність мікроорганізмів

утворювати неправильний міцелій і здатність до бродіння. Головними родами цієї групи є *Candida* і *Torulopsis*.

До середини ХХ століття вчені спостерігали тільки статевий цикл аскоміцетних дріжджів і розглядали їх, як відособлену таксономічну групу сумчастих грибів (аскоміцетів). Сучасні молекулярно-біологічні дослідження показали, що дріжджі сформувалися незалежно серед аскоміцетних і базидіоміцетних грибів і являють собою не єдиний таксон, а скоріше життєву форму [7]. Промислові дріжджі повинні мати високу потенційну активність гліколітичних ферментів. Вона виражається як зімазна і мальтазна активність, що визначається часом, який необхідний для виділення 10 мл CO_2 при зброджуванні 20 мл 5% розчину цукру дріжджами, які вносяться в кількості 2,5 об. % від обсягу середовища у мікрогазометрі Слєцького. Дріжджі повинні мати також високу активність інвертази та інших гідролітичних ферментів, мати здатність рости і синтезувати ферменти і коферменти в досить анаеробних умовах, швидко адаптуватися до субстратів, що змінюються. Також дуже важливим показником є підйомна сила. Підйомною силою дріжджів називають тривалість підйому тіста, що виготовлене в певних умовах, на висоту 7 см. Чим швидше дріжджі піднімають тісто, тим краща їх якість. Крім того, вони повинні проявляти осмотичну стабільність по відношенню до жирів та відносно високої концентрації цукру в початковій стадії бродіння тіста, бути солестійкими та стійкими до змін рН, містити невелику кількість глутатіону. І, нарешті, дріжджі мають бути стійкими до домішок, що може міститись у м'ясі, де їх вирощують [6, 8, 10].

Відповідно до вищезазначеного потрібен пошук штаму, в якому можна одночасно об'єднати здатність надійно та ефективно зростати у напівстерильних умовах товарного виробництва на м'ясній сировині та володіння високою конститутивною мальтазною активністю, що забезпечує проведення прискорених технологій у процесі хлібопечення [6].

У літературних джерелах наявні роботи, присвячені дослідженню

культивування *Saccharomyces cerevisiae* у цукровмісному середовищі здебільшого для одержання біоетанолу, однак вдалось знайти статті, у яких дослідники акцентували увагу на рівні синтезу дріжджової біомаси [11-13].

Отже, авторами патенту [11] було встановлено спосіб виробництва хлібопекарських дріжджів *S. cerevisiae* в середовищі на основі меляси з додаванням азоту та фосфору. Культивування здійснювали з підживленням.

Середовище для вирощування мало такий склад (г/л):

- Меляса – 287;
- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 11,52;
- $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – 3,32;
- KCl – 2,43;
- Біотин – 1.220 (1220 мг).

Найвищого рівня біомаси 129 г/л досягли при вирощуванні дріжджів при температурі 28-30 °C з дотриманням значення рН 4,6 протягом 15 год [11].

У 2015 році з'явилась стаття, автори якої дослідили процес одержання біомаси хлібопекарських дріжджів при культивуванні *S. cerevisiae* NRRL-Y-11857 [12]. Найвища концентрація біомаси 70 г/л була досягнута при проведенні підживлення упродовж 16 годин у середовищі такого складу (г/л):

- Глюкоза – 150 (підживлення);
- Дріжджовий екстракт – 10 (1%);
- Пептон – 20 (2%).

S. cerevisiae NRRL-Y-11857 культивували в аеробних умовах з витратою повітря 0,1 л/л, при температурі 30 °C за рН 5,5 (підтримували за допомогою розчину NaOH) при перемішуванні 400 об/хв. Дослідники визначили, що аерація та здійснення періодичного підживлення має позитивний вплив на ріст клітин у *S. cerevisiae* NRRL-Y-11857 [12].

Також відомим є спосіб вирощування хлібопекарських дріжджів із меляси [13], що забезпечує отримання біомаси *S. cerevisiae* (штам не вказано)

у кількості 180 г/л. М'ясно-сольове середовище містило такі компоненти, г/л:

М'яса – 500;

Хлористий калій – 9,5;

Диамоній фосфат – 10;

Сульфат магнію – 0,5;

Сульфат амонію подають у вигляді стерильного 20%-ного розчину в кількості, необхідній для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні. Приток м'ясно-солевого підживлювання здійснюють періодично в залежності від швидкості росту дріжджів, концентрації підживлюючого середовища та об'єму культуральної рідини. Аміак водний 25%-ний подають в залежності від зміни рН.

Дріжджі культивували протягом 14 годин за температури $31 \pm 1^\circ\text{C}$, водневий показник становив 5,0 - 5,5 од. рН, витрата повітря 1000 м³/год на кубічний метр культуральної рідини при надлишковому тиску (0,02 - 0,05)МПа [13].

Таким чином, необхідно порівняти наведених продуцентів для одержання пекарських дріжджів, узагальнені дані зображено у вигляді табл. 2.1.

З огляду на інформацію, подану у табл. 2.1, найнижчий рівень біомаси синтезує *S. cerevisiae* NRRL-Y-11857 (70 г/л), у той час як інші продуценти утворювали на 59 та 110 грамів більше цільового продукту відповідно.

Однак склад поживних середовищ у всіх варіантах відрізняється, тому цих даних недостатньо для чіткого порівняння продуцентів. У зв'язку з цим, на наступній стадії необхідно вирахувати та порівняти вартість поживних середовищ для культивування даних дріжджів (табл. 2.2).

Виходячи з розрахунків, представлених у табл. 2.2, найдешевшим виявилось середовище для культивування *S. cerevisiae* (штам не вказано) [11] – 3,8 грн, його ціна у 5 та 3 рази нижча, ніж вартість середовищ для вирощування інших дріжджових продуцентів відповідно. Однак цих даних

також недостатньо для вибору найкращого продуцента біомаси для отримання хлібопекарських дріжджів.

Тому на останньому етапі слід вирахувати умовну вартість 1 г цільового продукту – біомаси (див. табл. 2.3).

Порівняльна характеристика продуцентів для отримання хлібопекарських дріжджів

Біологічний агент	Склад поживного середовища, г/л	Концентрація біомаси, г/л	Тривалість процесу, год	Особливості процесу біосинтезу	Література
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (штам не вказано)	Меляса – 287; (NH ₄) ₂ SO ₄ – 11,52; (NH ₄) ₂ HPO ₄ – 3,32; KCl – 2,43; Біотин – 1.220 (1220 мг).	129	15	Температура 28-30 °С, рН 4,6	Патент РФ № 2405820 С12N1/18 Способ изготовления сухих дрожжей / Березин Алексей Владимирович (RU). Опубликовано: 10.12.2010 [11].
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> NRRL-Y-11857	Глюкоза – 150 (підживлення); Дріжджовий екстракт – 10 (1%); Пептон – 20 (2%).	70	16	Температура 30 °С, рН 5,5, витрата повітря 0,1 л/л, режим перемішування 400 об/хв	Chopda Viki R., Rathore Anurag S., Gomes James Maximizing biomass concentration in baker's yeast process by using a decoupled geometric controller for substrate and dissolved oxygen. <i>Bioresource Technology</i> . 2015, 196: 160–168. doi:10.1016/j.biortech.2015.07.050 [12].
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (штам не вказано)	Меляса – 35 (початкова)/ 500 (загальна); KCl – 9,5; (NH ₄) ₂ HPO ₄ – 10; MgSO ₄ – 0,5; (NH ₄) ₂ SO ₄ – 200.	180	14	Температура 31 ± 1°С, рН 5,0 - 5,5, витрата повітря 1000 м ³ /год; підживлення порціями по 35 г/л кожену годину	Патент України № 26000. Спосіб вирощування хлібопекарських дріжджів / Зохнюк В.М., Черьомухін І. К., Суліма Т. В., Лужков О. М., Левіт Х. Д. Опубл. 26.02.1999 [13].

**Вартість поживних середовищ для отримання хлібопекарських
дріжджів**

Продуцент	Компонент поживного середовища, г/л	Ціна компонента, грн/кг	Вартість компонента (грн) на 1 л середовища	Джерело інформації (1,2,3)*
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (штам не вказано)	Меляса – 287;	20	5,74	1
	(NH ₄) ₂ SO ₄ – 11,52;	14,8	0,17	2
	(NH ₄) ₂ HPO ₄ – 3,32;	82	0,27	3
	KCl – 2,43;	40	0,097	4
	Біотин – 1,220.	1970	2,4034	5
Вартість 1 л середовища становить – 8,68 грн				
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> NRRL-Y-11857	Глюкоза – 150;	18	2,7	6
	Дріжджовий екстракт – 10;	1100	11	7
	Пептон – 20.	266,1	5,3	8
Вартість 1 л середовища становить – 19 грн				
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (штам не вказано)	Меляса – 500	20	10	1
	KCl – 9,5	40	0,4	4
	(NH ₄) ₂ HPO ₄ – 10	82	0,8	3
	MgSO ₄ x 7H ₂ O – 0,5	11	0,005	9
	(NH ₄) ₂ SO ₄ – 200	14,8	2,96	2
Вартість 1 л середовища становить – 14,16 грн				

Примітка: * – ціни наведено з урахуванням ПДВ станом на травень 2022 року

1 – <https://flagma.ua/uk/patoka-melassa-sveklovichnaya-o4619959.html>

2 – <https://flagma.ua/sulfat-ammoniya-kristal-o13639689.html>

3 – https://systopt.all.biz/ammoniya-fosfat-g1113568#shipping_option

4 – <https://prom.ua/p907647978-kalij-hloristyj-melkozernistyj.html>

5 – <https://soda.kiev.ua/p378876474-vitamin-biotin.html>

6 – <https://kiev.flagma.ua/glyukoza-dekstroza-o2394980.html>

7 – <https://prom.ua/p1086437845-ekstrakt-drozhzhej.html>

8 – [https://russian.alibaba.com/p-detail/Manufacturer-](https://russian.alibaba.com/p-detail/Manufacturer-60735200013.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.686f6aeaqWNOx4)

[60735200013.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.686f6aeaqWNOx4](https://russian.alibaba.com/p-detail/Manufacturer-60735200013.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.686f6aeaqWNOx4)

9 – <https://flagma.ua/magniy-ternokisly-sulfat-magniya-o2616951.html>

Умовна вартість 1 г біомаси для отримання хлібопекарських дріжджів

Продуцент	Вартість 1 л середовища, грн	Концентрація біомаси, г/л	Умовна вартість 1 г біомаси, грн	Тривалість культивування, год	Кількість біомаси, синтезованої за год, г/л
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (штам не вказано)	8.68	129	0,08	15	8,6
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> NRRL-Y-11857	19	70	0,27	16	4,3
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (штам не вказано)	14,16	180	0,07	14	12,8

За розрахунками таблиці 2.3, найнижчою виявилась умовна ціна 1 г біомаси при вирощуванні першого та третього штамів *S. cerevisiae* (штам не вказано) – 0,03 та 0,07 грн відповідно, а найдорожчим виявився 1 г біомаси, продукуюваної штамом NRRL-Y-11857 (0,27 грн). Показник кількості біомаси, синтезованої за годину, був найвищим у третього штаму *S. cerevisiae* (штам не вказано) [13], оскільки становив 12,8 г/л і був вищим, у порівнянні зі значеннями для інших продуцентів.

Таким чином, з огляду на найнижчу вартість поживного середовища, найвищий рівень синтезу біомаси та оптимальну тривалість культивування, для отримання хлібопекарських дріжджів найкращим дріжджовим продуцентом є *S. cerevisiae* (штам не вказано) [13].

2.2. Перевірочний розрахунок складу поживного середовища

Процес культивування триває 14 год, концентрація біомаси при цьому становить 180 г/л.

Розрахунок кількості джерела вуглецю у поживному середовищі

Так як цільовим продуктом є біомаса, розрахуємо потреби для її синтезу. Так, у біомасі вміст Карбону становить 50%, тоді вміст Карбону у 180 г біомаси становить $180 \times 0,5 = 90$ г. Така кількість Карбону міститься у

$(50 \times 180)/40 = 225$ г вуглеводів.

Так як у мелясі міститься 50 % вуглеводів, то для одержання 180 г біомаси, вміст меляси в середовищі має бути $225 \times 2 = 450$ г/л. Зважаючи на те, що 40% субстрату йде на «холосте окиснення», для отримання 180 г/л біомаси в середовище слід додати $(450 \times 0,4) + 450 = 630$ г/л меляси (63%).

Таким чином, загальна кількість меляси в середовищі, що треба для отримання біомаси 180 г/л має становити близько 630 г/л (63%).

Зазначимо, що така кількість не вноситься одразу в середовище, зазвичай початкова кількість меляси в середовищі має бути орієнтовно 60 г/л, а решту необхідно вносити певними порціями через задані проміжки часу (дробне підживлення). Склад розчину для підживлення та кількість порцій представлено нижче.

Розрахунок кількості джерела азоту у поживному середовищі

Нехай у біомасі вміст Нітрогену становить 10%, то у 180 г біомаси міститься 18 г за елементом N. Середовище для отримання хлібопекарських дріжджів культивуванням *S. cerevisiae* містить в якості джерела азоту діамоній фосфат; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

Вирахуємо кількість діамоній фосфату, необхідного для отримання 180 г /л біомаси. Молекулярна маса $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ складає 132,06 г/моль. Тоді у 132,06 г діамоній фосфату міститься 28 г Нітрогену, то 18 г Нітрогену буде міститися у $(132,06 \times 18)/ 28 = 84$ г солі.

Також у середовищі наявний амоній сульфат в якості джерела азоту. Розрахуємо кількість амоній сульфату, необхідного для отримання 180 г /л біомаси. Молекулярна маса $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ складає 132 г/моль. Тоді у 132 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ міститься 28 г Нітрогену, то 18 г Нітрогену буде міститися у $(132 \times 18)/ 28 = 84,8$ г цієї солі.

Для отримання 180 г/л біомаси кількість $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ повинна складати 84 та 84,8 г/л відповідно.

Також Нітроген входить до складу меляси і становить (0,5 % до маси сухих речовин). Слід розрахувати кількість Нітрогену, що знаходиться у 630

г меляси. Вміст сухих речовин у мелясі становить 75 %, тобто у 630 г меляси міститься $630 \times 0,75 = 472,5$ г сухих речовин. Тоді вміст амінного Нітрогену в мелясі складає $(0,5 \times 472,5) / 100 = 2,36$ г. Кількість Нітрогену, що треба для синтезу біомаси становить 18 г/л. Зважаючи на врахування Нітрогену, що знаходиться в мелясі, у середовище необхідно додати $18 - 2,36 = 15,64$ г/л цього елемента у формі мінеральних солей.

Розрахунок кількості мінерального джерела азоту

Оскільки джерелом мінерального Нітрогену в середовищі культивування продуцента біомаси хлібопекарських дріжджів є діамоній фосфат та сульфат амонію, то для забезпечення бактерій Нітрогеном (15,64 г/л), концентрація цих солей повинна становити:

$$1) (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 : (132,06 \times 15,64) / 28 = 73,76 \text{ г/л.}$$

$$2) (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : (132 \times 15,64) / 28 = 73,73 \text{ г/л.}$$

Для отримання біомаси хлібопекарських дріжджів у кількості 180 г/л вміст вищезазначених джерел Нітрогену має становити 73,76 та 73,73 г/л відповідно. Така концентрація солей не може бути внесена одразу, слід передбачити підготовку підживлюючого розчину (мелясно-сольове підживлення) в ході виробничого біосинтезу цільового продукту.

Розрахунок мелясно-сольового підживлення

У вигляді підживлення в середовище культивування біомаси хлібопекарських дріжджів слід додати 570 г/л меляси, 73,76 та 73,73 г/л діамоній фосфату та сульфат амонію відповідно. Культивування проходить протягом 14 годин. Нехай підживлення буде здійснюватись щогодинно. Зважаючи на це, кількість доз підживлюючого розчину становить $(14-1)/1=13$. Тоді з кожною дозою підживлення у поживне середовище необхідно додавати $570/13= 44$ г/л меляси, $73,76/13= 5,6$ г/л діамоній фосфату та $73,73/13= 5,6$ г/л сульфату амонію відповідно.

Розрахунок кількості Фосфору у поживному середовищі

За елементом Р, у складі біомаси знаходиться близько 3 % Фосфору. Тоді для синтезу 180 г/л біомаси кількість Фосфору в середовищі має бути

$180 \times 0,03 = 5,4$ г/л. Джерелом Фосфору для одержання біомаси хлібопекарських дріжджів є $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Молекулярна маса $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ складає 132,06 г/моль. Тоді у 132,06 г діамоній фосфату знаходиться 30,9 г Фосфору (P), тоді 5,4 г Фосфору буде міститись у $(132,06 \times 5,4)/30,9 = 23$ г цієї солі.

Для отримання 180 г/л біомаси кількість $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ має складати 23 г/л.

Інші складові поживного середовища

Джерелами таких необхідних для росту дріжджів елементів, як Магній, Кальцій і Ферум є меляса. Також до складу меляси входять необхідні для росту дріжджів ростові фактори.

Розрахунок кількості аміачної води для підтримки рН культуральної рідини

Далі слід розрахувати кількість аміачної води, необхідної для нейтралізації рН культуральної рідини за час від початку вирощування дріжджів до додавання першої дози підживлення. Значення рН змінюється в цей проміжок часу з огляду на асиміляцію джерел азоту в середовищі.

Внаслідок споживання дріжджами амонійного джерела Нітрогену – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ та $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ відбувається підкислення культуральної рідини (іони амонію транспортуються у клітину антипортом з протоном), а споживання органічного Нітрогену зумовлює підлужнення. Кількість органічного Нітрогену у середовищі у 60 г/л меляси становить 0,23 г/л.

Приймаємо, що що підлужнення в результаті споживання 0,23 г/л органічного азоту буде компенсуватись підкисленням в результаті споживання 0,23 г/л амонійного Нітрогену. Так як амонійний Нітроген представлено діамоній фосфатом та амоній сульфатом, а їх молекулярна маса практично однакова, 0,23 г амонійного Нітрогену міститься у $(132 \times 0,23) / 28 = 1,08$ г цих солей (кожна по 0,54 г).

Таким чином, аміачна вода буде витратиться на нейтралізацію кислоти, що утвориться при споживанні $73,76 - 0,54 = 73,22$ г, або $73,22 / 132 = 0,55$

моль діамоній фосфату; а також $73,73 - 0,54 = 73,19$ г, або $73,19 / 132 = 0,55$ моль сульфату амонію.

При асиміляції дріжджами цієї кількості амонійного Нітрогену виділиться 1,1 моль протонів, для нейтралізації яких потрібно 1,1 моль NH_4OH .

Тоді, оскільки у середовище додатково вноситься джерело азотного живлення (NH_4OH), то кількість амоній сульфату у складі підживлювального розчину може бути знижена на 1,1 моль, тобто на $73,73 \times 1,1 = 81,1$ г/л.

Таблиця 2.4

Склад поживного середовища для отримання хлібопекарських дріжджів

Компоненти поживного середовища	Вміст, г/л			
	Сумарний	Початковий	У м'ясо-сольовому підживлювальному розчині	В одній порції підживлення
М'яса	630	60	570	44
KCl	9,5	9,5	-	-
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	73,76	5,6	73,76	5,6
MgSO_4	0,5	0,5	-	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	73,73	5,6	73,73	5,6

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1. Потреба у цільовому продукті

Запропоновано спосіб біосинтезу хлібопекарських дріжджів при вирощуванні *Saccharomyces cerevisiae* для забезпечення річної потреби хлібом третини населення України.

Обґрунтування потреби у хлібопекарських дріжджах

У хлібопекарському виробництві використовують хлібопекарські дріжджі пресовані, сушені та дріжджове молоко. Дріжджі є одноклітинними мікроорганізмами, що розмножуються брунькуванням, належать до класу грибів. У виробництві хлібопекарських дріжджів використовують дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae*. В одному грамі пресованих дріжджів міститься 15 млрд дріжджових клітин [14].

Дріжджова клітина містить комплекс ферментів, які обумовлюють всі функції життєдіяльності, в тому числі розмноження і бродіння. Ендогенні ферменти дріжджової клітини проявляють свою діяльність усередині клітини, інтенсифікують хімічні реакції, що лежать в основі дихання, бродіння. Серед ферментів хлібопекарських дріжджів найбільше значення має мальтаза (α-глюкозидаза). Цей фермент розщеплює α-глюкозидазний зв'язок у дисахариді мальтозі, яка є основним цукром тіста, на дві молекули глюкози, що легко засвоюються дріжджами. Протеази дріжджів здатні впливати на білковий комплекс тіста, послаблюючи його структуру.

Ферментативна здатність хлібопекарських дріжджів є одним із основних показників їх якості. Для оцінки здатності дріжджів зброджувати цукри тіста визначають їх зимазну і мальтазну активність. Ці показники визначають за швидкістю зброджування дріжджами глюкози і мальтози і виражають терміном (у хвиликах), необхідним для виділення 20 мл CO₂ 1 г дріжджів у 4-5 %-ному розчині глюкози (зимазна активність) або мальтози

					НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування		
Розроб.		Кравченко В.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Резніченко Ю.М.				31	8
Реценз.					Кафедра БТМ		
Н. Контр.							
Затверд.		Стабніков В.П.					

(мальтазна активність). Хороші дріжджі мають зимазну активність — до 70 хв, мальтазну — не більше 100- 110 хв.

Оптимальною для життєдіяльності дріжджів є температура 27-33 °С. При 36 °С уповільнюється швидкість розмноження дріжджів, а при 40 °С практично призупиняється. Бродильна активність їх інтенсифікується при 37-40 °С, після чого різко падає. При температурі 45-50°С дріжджі припиняють життєдіяльність.

Хороші дріжджі повинні мати високу бродильну активність, швидко зброджувати цукри тіста, мати низьку осмочутливість, добре переносити високі концентрації солі та цукру в тісті, мати високу стійкість при зберіганні. Комплексним показником їх якості є підйомна сила. Вона обумовлюється активністю комплексу ферментів, що викликають спиртове бродіння. Хлібопекарські дріжджі, які відповідають вимогам стандарту, мають сіруватий з жовтуватим відтінком колір, щільну консистенцію, притаманний дріжджам запах. Вологість їх має бути не більше 75 %, підйомна сила не більше 70 хв, кислотність 100 г дріжджів, в день вироблення заводом, повинна бути не більше 120, а після 12 діб зберігання при 0-4 °С - не більше 300 мг оцтової кислоти [14].

Хліб вважається одним з основних продуктів харчування населення України. А в умовах економічної кризи його роль у забезпеченні організму людини основними поживними речовинами значно зросла. Традиційно українці споживають багато хлібобулочних виробів, віддаючи перевагу хлібові з житнього борошна і суміші його з пшеничним (близько 40 % асортименту споживання) та з пшеничного сортового борошна (близько 30 %) [15].

Однак до сьогодні не існує єдиної думки щодо норми добового споживання хлібобулочних виробів населенням України. Зокрема, у літературі зустрічаються цифри 120, 350, 400 і навіть 450 г на добу. Єдиною законодавчо затвердженою цифрою є норма, закладена у “споживчому кошику”, що становить 101 кг на рік (277 г на добу).

У Німеччині ця норма становить 227 г, у Великобританії – 133, у Канаді та США – 92, а у Японії – лише 88 г на добу. Справді, це може свідчити про високі прибутки громадян, які купують менше хліба за рахунок овочево-фруктової, молочної та м'ясної продукції. Однак не варто забувати і про велике значення хлібобулочних виробів у задоволенні основних харчових потреб організму людини. Недаремно Всесвітня організація охорони здоров'я ООН рекомендує норму споживання хлібних виробів у 330 г на добу [15].

3.2. Розрахунок потужності виробництва

Згідно даних статистики України, оцінка чисельності населення України на 1 січня 2023 року складала близько 28 млн осіб, якщо брати Україну в кордонах 1 січня 2022 року [16]. Після закінчення війни очікується, що до складу України будуть повернені Луганська та Донецька область, на території яких буде побудовано підприємства, які будуть забезпечувати населення цих областей хлібобулочними виробами. На 1 січня 2022 р. на окупованих територіях Донецької і Луганської областей проживало 3 785 000 осіб [16].

Буханець хліба повинен важити 680 г з можливим відхиленням у 3 % від загальної маси виробу, тобто вага формового хліба має бути від 680 до 720 г. В середньому ж буханець звичайного чорного хліба важить приблизно 700 г [17].

Приймаємо, що будемо забезпечувати хлібом жителів Донецької і Луганської областей де буде проживати після звершення бойових дій приблизно 4 млн осіб.

Якщо норма споживання хліба для 1 людини на день становить 330 г (0,3 кг), то 3,785 млн осіб щоденно споживають:

$$3\,785\,000 \times 0,33 = 1\,249\,050 \text{ кг} = 1\,249 \text{ тонн хліба}$$

Річна потреба в хлібі для 3 785 000 млн осіб становить:

$$1\,249 \times 365 = 455\,855 \text{ тонн.}$$

Ми будемо забезпечувати не для 100% населення, а тільки для 10%.
Тому нам потрібно буде виробити тільки для 45 585 тонн

Для 1 буханки хліба масою 0,7 кг (0,0007 т) необхідно близько 20 г (0,02 кг) пресованих дріжджів складає:

$$7 \cdot 10^{-4} \text{ т} - 2 \cdot 10^{-6} \text{ т}$$

$$455\,855 - x$$

$$x = 455\,855 \cdot 2 \cdot 10^{-6} / 7 \cdot 10^{-4} = 1302,44 \text{ т дріжджів}$$

Округляємо до цілого $G_{\text{гп}} = 1303 \text{ т}$

Таким чином, для забезпечення 10% річної потреби у хлібі для Луганської і Донецької областей 45 585 т/рік необхідна кількість хлібопекарських дріжджів становить 1303 тонн на рік

3.3. Розрахунок об'єму ферментера і кількості виробничих циклів

В ході культивування *Saccharomyces cerevisiae* синтезує 180 г/л біомаси.

Вихідні дані для розрахунку:

Річна потужність підприємства, кг/рік;	$G_{\text{гп}} = 1\,303\,000$
Кількість робочих днів у рік	$T_{\text{рд}} = 80$
Концентрація біомаси в КР, г/л	$X_{\text{кр}} = 180$
Вміст сухих речовин (СР) в готовому продукті, частка (дріджі 75% вологості)	$СР_{\text{гп}} = 0,25$
Час виробничого циклу, год	$T_{\text{цк}} = 20$
Коефіцієнт запасу (втрати культуральної рідини від нестерильних операцій), частка	$K_1 = 1,1$
Коефіцієнт заповнення ферментера, частка:	$K_{\text{ф}} = 0,6$
Сумарні втрати при виділенні готового продукту (сума всіх втрат по стадіям виділення готового продукту), частка	$E_{\text{св}} = 0,1$
Втрати культуральної рідини при біосинтезі (крапевинос за рахунок аерації)	$E_{\text{кр}} = 0,1$

1. Кількість виробничих циклів (ферментацій) на рік

$$N_{\text{цк}} = 24 \times K_1 \times T_{\text{рд}} / T_{\text{цф}} = 24 \cdot 1,1 \cdot 80 / 20 = 79,2 \text{ цикли}$$

Округляємо до цілого в більшу сторону $N_{\text{цк}} = 80$ циклів

2. Кількість продукту за цикл,

$$G_{\text{цк}} = G_{\text{гп}} / N_{\text{цк}} = 1303\ 000 / 80 = 16\ 288 \text{ кг /цикл}$$

3. Об'єм КР, що зливається за одну ферментацію (цикл) з урахуванням втрат при виділенні Есв,

$$V_{\text{кр}} = G_{\text{цк}} \cdot \text{CP}_{\text{гп}} / (X_{\text{кр}} \cdot (1 - E_{\text{св}})) = 16\ 288 \cdot 0,25 / (180 \cdot (1 - 0,1)) = 27,6 \text{ м}^3$$

4. Визначаємо робочий об'єм ферментера $V_{\text{рф}}$,

$$V_{\text{рф}} = V_{\text{кр}} / (1 - E_{\text{кр}}) = 27,6 / (1 - 0,1) = 30,7 \text{ м}^3$$

5. Приблизний геометричний об'єм ферментера $V_{\text{пф}}$,

$$V_{\text{пф}} = V_{\text{рф}} / K_3 = 30,7 / 0,6 = 51,2 \text{ м}^3$$

З таблиці Додатку 4 вибираємо найближчий за об'ємом ферментер,

$$V_{\text{гф}} = 50,0 \text{ м}^3$$

6. Уточнюємо коефіцієнт заповнення $K_{\text{уз}}$, частка

$$K_{\text{уз}} = V_{\text{рф}} / V_{\text{гф}} = 30,7 / 50,0 = 0,61$$

Перевірене значення $K_{\text{уз}}$ відповідає вибраному діапазону для ферментера з аерацією - 0,5 - 0,65

3.4. Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу

Розрахунок кількості стадій отримання посівного матеріалу для вирощування культури у ферментері 50 м³

За виробничий цикл отримують $V_{\text{кр}} = 27,6 \text{ м}^3$ культуральної рідини.

Кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед виробничим біосинтезом (з урахуванням втрат в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря (10%)) становитиме:

$$V_{\text{роб.1}} = \frac{V_{\text{кр}}}{1 - E_{\text{ф}}} = \frac{27600}{1 - 0,1} \approx 30\ 555 \text{ л}$$

де $E_{\text{ф}}$ – втрати культуральної рідини під час біосинтезу.

Виробничий біосинтез здійснюють у ферментері з робочим об'ємом $V_{роб.1} = 30\ 555$ л.

При вибраному коефіцієнті заповнення $K_{зан} = 0,6$ можливий геометричний об'єм ферментера $V_{ф.1} = 30\ 555/0,6 = 50\ 925$ л. Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{сф} = 50\ м^3$ та уточнюємо прийнятий раніше коефіцієнт заповнення:

$$K_{зап.1} = \frac{V_{роб.1}}{V_{сф}} = \frac{30\ 555}{50\ 000} = 0,61$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах.

Кількість посівного матеріалу для ферментера становить 10% від об'єму поживного середовища. Тоді кількість поживного середовища у ферментері становитиме:

$$V_{пс1} = \frac{V_{роб.1}}{1+X_{ф}} = \frac{30\ 555}{1+0,1} = 27\ 777\ л$$

де $X_{ф}$ – доза посівного матеріалу для ферментера.

Кількість посівного матеріалу для ферментера становить:

$$V_{пм1} = V_{роб.1} - V_{пс1} = 30\ 555 - 27\ 777 = 2\ 778\ л$$

Розрахунок кількості посівного матеріалу для вирощування культури в інокуляторі $5\ м^3$

Для одержання 2778 л посівного матеріалу кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед культивуванням в інокуляторі (з урахуванням втрат в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря) становитиме:

$$V_{роб.2} = \frac{V_{пм1}}{1-E_{ін}} = \frac{2\ 778}{1-0,1} = 3\ 086\ л$$

Можливий геометричний об'єм інокулятора $V_{ін.} = 3\ 086/0,6 = 5\ 143$ л. Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний інокулятор $V_{сін} = 5\ 000$ л та уточнюємо прийнятий раніше коефіцієнт заповнення:

$$K_{зап.2} = \frac{V_{роб.2}}{V_{сін}} = \frac{3\ 086}{5\ 000} = 0,62$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах.

Кількість поживного середовища в інокуляторі становитиме:

$$V_{\text{пс}2} = \frac{V_{\text{роб.2}}}{1 + X_{\text{ін}}} = \frac{3086}{1 + 0,1} = 2\,805 \text{ л}$$

Тоді кількість посівного матеріалу для інокулятора становить:

$$V_{\text{пм}2} = V_{\text{роб.2}} - V_{\text{пс}2} = 3086 - 2\,805 = 281 \text{ л}$$

Розрахунок кількості посівного матеріалу для вирощування культури в інокуляторі 500 л

Для одержання 281 л посівного матеріалу кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед культивуванням в інокуляторі (з урахуванням втрат в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря) становитиме:

$$V_{\text{роб.3}} = \frac{V_{\text{пм}2}}{1 - E_{\text{ін}}} = \frac{281}{1 - 0,1} = 312 \text{ л}$$

Можливий геометричний об'єм інокулятора $V_{\text{ін.}} = 281/0,6 = 468 \text{ л}$.
Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний інокулятор $V_{\text{сін}} = 500 \text{ л}$ та уточнюємо прийнятий раніше коефіцієнт заповнення:

$$K_{\text{зап.3}} = \frac{V_{\text{роб.3}}}{V_{\text{сін}}} = \frac{312}{500} = 0,56$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах.

Кількість поживного середовища в інокуляторі становитиме:

$$V_{\text{пс}3} = \frac{V_{\text{роб.3}}}{1 + X_{\text{ін}}} = \frac{312}{1 + 0,1} = 283 \text{ л}$$

Тоді кількість посівного матеріалу для інокулятора становить:

$$V_{\text{пм}3} = V_{\text{роб.3}} - V_{\text{пс}3} = 312 - 283 = 29 \text{ л}$$

Розрахунок кількості посівного матеріалу для вирощування культури в інокуляторі 50 л

Для одержання 29 л посівного матеріалу кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед культивуванням в інокуляторі (з урахуванням втрат в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря) становитиме:

$$V_{\text{роб.4}} = \frac{V_{\text{пм}3}}{1 - E_{\text{ін}}} = \frac{29}{1 - 0,1} = 32,2 \text{ л}$$

Можливий геометричний об'єм інокулятора $V_{ін.} = 32,2/0,6 = 53,6$ л.
Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний інокулятор $V_{сін} = 50$ л та уточнюємо прийнятий раніше коефіцієнт заповнення:

$$K_{зап.4} = \frac{V_{роб.4}}{V_{сін}} = \frac{32,2}{50} = 0,64$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах.

Кількість поживного середовища в інокуляторі становитиме:

$$V_{пс4} = \frac{V_{роб.4}}{1 + X_{ін}} = \frac{32,2}{1+0,1} = 29,2 \text{ л}$$

Тоді кількість посівного матеріалу для інокулятора становить:

$$V_{пм4} = V_{роб.4} - V_{пс4} = 32,2 - 29,2 = 3 \text{ л}$$

Розрахунок кількості посівного матеріалу для вирощування культури в інокуляторі 5 л

Для одержання 3 л посівного матеріалу кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед культивуванням в інокуляторі (з урахуванням втрат в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря) становитиме:

$$V_{роб.5} = \frac{V_{пм5}}{1 - E_{ін}} = \frac{3}{1-0,1} = 3,3 \text{ л}$$

Можливий геометричний об'єм інокулятора $V_{ін.} = 3,3/0,6 = 5,5$ л.
Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний інокулятор $V_{сін} = 5$ л та уточнюємо прийнятий раніше коефіцієнт заповнення:

$$K_{зап.5} = \frac{V_{роб.5}}{V_{сін}} = \frac{3,3}{5} = 0,66$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах.

Кількість поживного середовища в інокуляторі становитиме:

$$V_{пс5} = \frac{V_{роб.5}}{1 + X_{ін}} = \frac{3,3}{1+0,1} = 3 \text{ л}$$

Тоді кількість посівного матеріалу для інокулятора становить:

$$V_{пм5} = V_{роб.5} - V_{пс5} = 3,3 - 3 = 0,3 \text{ л}$$

Розрахунок кількості посівного матеріалу для вирощування культури в колбах на качалці

Для одержання 0,3 л посівного матеріалу використовують качалочні колби об'ємом 750 мл, коефіцієнт їх заповнення становить $K_{зк} = 0,2$. Кількість колб становитиме:

$$N_{\text{колб}} = \frac{V_{\text{пм5}}}{V_{\text{колб}} \times K_{зк}} = \frac{300}{750 \times 0,2} = 2 \text{ шт}$$

Отже, для одержання інокуляту в колбах на качалці необхідно 2 колби.

Таким чином, отримання інокуляту для проведення виробничого біосинтезу хлібопекарських дріжджів *S. cerevisiae* у ферментері об'ємом 50 м³ з коефіцієнтом заповнення 0,6 буде проходити у п'ять стадій.

РОЗДІЛ 4. БІОСИНТЕЗ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ

4.1. Шляхи катаболізму ростового субстрату у біологічного агента

Ростовим субстратом для біосинтезу біомаси хлібопекарських дріжджів за допомогою *Saccharomyces cerevisiae* є глюкоза [18, 19].

Першою стадією збродження глюкози є гліколіз (шлях Ембдена — Мейергофа — Парнаса). Даний процес є одним з трьох універсальних шляхів катаболізму глюкози, що протікають в живих клітинах.



Ферменти: 1. Фосфоглюкомутаза [КФ:5.4.2.2] 2. Глюкозо-6-фосфат ізомераза [КФ:5.3.1.9] 3. Фруктоза-біфосфат альдолаза, клас II [КФ:4.1.2.13] 4. Гліцеральдегід 3-гідрогеназофосфат (Гліцеральдегід 3-гідрогеназофосфат) [КФ:1.2.1.12] 5. фосфогліцераткіназа [КФ:2.7.2.3] 6. 2,3-бісфосфогліцерат-

НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Кравченко В.В.			
Перевір.	Резніченко Ю.М.			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.	Стабніков В.П.			
Розділ 4. Біосинтез цільового продукту				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			39	26
Кафедра БТМ				

залежна фосфогліцерат-мутаза [КФ:5.4.2.11] 7. Енолаза [ЕС:4.2.1.8.1.11] 8. Піруваткіназа [КФ:2.7.1.40] 9. Піруваткіназа [КФ:2.7.1.40]

4.2. Біотрансформація ростового субстрату у цільовий продукт

Для утворення біомаси *Saccharomyces cerevisiae* необхідно синтезувати чотири важливі складові це – ліпіди, вуглеводи, нуклеотиди та амінокислоти ці компоненти мікроорганізм буде брати із поживного середовища. Основним джерелом вуглецю під час вирощування *S. cerevisiae* є м'яса, що розкладається до глюкози.

D-глюкоза за дії фосфоглюкомутази (КФ 2.7.5.1) перетворюється на глюкозо-6-фосфат. Далі під дією ферменту 3 – глюкозо-6-фосфатізомераза (КФ.5.3.1.9) глюкозо-6-фосфат перетворюється на фруктозо-6-фосфат. Фруктозо-6-фосфат є попередником пептидоглікану – головного компоненту клітинної стінки. Спочатку утворюється глюкозамін-6-фосфат під дією фруктозо-6-фосфату та глутаміну як донору аміногрупи. Далі глюкозамін-6-фосфат перетворюється на інші гексозаміни УДФ-N-ацетилмурамова кислота та УДФ-N-ацетилглюкозамін. Будівельним блоком є комплекс УДФ-N-ацетилмурамова кислота з пентапептидом (УДФ-N-ацетилмураміл-пентапептид), який утворюється послідовним приєднанням активованих амінокислотних залишків L-аланіну, D-глутамату, мезо-діамінопімелату та двох залишків D-аланіну. Утворений комплекс переноситься на ліпідний переносник, цей процес відбувається на внутрішньому боці плазматичної мембрани.

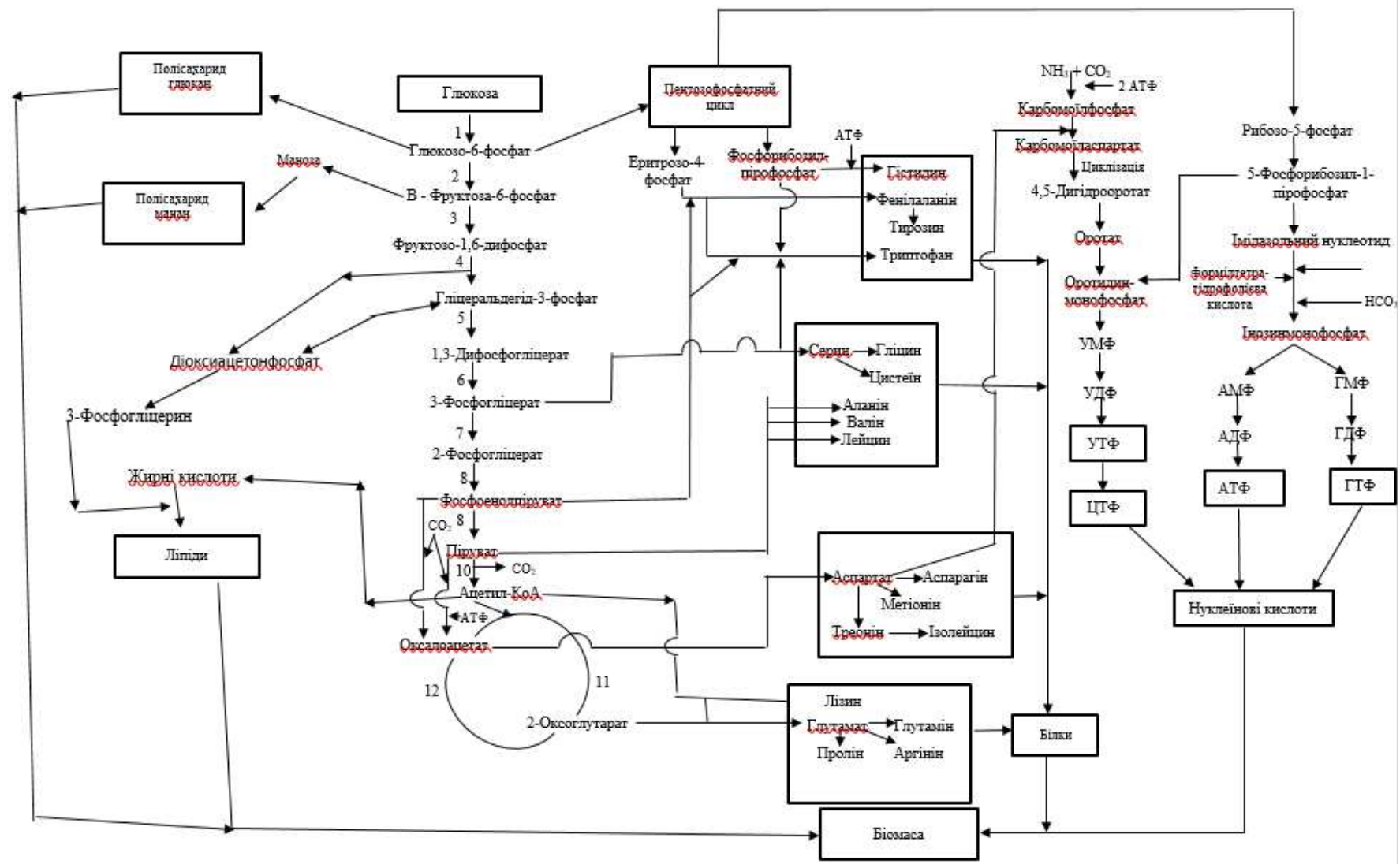
Далі відбувається приєднання N-ацетилглюкозаміну з утворенням зв'язаного з ліпідом-переносником комплексу дисахарид-пентапептид, який переноситься у пери плазму. Ці активовані структурні одиниці спочатку інтегруються у пептидоглікану.

Головним попередником жирних кислот є ацетил-КоА. Через ацетил фосфат піруват за допомогою ферменту фосфотрансацетилаза (КФ.2.3.1.8) перетворюється в ацетил КоА. ацетил КоА в свою чергу перетворюється в ацетил-АПБ та малоніл-КоА, що приймають участь у формуванні жирних

кислот. Кінцевою стадією є утворення бутирил-АПБ із кротоніл-АПБ.

Попередником піримідинових нуклеотидів є карбомуїл фосфат та аспартат. Аспартат утворюється з оксалоацетату, а карбомуїлфосфат з аміаку, вуглекислого газу та двох молекул АТФ. Кінцевим продуктом з якого утворюються піримідинові нуклеотиди є оротидинмонофосфат в утворенні якого приймає участь 5-фосфорибозил-1-пірофосфат, що утворюється у пентозофосфатному циклі. В утворенні пуринових нуклеотидів приймає участь рибозо-5-фосфат, що утворюється також у пентозофосфатному циклі. Кінцевим етапом є утворення інозинмонофосфату.

Попередниками амінокислот є: піруват, фосфоенолпіруват, ацетил-КоА, оксалоацетат, 2-оксоглутарат, 3-фосфогліцерат. У свою чергу піруват приймає участь в утворенні амінокислот: аланін, лейцин, валін; оксалоацетат: аспарагін, метіонін, лізин, треонін, лізин; 2 оксоглутарат: глютамін, глютамін, аргінін, пролін; 3-фосфогліцерат: серин, гліцин, цистеїн.



Ферменти: 1. Фосфоглюкомутаза [КФ:5.4.2.2] 2. Гукозо-6-фосфат ізомераза [КФ:5.3.1.9] 3. Фруктоза-біфосфат альдолаза, клас II [КФ:4.1.2.13] 4. Гліцеральдегід 3-гідрогеназофосфат (Гліцеральдегід 3-гідрогеназофосфат) [КФ:1.2.1.12] 5. фосфогліцераткіназа [КФ:2.7.2.3] 6. 2,3-бісфосфогліцерат-залежна фосфогліцерат-мутаза [КФ:5.4.2.11] 7. Енолаза [ЕС:4.2.1.8.1.11] 8. Піруваткіназа [КФ:2.7.1.40] 9. Піруваткіназа [КФ:2.7.1.40] 10. Компонент піруватдегідрогенази E2 (дигідроліпоамід ацетилтрансфераза) [КФ:2.3.1.12] 11. Ізоцитратдегідрогеназа (НАД+) [КФ:1.1.1.41] 12. Малатдегідрогеназа [КФ:1.1.1.37]

РОЗДІЛ 5. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

5.1. Обґрунтування доферментаційних процесів та виробничого біосинтезу

5.1.1. Обґрунтування способу культивування і типу ферментера

Виходячи з фізіологічних та біохімічних особливостей продуцента цільової сполуки, на наступному етапі слід визначити оптимальні умови для культивування продуцента біомаси хлібопекарських дріжджів. Необхідним завданням є визначення методу культивування, параметрів технологічного процесу, адже дана інформація впливає на подальший вибір апаратів для ферментації.

Дріжджовий продуцент біомаси *Saccharomyces cerevisiae* (штам не вказано) є мезофілом та облігатним аеробом, оскільки зростає при температурі 28-30 °С в кисневих умовах, а оптимальним значенням рН є 4,6. Зважаючи на це, присутній ризик забруднення поживного середовища сторонніми контамінантами, тому необхідною мірою є забезпечення умов асептики при виробничому культивуванні.

Такий підхід неможливо реалізувати при твердофазному способі вирощування, тому культивування продуцента біомаси для одержання хлібопекарських дріжджів слід здійснювати глибинним способом. Забезпечення асептики передбачає проведення стерилізації обладнання, усіх комунікацій, поживного середовища та аераційного повітря, що необхідне для вирощування дріжджового продуцента.

У свою чергу, з метою запобігання потрапляння контамінантів до поживного середовища слід створити надлишковий тиск шляхом подачі стерильного аераційного повітря.

Так як найвищу концентрацію біомаси зафіксували на 12-ту годину

					НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5. Обґрунтування вибору технологічної схеми		
Розроб.		Кравченко В.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Резніченко Ю.М.				44	42
Реценз.					Кафедра БТМ		
Н. Контр.							
Затверд.		Стабніков В.П.					

культивування *S. cerevisiae* (штам не вказано), то для отримання біомаси хлібопекарських дріжджів проведення безперервного способу культивування є недоцільним – у зв'язку з цим обираємо періодичний режим.

Таким чином, процес культивування *S. cerevisiae* (штам не вказано) з метою одержання біомаси хлібопекарських дріжджів буде проходити у періодичному режимі глибинним способом із забезпеченням відповідного режиму аерації та асептичних умов.

Вибір типу ферментера

Як було вже зазначено, на вибір технологічного обладнання впливає ряд чинників, серед яких ключовими є умови культивування продуцента цільового продукту. Тому після встановлення умов та режимів проведення процесу вирощування, а також з урахуванням особливостей продуцента, на наступному етапі слід визначитись із типом ферментера.

Оскільки *S. cerevisiae* потребує у процесі вирощування забезпечення кисневих умов, ферментер повинен бути оснащений барботером для подачі повітря до апарату, а також датчиком контролю розчиненого кисню.

Для кращого розчинення кисню у товщі поживного середовища у ферментер необхідно встановити перемішуючий пристрій. Обираємо найпоширенішу мішалку лопатевого типу з регульованим режимом обертання від 50 до 200 об/хв [20].

Забезпечення підтримки необхідного температурного режиму реалізується шляхом встановлення температурного датчику та рубашки на апаратах.

З метою усунення можливого піноутворення слід передбачити встановлення механічного піногаснику у верхній частині апарату, що згідно команди датчику приходить в рух та усуває піну, що утворилась.

Крім цього, для підтримки значення рН на необхідному рівні 4,6 ферментер має бути оснащений відповідним датчиком контролю рН.

Всім вищезазначеним вимогам відповідає ферментер FXZ10.0 фірми «Міда» об'ємом 10 м³. Апарат виконано із високоякісної сталі за стандартами

GMP, має хорошу стійкість до корозії. Номінальний тиск в ємності 0,25-0,5 МПа, а в рубашці становить 0,3 МПа. Ферментер оснащено сорочкою подачі теплоносія.

Ферментер має діаметр 1800 мм, висоту 5250 мм. Також апарат оснащено штуцером для подачі інокуляту та поживного середовища, крім цього є система виведення відпрацьованих газів та продуктів життєдіяльності, барботер для здійснення аерації у товщу поживного середовища. Присутні також контрольно-вимірювальні датчики для підтримки необхідних параметрів тиску, температури та рН середовища [21].

У зв'язку з вищеподаною інформацією, для одержання біомаси хлібопекарських дріжджів культивуванням *S. cerevisiae* обираємо ферментер FXZ10.0 об'ємом 10 м³.

5.1.2. Обґрунтування вибору стадії підготовки аераційного повітря

Дріжджовий продуцент біомаси *Saccharomyces cerevisiae* (штам не вказано) є облигатним аеробом, оскільки зростає за витрати повітря 1000 м³/год [13]. Зважаючи на це, присутній ризик забруднення поживного середовища сторонніми контамінантами, тому необхідною мірою є забезпечення умов асептики при виробничому культивуванні. Створення асептичних умов включає підготовку та стерилізацію повітря для аерації, стерилізацію композицій поживного середовища, обладнання для ферментації та всіх комунікацій.

Приготування стерильного стисненого повітря для аерації з для подачі його до інокуляторів та ферментера включає наступні етапи:

1. Забір атмосферного повітря. Число мікроорганізмів у повітрі змінюється в залежності від пори року, тому вибір системи очищення повітря проводиться з врахуванням цього явища. Атмосферне повітря забирають повітрозбірником через забірну шахту, на висоті 2-3 м від найвищої точки будівлі, зважаючи на те, що при збільшенні висоти кількість часточок зменшується в повітрі. Для виробництва хлібопекарських дріжджів забір повітря проводять на висоті близько 18 м, оскільки висота ферментера

об'ємом 50 м^3 становить близько 9,8 м, з відкритою кришкою до висоти додається ще її половина, отримуємо близько 14 метрів. Оскільки над ферментером будуть розташовані реактор для меляси, збірники для титрувальних агентів, звідки розчини меляси та титрувальних агентів будуть подаватись до апаратів для вирощування культури самоплином, слід врахувати їх висоту та комунікації, а також простір для обслуговування всього обладнання. Як правило, повітрязбірний пристрій розташовують на відстані 2-3 м від даху будівлі (висота поверху 15 м).

2. Після цього, відібране повітря очищують від великих часток пилу розміром 5-10 мкм. В якості фільтрів попереднього очищення застосовуються губчаті фільтри з модифікованого пінополіуретану. Ефективність уловлювання атмосферного пилу на пінополіуретані становить 50-85 %, його пилоємність складає $0,2 \text{ кг/м}^2$.

3. Далі стабілізують термодинамічні показники повітря стисненням й нагріванням його. На даній стадії підвищується вологість повітря через зміну тиску та температури. Для стиснення й нагнітання повітря використовують поршневі компресори або турбокомпресори (тиск $0,35\text{--}0,5 \text{ МПа}$, температура $120\text{--}250^\circ\text{C}$).

4. На наступній стадії нагріте повітря охолоджують з використанням теплообмінника-охолоджувача та конденсують вологу, що утворилась, у краплезбірнику. Повітря поступає до ресивера для остаточної стабілізації його стану.

5. Після цього повітря очищують в головному фільтрі, на цій стадії використовують волокнисті фільтри. Волокнисті фільтри застосовують для очищення газів і повітря при проведенні технологічних процесів. Початкова концентрація частинок пилу становить до 5 мг/м^3 , розмір частинок - до 5–10 мкм. Для фільтрів застосовують штучні волокна товщиною $0,1\text{--}100 \text{ мкм}$ з полімерних смол (полістирол, перхлорвініл, поліарілат та інші). Швидкість фільтрації складає $0,01\text{--}0,10 \text{ м/с}$ [22].

6. Перед подачею аераційного повітря до інокуляторів та ферментера

проводять його очищення в індивідуальних фільтрах тонкого очищення. Фільтри тонкого очищення – призначені для високоефективного (понад 99%) очищення газу від субмікронного пилу при низькій вхідній концентрації пилу (до 5 мг/м³) і швидкості фільтрації до 0,1 м/с. Такі фільтри застосовують для ультратонкого очищення повітря та інших газів в різних технологіях. Фільтруючий матеріал зазвичай не підлягає регенерації [22]. Прикладом такого фільтра є надвисокоефективні фільтри ULPA типу ФяС-У. Вони мають корпус із спеціального анодованого алюмінієвого профілю, всередині якого розміщується фільтруючий пакет з мініплісованого скловолокнистого фільтруючого матеріалу. Сусідні складки мініплісованого фільтруючого пакета розділяються тонкими пластиковими нитками, що забезпечують високу жорсткість пакета і створюють необхідний зазор між складками проходу повітря. Фільтр класу U15 має ефективність очищення 99,9995% [23].

5.1.3. Вибір мийних та дезінфікуючих засобів

Виробництво хлібопекарських дріжджів при вирощуванні *Saccharomyces cerevisiae* буде проходити протягом 150 днів, реалізація цього процесу включає підготовку наступного обладнання: ферментер об'ємом 50 м³, посівні апарати об'ємом 5 м³, 500, 50 та 5 л, реактори для підготовки та стерилізації компонентів поживного середовища, качалки, лабораторний бокс та інше лабораторне устаткування.

Виробництво хлібопекарських дріжджів буде здійснюватись в таких приміщеннях: цех виробничого біосинтезу, лабораторне приміщення для проведення контрольних операцій з автоклавами, боксом, термостатами, холодильниками, апаратурою для визначення критичних показників при виробництві.

На рис. 5.1 зображено схематичний план приміщення для одержання хлібопекарських дріжджів. План передбачає врахування діаметрів обладнання та відстань між апаратами (не менше 1 м), а також від стін (1-1,5 м).

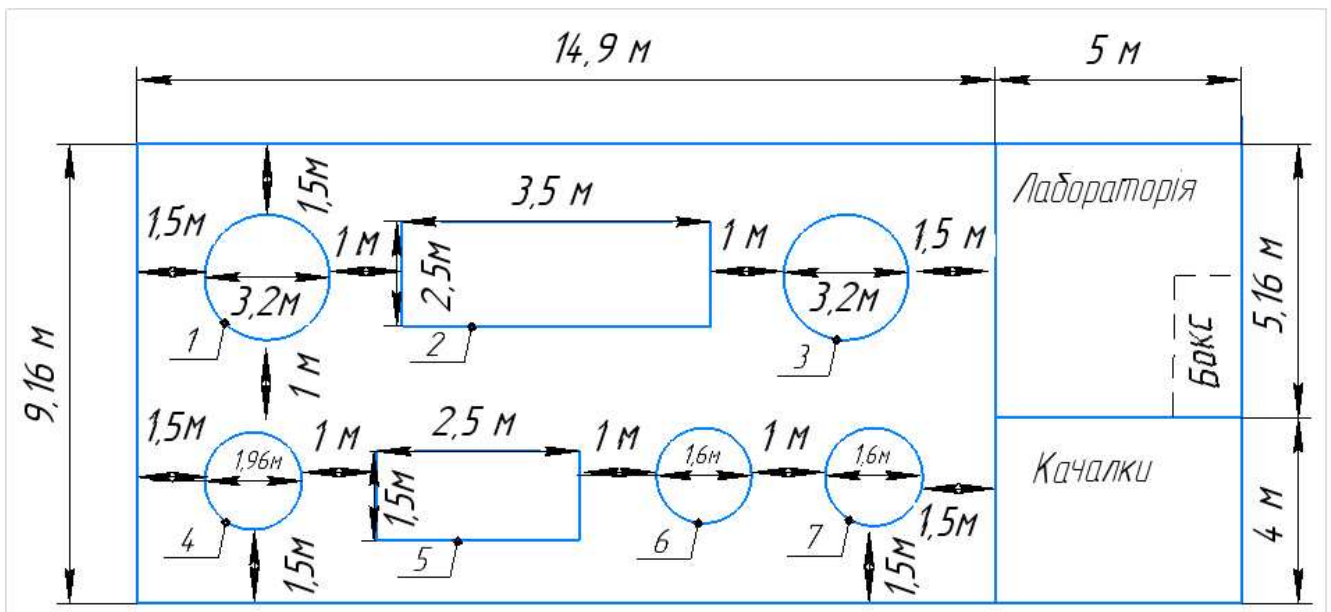


Рис 5.1. Схема приміщення для одержання хлібопекарських дріжджів.

1 – ферментер 50 м³; 2 – установка безперервної стерилізації LXM-50; 3 – реактор для запасного розчину меляси; 4 – інокулятор 5 м³; 5 – установка безперервної стерилізації LXM-5; 6 – інокулятор 500 л; 7 – реактор для розчину сульфату амонію.

Габаритні розміри основного обладнання наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Габаритні розміри основного обладнання для синтезу хлібопекарських дріжджів

Обладнання	Геометричний об'єм, л	Діаметр, м	Висота, м
Реактор для меляси	200	0,6	1,18
Інокулятор 5 л	5	0,4	0,8
Збірник для хлоридної кислоти	100	0,7	1,6
Збірник для аміачної води	100	0,7	1,6
Інокулятор 50 л	50	0,5	1,5
Реактор для розчину сульфату амонію	500	1,6	2,4
Інокулятор 500 л	500	1,6	2,4
Інокулятор 5 м ³	5000	1,96	3,7
Реактор для запасного розчину меляси	50 000	3,2	9,8

Ферментер 50 м ³	50 000	3,2	9,8
Всього	106 455		

Згідно табл. 5.1, загальний об'єм реакторів та апаратів для вирощування посівного матеріалу і виробничого біосинтезу складає 106,455 м³.

Для забезпечення чистоти виробничих приміщень, миття підлоги проводиться щодня, тобто 150 разів. Один раз на місяць здійснюється генеральне прибирання (обробка стін, підлоги, вікон тощо), тобто 2 рази на 150 днів. Для розрахунку кількості мийних засобів розрахуємо приблизну площу обробки мийними та дезінфікуючими засобами з урахуванням площі підлоги виробничого приміщення та площу стін висотою 12 м.

Площа підлоги цеху виробничого біосинтезу становить 136,5 м² (14,9×9,16 м), площа стін – $[(14,9 \times 12) + (9,16 \times 12)] \times 2 = 288,7$ м², загальна площа – $136,5 + 288,7 = 425,2$ м².

При розрахунку площі стін лабораторії та приміщення з качалками приймаємо висоту стін 4 м, оскільки у цих приміщеннях не будуть розташовані великогабаритні апарати.

Розрахунок загальної площі поверхні обробки мийними засобами наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахунок загальної площі стін та підлоги виробничих приміщень

Приміщення	Площа підлоги, м ²	Площа стін, м ²	Загальна площа, м ²
Цех виробничого біосинтезу та отримання інокуляту	136,5	288,7	425,2
Лабораторія	25,8	81,2	107
Приміщення з качалками	20	72	92
Загальна площа	182,3	441,9	624,2

Кількість виробничих циклів для синтезу біомаси хлібопекарських дріжджів становить 180 цикли. Зважаючи на те, що миття обладнання

відбувається перед кожним циклом, кількість процесів миття за весь період виробництва складає 181 з урахуванням додаткового миття після останнього циклу.

Обґрунтування вибору мийних та дезінфікувальних засобів для культивування *Saccharomyces cerevisiae*

Зважаючи на те, що миття ферментера, інокуляторів та збірників можна проводити з використанням циркуляційної СІР-мийки, що сприяє зменшенню витрат мийних засобів, підвищенню якості миття, то кількість мийно-дезінфікуючих засобів для одного циклу становитиме 20% від кожного з об'ємів обладнання. Тоді для миття обладнання необхідно:

$(50\,000 \times 0,2) + (50\,000 \times 0,2) + (5000 \times 0,2) + (500 \times 0,2) + (500 \times 0,2) + (200 \times 0,2) + (100 \times 0,2) + (100 \times 0,2) + (50 \times 0,2) + (5 \times 0,2) = 21291$ л мийного засобу на добу, або $21291 \times 181 = 3853,6$ м³ мийного засобу на рік.

Таблиця 5.3

Розрахунок загальної площі миття та/або дезінфекції оброблюваного об'єкту за весь період виробництва хлібопекарських дріжджів

Об'єкт миття та/або дезінфекції	Площа (об'єм) оброблюваного об'єкту, м ² (м ³)	Кількість процесів миття та/або дезінфекції за весь період виробництва	Загальна площа (об'єм) миття та/або дезінфекції об'єкту за весь період виробництва, м ² (м ³)
Обладнання	106,455	181	19 268,3
Підлога	182,3	150	27 345
Стіни, двері, вікна	441,9	2	883,8

Згідно таблиці 5.3, загальна площа підлоги, стін, дверей та вікон для миття становить : $27345 + 883,8 = 28228,8$ м²

Таблиця 5.4

Узагальнена характеристика витрат мийних та дезінфікуючих засобів для одержання біомаси хлібопекарських дріжджів

Назва мийного/дезінфікуючого засобу (діюча речовина)	Об'єкт миття та дезінфекції	Концентрація робочого розчину	Загальна площа (об'єм) миття та дезінфекції об'єкту за весь період виробництва, м ² (м ³)	Кількість робочого розчину за весь період виробництва, л	Вартість 1 л/кг мийного/дезінфікуючого засобу, грн	Вартість 1 л робочого розчину, грн	Загальна вартість миття та дезінфекції за весь період виробництва, грн
Гембар (полігексаметиленгуанідин фосфат)	Стіни, підлога, вікна, двері	0,1%	28228,8	2822,8	129,15	0,13	366,9
Хлорантоїн (дихлорантин)	Стіни, підлога, вікна, двері	0,2%	28228,8	2822,8	340	0,68	1919,5
Бланідас 300 (натрієва сіль дихлорізоціанурової кислоти)	Стіни, підлога, вікна, двері	0,03 %	28228,8	2822,8	255	0,07	197,6
Перекис водню медичний (50%)	Обладнання	6%	19 268,3	21291	100	6	127 746
Клінісепт (бензалконій хлориду, дідецилдіметиламоній хлориду)	Обладнання	1,5 %	19 268,3	21291	189	2,8	59 614,8

Гембар – економічний препарат для дезінфекції поверхонь, інвентарю і посуду. Не містить луку, альдегіду, фенолу, окислювальних і хлорпохідних сполук. Препарат має пролонговану бактерицидну, фунгіцидну, віруліцидну дію. Інактивує мікроби, в тому числі туберкульозу, грибки, віруси, у тому числі повно-, адено-, гепатиту Б, герпеса, енцефалітний, грипу, ВІЛ та інше [24].

Хлорантоін - хлорактивний, хлорактивний, багатоконпонентний, поліфункціональний дезінфекційний засіб з миючим ефектом. Хлорантоін проявляє високу антимікробну активність стосовно грамнегативних і грампозитивних бактерій(включаючи збудників туберкульозу), вірусів (включаючи збудників поліомієліту, рота- і коронавірусної інфекцій, ентеральних і парентеральних гепатитів, ВІЛ, всіх типів грипу, парагрипу, SARS, аденовірусів і інших збудників ГРВІ, герпесу і інших), грибів і спор (включаючи збудників кандидозів і дерматофітій, сибірської виразки, цвілевих грибів) і особливо небезпечних інфекцій (холера, чума). За дезінфікуючою активністю Хлорантоін перевищує в 5-10 разів звичайні дезінфікуючі засоби та виключає застосування лужних миючих засобів [25].

Перекис водню має антисептичний, дезінфікуючий та гемостатичний ефекти. Перекис водню використовується для дезінфекції поверхонь меблів, сантехнічного обладнання, в клінічних, мікробіологічних та інших лабораторіях; для дезінфекції поверхонь на фармацевтичних підприємствах [26].

Клінісепт – комбінований концентрат (робочі розчини 0,75-2,5%) для дезінфекції та чистки поверхонь та інвентаря, створений на основі четвертинних амонійних солей. Клінісепт – препарат широкого застосування з нейтральним запахом, використовується для дезінфекції та чистки поверхонь всіх видів включаючи підлоги, стіни, санітарно-технічне обладнання, устаткування й апарати з лакофарбовим, гальванічним, полімерним і гумовим покриттям [27].

Властивості засобу Білизна поверхня: економічний; має відмінні миючі властивості; швидко висихає, не залишаючи розводів; знищує неприємний

запах, ароматизуючи повітря; має низький рівень піноутворення. Сфера застосування: у лікувальних установах різного профілю, на підприємствах; фармацевтичної, хімічної, біотехнологічної, мікробіологічної, харчової та переробної та ін [28].

Бланідас 300 – універсальний дезінфікуючий хлорвмісний засіб з широким спектром протимікробної активності (віруліцидна, бактерицидна, туберкулоцидна, фунгіцидна, спороцидна). Призначений для дезінфекції та одночасного миття поверхонь приміщень (підлога, стіни, двері, підвіконня, віконні рами), меблів, предметів обстановки, санітарно-технічного обладнання, спортивного інвентарю тощо; висока ефективність при низьких концентраціях [29].

Таким чином, з огляду на літературні дані та спираючись на практичний досвід організації дезінфекції та підприємствах, для обробки стін, поверхонь, обладнання, дверей, вікон обираємо засіб Бланідас 300, а обладнання, інвентар, комунікації, тара буде піддаватись обробці Клінісептом. Обрані дезінфікуючі засоби є ефективними та економічно вигідними.

5.1.4. Особливості підготовки та стерилізації поживного середовища

Для отримання біомаси хлібопекарських дріжджів культивуванням *S. cerevisiae* (штам не вказано) [13] поживне середовище містить такі компоненти, г/л:

- Меляса – 150;
- KCl – 9,5;
- $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – 10;
- $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5.

Сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ подають у вигляді стерильного 20%-ного розчину в кількості, необхідній для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні. Приток м'ясоного підживлювання у процесі виробничого біосинтезу здійснюють періодично в залежності від швидкості росту дріжджів, концентрації підживлюючого середовища та об'єму культуральної рідини. Аміак водний 25%-ний подають в залежності від зміни

pH.

Процес виробничого культивування дріжджів проводять у ферментері об'ємом 50 м³, коефіцієнт заповнення становить 0,6. Підготовку інокуляту здійснюють у п'ять етапів (в колбах на качалці, інокуляторах 5, 50, 500 та 5000 л).

Стерилізацію м'ясно-сольового середовища для отримання інокуляту в колбах на качалках доцільно провести в автоклаві, зважаючи на незначні об'єми (0,3 л). Стерилізацію композицій середовища для одержання посівного матеріалу в інокуляторах слід здійснити у безпосередньо в апаратах при забезпеченні значення pH у межах 4,0-4,5. Зважаючи на це, варто забезпечити підготовку 6%-го розчину соляної кислоти.

Оскільки у даному поживному середовищі присутня м'яса як джерело вуглецю та енергії, з метою подальшого використання її попередньо піддають освітленню шляхом обробки 1 н розчином сульфатної кислоти (до pH 4,0-4,4), попередньо розбавивши питною водою у пропорції 1:1. Утворений осад відокремлюють центрифугуванням для утвореного осаду, що містить сіль CaSO₄. Далі розрахуємо детальніше, яка кількість кислоти та води піде на підготовку м'яси, виходячи з об'ємів поживного середовища на кожній із стадій.

У поживному середовищі міститься велика кількість м'яси – 130 г/л при отриманні посівного матеріалу в інокуляторах та 150 г/л при виробничому культивуванні дріжджів, таку кількість компоненту одразу не можна подати в середовище, тому при біосинтезі хлібопекарських дріжджів слід подавати м'ясу порціями (дробне підживлення). Для вирощування посівної біомаси в колбах на качалці приймаємо кількість м'яси 50 г/л. Для вирощування посівної біомаси в інокуляторах приймаємо кількість м'яси 130 г/л, 50 г/л буде внесено одразу, а 80 г/л порціями у процесі. Початкова кількість м'яси при виробничому біосинтезі дріжджів також буде 50 г/л, а решту, тобто 150-50=100 г/л, будемо подавати у вигляді підживлюючого розчину.

Для подальшого визначення способу приготування композицій м'ясно-

сольового середовища та необхідним для цього обладнанням (колби, реактори), розрахуємо відповідні кількості компонентів для приготування середовища для кожної технологічної стадії отримання хлібопекарських дріжджів (табл. 5.5).

Відомості, представлені у табл. 5.5, показують, що 6%-й розчин соляної кислоти готують у збірнику об'ємом 100 л. У свою чергу, 25%-й розчин аміачної води для стабілізації рН після стерилізації солей у апаратах, а також для підтримки рН при вирощуванні інокуляту та для виробничого біосинтезу, готують у збірнику об'ємом 100 л. Сульфат амонію подають в середовище у вигляді стерильного 20%-ного розчину, який готують та стерилізують у реакторі 500 л. Мелясу готують та стерилізують окремо у відповідних реакторах (див. табл. 5.5).

Розглянемо розподіл за композиціями, а також особливості підготовки та стерилізації мелясно-сольового середовища для одержання інокуляту та виробничого культивування дріжджів.

Таблиця 5.5

Узагальнені дані щодо кількості та особливостей підготовки компонентів поживного середовища

Об'єм середовища, л	Меляса		Розчин (NH ₄) ₂ SO ₄ (20%)		HCl (6%)		Аміачна вода (25%)		Піногасник D-11 масляний (норма вводу 0,1%)
	Вміст, кг*	Особливість приготування	Вміст, г	Особливість приготування	Об'єм, л	Особливість приготування	Об'єм, л	Ємність для зберігання	
0,3	0,015	У колбі 100 мл	20 г на 100 мл	У колбі 250 мл	-	-	-	-	-
3	0,39	Реактор 200 л	73,2 кг	Реактор 500 л	66,6	Збірник 100 л	66,6**	Збірник 100 л	3 мл
30	3,9								30 мл
300	39								300 мл
3 м ³	390								3 л
30 м ³	4500	Реактор 50 м ³							30 л

Примітки:

*для вирощування посівної біомаси в інокуляторах приймаємо кількість меляси 50 г/л, 80 г/л вносимо у процесі. Початкова кількість меляси при виробничому біосинтезі дріжджів також буде 50 г/л, а решту, тобто 100 г/л вносимо у процесі;

** - кількість амічної води як титрувального агенту вказано з розрахунку 2 мл на 1 л поживного середовища, оскільки в інокуляторах та виробничому ферментері разом міститься 33 333 л середовища, то для підлучення необхідно передбачити 33 333 л × 2 мл = 66,6 л амічної води.

Вирощування інокуляту в колбах на качалці

Розглянувши складові компоненти поживного середовища для отримання біомаси хлібопекарських дріжджів культивуванням *S. cerevisiae*, виходячи з особливостей стерилізації, варто умовно поділити його на наступні композиції:

Композиція А: м'яса (30 хв при температурі 112 °С).

Композиція Б: KCl, MgSO₄ x 7H₂O (40 хв при температурі 131 °С).

Композиція В: (NH₄)₂HPO₄ (40 хв при температурі 131 °С).

Композиція Г: (NH₄)₂SO₄ (40 хв при температурі 131 °С).

На технічних вагах зважують м'ясу, наважку переносять у колбу, додають 0,1 мл 1 н розчину сульфатної кислоти (до рН 4,0-4,4) з розрахунку 2 мл кислоти на 1 л м'яси та 15 мл води питної (оскільки приймаємо, що співвідношення м'яси до води дорівнює 1:1), перемішують, відділяють осад, що містить сіль CaSO₄.

Складові компоненти м'яси (композиція А) потребують більш м'якого режиму стерилізації, порівняно із сольовими компонентами (композиції Б, В та Г).

Крім цього, фосфат амонію готують та стерилізують окремо з метою запобігання утворення нерозчинного фосфату магнію. Запасний 20%-й розчин сульфату амонію, що складає композицію Г, готують та стерилізують в окремій колбі. Всі композиції стерилізують в автоклаві.

Вирощування інокуляту в посівних апаратах 5, 50 та 500 л

Стерилізація 3, 30 та 300 л поживного середовища буде проходити у відповідних інокуляторах, тому композиції солей необхідно об'єднати.

Композиція А: м'яса (30 хв при температурі 112 °С).

Композиція Б: KCl, MgSO₄ x 7H₂O, (NH₄)₂HPO₄ (40 хв при температурі 131°С та рН 4,0-4,5).

Композиція В: (NH₄)₂SO₄ (40 хв при температурі 131 °С).

М'ясу на стадіях вирощування інокуляту в апаратах 5, 50 та 500 л об'єднують, готують та стерилізують в одному реакторі 100 л (див. табл. 5.5). За допомогою об'ємно-вагового дозатора м'ясу подають у збірник, 86,5 мл 1 н

розчину сульфатної кислоти (до рН 4,0-4,4) з розрахунку 2 мл кислоти на 1 л меляси, також води питної у такій кількості, щоб співвідношення меляси до води дорівнювало 1:1 – тобто 43,3 л. Перемішують, відділяють осад, що містить сіль CaSO₄. Після цього проводять стерилізацію протягом 30 хв за температури 112°C. Подають мелясу для кожного інокулятора у розрахованій кількості (детальніше нижче).

Кількості для приготування інших компонентів вказано у таблицях 5.6, 5.7, 5.8.

Складові компоненти меляси (композиція А) потребують більш м'якого режиму стерилізації, порівняно із сольовими компонентами (композиції Б, В).

Солі композиції Б готують в інокуляторах для подальшої стерилізації. Запасний 20%-й розчин сульфату амонію, що складає композицію В, готують та стерилізують в окремому реакторі, звідки надходить до кожного інокулятора.

Таблиця 5.6

Композиції поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 5 л

Компонент	Концентрація, г/л	Вміст компоненту на 3 л, г	Композиція	Об'єм композиції, л
Розчин меляси* (початкова+поточна кількість)		0,29+0,49	А	0,78
Разом		0,78		
КСІ	9,5	28	Б	2,22
MgSO ₄ ×7H ₂ O	0,5	1,5		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	30		
Вода		2		
Конденсат		0,22		
Запасний 20% розчин (NH ₄) ₂ SO ₄ **		10 мл	В	10 мл

* - мелясу готують разом для інокуляторів 5-500 л у реакторі 100 л, тому згідно розрахунку для інокулятора 5 л необхідно подати **0,39 кг меляси+0,39 л води = 0,78 л готового розчину меляси**

** - вказано початкову кількість 20%-го розчину сульфату амонію, в ході культивування слід подавати розчин порційно для підтримки формольного

числа в культуральній рідині на заданому рівні.

Таблиця 5.7

Композиції поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 50 л

Компонент	Концентрація, г/л	Вміст компоненту на 30 л, г	Композиція	Об'єм композиції, л
Розчин меляси* (початкова+поточна кількість)		2,9+4,9	А	7,8
Разом		7,8		
КСІ	9,5	280	Б	22,2
MgSO ₄ ×7H ₂ O	0,5	15		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	300		
Вода		20		
Конденсат		2,2		
Запасний 20% розчин (NH ₄) ₂ SO ₄ **		100 мл	В	100 мл

* - мелясу готують разом для інокуляторів 5-500 л у реакторі 100 л, тому згідно розрахунку для інокулятора 50 л необхідно подати **3,9 кг меляси+3,9 л води = 7,8 л готового розчину меляси**

** - вказано початкову кількість 20%-го розчину сульфату амонію, в ході культивування слід подавати розчин порційно для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні.

Таблиця 5.8

Композиції поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 500 л

Компонент	Концентрація, г/л	Вміст компоненту на 300 л, г	Композиція	Об'єм композиції, л
Розчин меляси* (початкова+поточна кількість)		29+49	А	78
Разом		78		
КСІ	9,5	2800	Б	222
MgSO ₄ ×7H ₂ O	0,5	150		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	3000		
Вода		200		

Конденсат	22		
Запасний 20% розчин (NH ₄) ₂ SO ₄ **	1 л	В	1 л

* - м'яса готують разом для інокуляторів 5-500 л у реакторі 100 л, тому згідно розрахунку для інокулятора 50 л необхідно подати **39 кг м'яса + 39 л води = 78 л готового розчину м'яса**.

** - вказано початкову кількість 20%-го розчину сульфату амонію, в ході культивування слід подавати розчин порційно для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні.

Вирощування інокуляту в посівному апараті 5 м³

Об'єм інокулятора для вирощування посівного матеріалу хлібопекарських дріжджів становить 5 м³, кількість поживного середовища у ньому складає 3 м³.

Зважаючи на це, стерилізацію поживного середовища слід здійснити безперервним способом з використанням установки безперервної стерилізації (УБС). Такий об'єм поживного середовища можна простерилізувати в УБС-5, продуктивністю 5 м³/год [30].

Розрахуємо загальний час стерилізації середовища:

$$\tau = 3/5 = 0,6 \text{ год}$$

Таблиця 5.9

Композиції поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 5 м³

Компонент	Концентрація, г/л	Вміст компонента на 3 м ³ , кг	Композиція	Об'єм композиції, л
М'яса*	50	150	А	2 490
KCl	9,5	28		
MgSO ₄ ×7H ₂ O	0,5	1,5		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	30		
Вода		1710		
Конденсат		30		
Запасний 20% розчин (NH ₄) ₂ SO ₄ **		10	-	10
М'яса*	80	240*	Б	480
Вода		240		

* - для вирощування посівної біомаси в інокуляторі 50 г/л буде внесено одразу, а 80 г/л порціями у процесі.

** - вказано початкову кількість 20%-го розчину сульфату амонію, в ході культивування слід подавати розчин порційно для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні.

Розчин усіх компонентів поживного середовища (меляса, KCl, MgSO₄ x 7H₂O, (NH₄)₂HPO₄), які складають композицію А, слід підготувати в одному реакторі-змішувачі перед подачею на УБС-5. Запасний розчин (NH₄)₂SO₄ будемо готувати в окремому реакторі та подавати в кількості, необхідній для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні (близько 10 л) [13].

Виробничий біосинтез у ферментері 50 м³

Об'єм ферментера для біосинтезу біомаси хлібопекарських дріжджів становить 50 м³, кількість поживного середовища у ньому складає 30 м³.

Зважаючи на це, стерилізацію поживного середовища слід здійснити безперервним способом з використанням установки безперервної стерилізації (УБС). Такий об'єм поживного середовища можна простерилізувати в УБС-50, продуктивністю 50 м³/год [30].

Розрахуємо загальний час стерилізації середовища:

$$\tau = 30/50 = 0,6 \text{ год}$$

Таблиця 5.10

Композиції поживного середовища для виробничого біосинтезу у ферментері 50 м³

Компонент	Концентрація, г/л	Вміст компоненту на 30 м ³ , кг	Композиція	Об'єм композиції, л
Меляса*	50	1500	А	23 700
KCl	9,5	280		
MgSO ₄ ×7H ₂ O	0,5	15		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	300		
Вода		23 600		
Конденсат		300		

Запасний 20% розчин $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4^{**}$		100	-	100
Меляса*	100	3000*	Б	6000
Вода		3000		

* - для виробничого біосинтезу у ферментері 50 г/л буде внесено одразу, а 100 г/л порціями у процесі.

** - вказано початкову кількість 20%-го розчину сульфату амонію, в ході культивування слід подавати розчин порційно для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні.

Розчин усіх компонентів поживного середовища (меляса, KCl , $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), які складають композицію А, слід підготувати в одному реакторі-змішувачі перед подачею на УБС-50. Запасний розчин $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ будемо готувати в окремому реакторі та подавати в кількості, необхідній для підтримки формольного числа в культуральній рідині на заданому рівні (близько 100 л) [13].

Обґрунтування вибору розчинів для регуляції рН та піногасника

Стерилізацію композицій середовища для одержання посівного матеріалу в інокуляторах здійснюють у безпосередньо в апаратах при забезпеченні значення рН у межах 4,0-4,5. Такий підхід зумовлений випадінням в осад нерозчинних фосфорних солей магнію та кальцію. При підготовці поживного середовища в колбах такі компоненти середовища як $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ та $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ стерилізують в окремих колбах, а при підготовці середовища для вирощування культури в інокуляторах солі стерилізують разом. Для запобігання утворення нерозчинного фосфату магнію необхідно створити кислі умови середовища. Зважаючи на це, варто забезпечити підготовку 6%-го розчину соляної кислоти.

Перед засівом культури середовище треба нейтралізувати до необхідного рН, яке підходить для культивування дріжджів – 5,0-5,5. Обираємо для підлужнення 25% розчин амічної води. Підлужнення слід здійснювати не лише перед засівом культури, а й у процесі культивування дріжджів для підтримання заданого рівня рН.

Отже, необхідно підготувати 6%-й розчин соляної кислоти для

підкислення та 25% розчин амічної води для підлужнення середовища культивування хлібопекарських дріжджів.

Оскільки у середовищі присутня висока концентрація меляси, що може викликати утворення піни, слід передбачити наявність піногасника. Оскільки силікони є ефективними піногасниками для біотехнології, обираємо самодиспергуючий піногасник SILFAR SE4, що призначений для біотехнологічних процесів. Його норма вводу складає 0,1% від обсягу поживного середовища. Піногасник являє собою в'язку емульсію білого кольору [31]. Перевагою є те, що піногасник являє собою вже готову емульсію, що не вимагає додаткової підготовки.

Таким чином, для одержання біомаси хлібопекарських дріжджів необхідно передбачити здійснення наступних додаткових стадій:

- ✓ підготовка аераційного повітря;
- ✓ приготування 6% розчину HCl для підкислення середовища при стерилізації композицій в інокуляторах об'ємом 5, 50, 500 л;
- ✓ підготовка 25% амічної води для стабілізації рН середовища перед початком культивування, а також підтримки рН при вирощуванні культури, в інокуляторах об'ємом 5, 50, 500, 5000 л та ферментері 50 м³;
- ✓ приготування та стерилізація 20%-го розчину сульфату амонію для вирощування посівного матеріалу в колбах на качалках, інокуляторах 5, 50, 500, 5000 л та ферментері 50 м³.

Також варто забезпечити наявність наступних реакторів:

- ✓ для приготування 6% розчину HCl об'ємом 100 л;
- ✓ для 25% амічної води об'ємом 100 л;
- ✓ для приготування та стерилізації 20% розчину сульфату амонію об'ємом 500 л;
- ✓ для приготування та стерилізації меляси: об'ємом 200 л;

5.2. Основні етапи післяферментаційного виділення, концентрування та очищення цільового продукту

Згідно патенту [13] процес вирощування товарних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* проводять протягом 14 годин, потім культуральну рідину передають на сепарацію. У технологічному циклі з 3-х кратним розділенням біомаси одержують товарні дріжджі, вихід дріжджів по мелясі при проведенні такого способу складає 92%. Після сепарації товарні дріжджі фільтрують, висушують, для отримання пресованої товарної форми проводять пресування отриманої маси.

У патенті [32] повідомляється про те, що процес одержання товарних дріжджів протікає в дві стадії. По закінченні процесу вирощування і дозрівання дріжджі виділяють з культуральної рідини, промивали водою, загущували на сепараторах і одержували концентрат дріжджів. Остаточне виділення дріжджів відбувалось на вакуум-фільтрах або фільтрпресах. Після цього проводили пресування і фасування дріжджів.

Згідно технології, поданої в [33], одержання товарних дріжджів передбачало накопичення дріжджової біомаси протягом 17 годин. Дріжджі сепаруються, промиваються на сепараторах і подаються в збірники дріжджового концентрату. Після ретельного перемішування на протязі години дріжджі фільтруються на вакуум-фільтрах і надходять на фасувальні й пакувальні автомати, формуються у вигляді брусків. Упакування й маркування проводиться відповідно до ТУ.

Таким чином, внаслідок аналізу літературних даних можна підсумувати, що технологія одержання товарних хлібопекарських дріжджів передбачає такі основні стадії як :

- 1) сепарування,
- 2) промивання,
- 3) фільтрування,
- 4) пресування та фасування

5.3. Пропозиції щодо підбору обладнання для реалізації післяферментаційних процесів

У біотехнологічних виробництвах чітко виникає задача розділення неоднорідних систем на складові частини. У харчовій технології застосовуються такі основні методи розділення: осадження, фільтрування, центрифугування, флотація. Вибір методів розділення обумовлюється розмірами завислих частинок, різницею густини дисперсної і дисперсійної фаз, а також в'язкістю дисперсійної фази.

5.3.1. Відділення біомаси

Сепарування – це процес розділення неоднорідних рідких сумішей на фракції, що розрізняються в полі дії відцентрових сил [34].

Методи розділення вибирають в залежності від характеру складових частин системи і стану фаз (рідкої, твердої, газоподібної). При виборі методу розділення слід також врахувати фізичні і хімічні властивості середовища (рідини і газу). Часто для розділення неоднорідних систем може бути застосовано кілька методів. Наприклад, газ від пилу можна очистити шляхом фільтрування через тканину або в апаратах – циклонах. При цьому доводиться враховувати ряд факторів: мінімальний розмір частинок, які необхідно вловити; температуру, при якій повинен здійснюватися процес очищення (при цьому з'ясовується можливість застосування тканин і яких саме); витрата енергії при різних способах розділення: вартість обладнання, експлуатаційні витрати.

З метою інтенсифікації розділення пилу, суспензій і емульсій, процес осадження проводять під дією відцентрової сили. Для створення поля відцентрових сил використовують два технічних прийоми:

- 1) потік рідини або газу обертається в нерухомому апараті;
- 2) потік надходить у обертовий апарат і обертається разом з ним. В першому випадку процес називається циклонним, а апарат – циклоном, у другому – відстійним центрифугуванням, а апарат – відстійною центрифугою або сепаратором. У відцентровому полі можна здійснювати два важливих процеси розділення неоднорідних систем – осадження і фільтрування [34].

Класифікація рідинних сепараторів

За технологічним призначенням:

- сепаратори-роздільники, що застосовуються для розділення суміші рідин, нерозчинних одна в іншій, і для концентрування суспензій і емульсій;
- сепаратори освітлювачі – призначені для виділення твердих частинок з рідини;
- комбіновані сепаратори, служать для виконання двох або більше операцій переробки рідкої суміші.

За конструкцією барабана (ротора):

- тарілчасті сепаратори;
- камерні сепаратори.

За вивантаженням осаду (шламу):

- сепаратори з ручним вивантаженням осаду;
- саморозвантажні сепаратори.

За принципом і характером вивантаження осаду:

- з періодичним вивантаженням;
- з безперервним вивантаженням;
- з пульсуючим вивантаженням.

За конструкцією пристроїв для вивантаження осаду:

- соплові;
- клапанні;
- з верхнім, нижнім і радіальним переміщенням рухомого затворного елемента.

За способом підведення вихідної гетерогенної системи і відведення продуктів сепарування:

- відкриті сепаратори;
- напівзакриті;
- герметичні [34].

Таблиця 5.11

Характеристика сепараторів [34]

Вид сепаратора	Особливості
----------------	-------------

Комбіновані	Процес розділення поєднується з будь-яким іншим способом (наприклад, сепаратори-екстрактори для проведення екстракції, сепаратори-реактори для проведення хімічних реакцій)
Кларифікатори	Сепаратори, призначені для гомогенізації дисперсної фази емульсій та їх очищення від домішок
Бактофуги	Сепаратори для видалення з системи мікроорганізмів, які скупчуються в шламівому просторі разом з іншими механічними домішками.
Тарілчасті	Ротор укомплектований пакетом конічних тарілок, які ділять потік рідини на паралельні тонкі шари. Тарілчасті сепаратори підрозділяються на два основних типи. Перший тип сепараторів має тарілки, що забезпечують подачу рідини в міжтарілковий простір через отвори, наявні в самих тарілках (центральна подача). Другий тип сепараторів характеризується тим, що рідина в міжтарілковий простір надходить з периферії і рухається до центру барабана (периферійна подача)
Камерні	Ротор має реброву вставку при одній камері або комплект концентрічних циліндричних вставок, які розділяють її об'єм на кільцеві камери, за якими оброблювана рідина протікає послідовно
Відкриті	Рідина подається в ротор відкритим потоком і також проводиться відведення отриманих рідких фракцій. Процес сепарування не ізольований від доступу повітря
Напівзакриті	Рідина подається в ротор відкритим або закритим потоком, а відведення однієї або обох рідких фракцій відбувається під тиском за закритими

	<p>трубопроводами. Процес сепарування не ізольований від доступу повітря. Ротори напівзакритого типу відрізняються від роторів відкритого типу наявністю пристрою для виведення продукту сепарування під тиском</p>
Герметичні	<p>Подача в ротор початкової рідини і відведення рідких фракцій відбувається під тиском по закритим трубопроводам, герметично з'єднаними з випускними патрубками, процес сепарування ізольований від доступу повітря. Ротори герметичних сепараторів відрізняються від роторів відкритих і напівзакритих сепараторів конструкцією підвідних і відвідних пристроїв</p>
Саморозвантажні:	<p>Поділяються на три основні групи з безперервним, пульсуючим і безперервно-циклічним відведенням осаду:</p>
✓ з безперервним відведенням	<p>✓ осад видаляється разом з частиною рідкої фази через сопло у вигляді концентрованої важкої фракції. Залежно від конструктивних особливостей відвідних вузлів важка фракція відводиться або вільно, або під тиском</p>
✓ з пульсуючим відведенням	<p>✓ осад викидається з ротора при переміщенні рухомого елемента, який відкриває розвантажувальні щілини на периферії ротора. При повному розвантаженні періодично припиняється надходження продукту на сепарування, розвантажувальні щілини ротора відкриваються і весь його вміст, тобто виділений осад і рідка фаза, викидаються в приймач. При частковому вивантаженні розвантажувальні щілини</p>

	відкриваються на короткий час і з ротора викидається тільки накопичений осад, а рідкий компонент залишається
✓ з безперервно- циклічним відведенням	✓ осад не відводиться у вигляді концентрату протягом основного етапу циклу і періодично викидається з ротора у вигляді рідкої пасти, коли відкриваються розвантажувальні щілини або канали під час допоміжного етапу

Розглянемо робочий процес сепарування на прикладі тарілчастого сепаратора, як найбільш затребуваного в переробному виробництві. Тарілчастий сепаратор складається зі сталевго корпусу 12 з днищем 13, конуса 2, який з'єднується з корпусом за допомогою кільця 1 з нарізкою; центральної трубки 18, що закінчується внизу тарілотримачем 16; пакету конічних тарілок 17; збірників 4 і 3 для продуктів розділення суміші; приймачів 9 і 10 з ріжками відведення продуктів; приймача 5 для підведення вихідної суміші з трубою 6 і станини з приводом. Корпус насаджений на приводний вал за допомогою товстостінної труби 14 з повідком, виконаним у вигляді горизонтального штифта. Цей пристрій забезпечує обертання корпусу разом з валом. Неоднорідна суміш заливається в приймач 5, по нерухомій трубці 6 надходить в обертину разом з барабаном центральну трубку 18 і опускається вниз. У нижній частині рідина під дією відцентрової сили віджимається до периферії. Далі її шлях залежить від конструкції тарілок. Відомі сепаратори, наприклад, для розділення молока, в тарілках яких по колу є по три отвори через 120 °. У тарілках іншого типу, наприклад в тарілках сепараторів для концентрування дріжджів отворів немає. Опишемо процес що відбувається на тарілках з отворами [34].

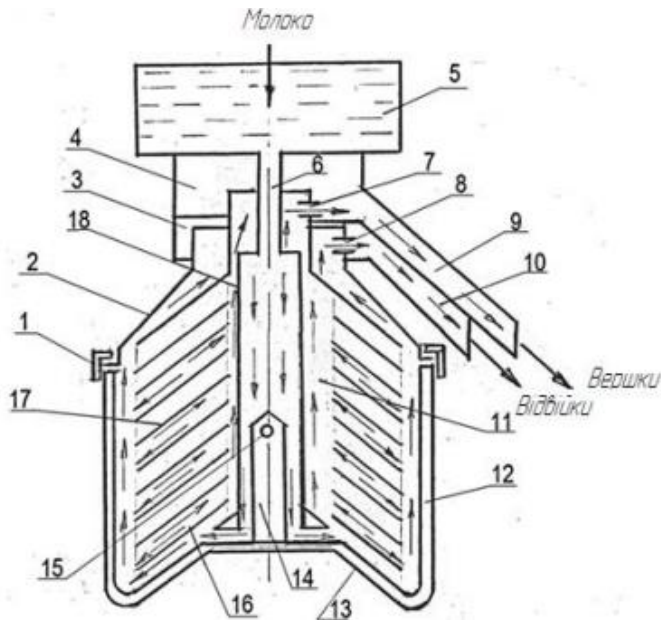


Рис. 5.2. Схема тарілчастого сепаратора: 1 – кільце; 2 – конус; 3 і 4 – збірники для продуктів розділення; 5 – приймач початкової суміші; 6 – трубка; 7 і 8 – отвори (мундштуки або вентиля); 9 і 10 – ріжки приймачів; 11 – наскрізні канали; 12 – сталевий корпус; 13 – днище; 14 – товстостінна трубка; 15 – отвір для поводка; 16 - тарілотримач; 17 - тарілки; 18 - центральна трубка [34].

Тарілки зібрані в пакет таким чином, що всі їх отвори збігаються, в результаті чого утворюються вертикальні наскрізні канали; вони доходять до верхньої, так званої роздільної тарілки 19, в якій немає отворів. На верхніх площинах тарілок по колу через 120° напаяні по три чіпа (нитки) висотою 0,3 ... 0,4 мм для молочних і висотою 0,8 ... 1,0 мм для дріжджових сепараторів. Цими нитками кожна наступна верхня тарілка спирається на попередню нижню: внаслідок цього між ними утворюється щілина, ширина якої відповідає висоті нитки. Суміш піднімається по вертикальних каналах 11, утворених отворами в тарілках і розподіляється одночасно під дією відцентрової сили в щілинах між тарілками. У міжтарілковому просторі під дією відцентрового поля важчий компонент спрямовується до периферії, а більш легкий до центру. Внаслідок цього в щілині утворюється два протилежно спрямованих потоки – потік легкого та важкого продукту.

При русі продукту уздовж твірних конічних тарілок, частинки дисперсної фази переходять з одного шару в інший, тому концентрація шарів і їхня

товщина змінні, поблизу центральної трубки 18 легкий компонент з щілин потрапляє під розділову тарілку 19; потім по кільцевому зазору між трубкою 18 і циліндричним закінченням роздільників тарілки легкий компонент через отвір 7 викидається в нерухомий кільцевий збірник 4, звідси по ріжку 9 він стікає в приймач. Більш важкий продукт, відкинутий до стінок корпусу, піднімається вгору і потрапляє в простір між зовнішньою поверхнею розділової тарілки і конусною кришкою 2; потім через отвір 8 викидається в збірник 3, а звідси потрапляє в ріжок 10. У порівнянні з апаратами, осадження в яких здійснюється в гравітаційному полі, розглянуті сепаратори мають свої переваги.

Поверхня осадження в сепараторах відносно велика, що забезпечується великою кількістю тарілок (кілька десятків) при незначній відстані між ними. Така велика поверхня забезпечує високу продуктивність сепараторів в порівнянні з відстійними апаратами. Площа, займана сепараторами, в тисячі разів менше площі відстійників при тій же продуктивності. Сепаратори мають ще й вельми важливу перевагу перед відстійниками, що в них можна розділяти суміші дуже швидко і за необхідності стерильно [34].

Таким чином, з огляду на швидкість, високу продуктивність та чистоту проведення процесу сепарування, обираємо тарілчастий сепаратор періодичної дії для отримання хлібопекарських дріжджів.

5.3.2. Концентрування

Один з можливих варіантів переробки культуральних рідин полягає в зневоднюванні (сушінні) з метою одержання товарного сухого залишку, який містить цінні біологічно активні речовини. Але більшість сучасних технологій передбачають виділення цих речовин у чистому вигляді. Сировиною для подальшої переробки можуть бути як нативні розчини, так і біомаса. Незалежно від наступних операцій першою стадією переробки є виділення з культуральної рідини завислої фази – клітинної маси [35].

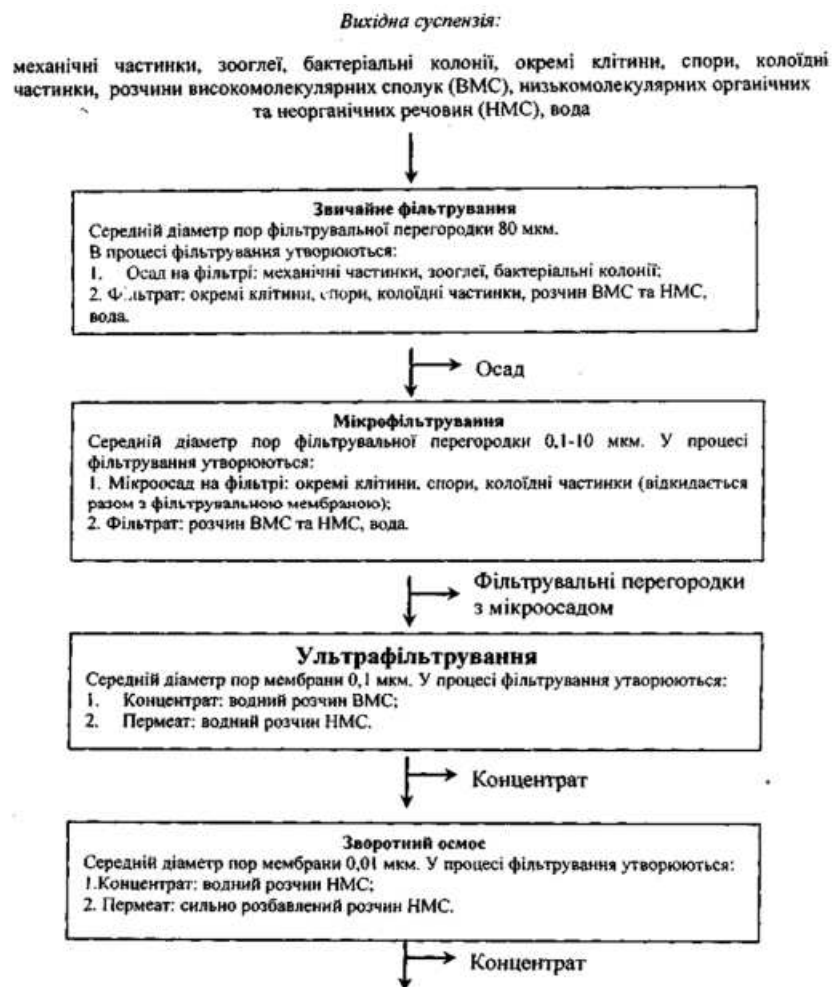
Основними методами відділення біомаси від нативних розчинів є:

- фільтрування;
- осадження;

- флотація.

Останній метод (флотація) використовується в основному для виділення кормових дріжджів.

Під фільтруванням розуміють розділення твердої та рідкої фаз під час перепускання суспензії крізь пористу перегородку. Сьогодні до методів фільтрування можна віднести й мембранні процеси відділення від дисперсійної фази не тільки твердих частинок, але й розчинених речовин з утворенням концентратів цих речовин і пермеатів. Види фільтрування, які практично використовують в мікробіологічній промисловості, наведено нижче:



В нутч-фільтрах вакуум створюють вакуум-насосом, який відсмоктує повітря з приймальної ємності. У верхню ємність завантажується суспензія. Тверді частинки суспензії затримуються на фільтрувальній перегородці. Після закінчення процесу без вивантаження осаду або після його вивантаження, але обов'язково після зливання з приймальної ємності фільтрату додають нову

порцію суспензії і продовжують фільтрування. Нутч-фільтри можуть бути закритими або відкритими. Обидва типи фільтрів випускають як з оболонками для теплоносія з метою нагрівання або охолодження продуктів, так і без оболонок. На нутч-фільтрах переробляють суспензії з малим питомим опором фільтруванню осаду (до 1011 м/кг), друкфільтри призначені для суспензій, які важко фільтруються. Робочий тиск у нутч-фільтрах - до 0,0608 МПа, у друк-фільтрах – до 0,608 Мпа [35].

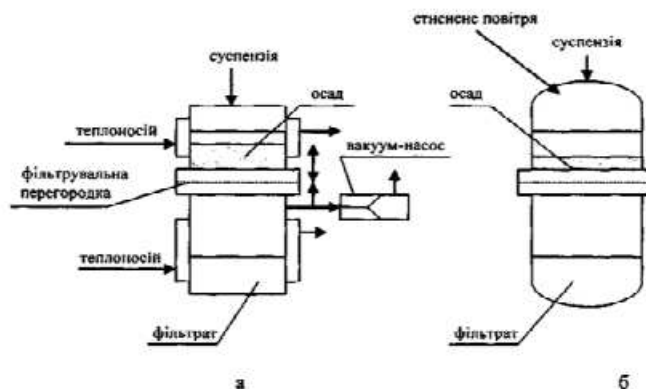


Рис. 5.4. Схеми конструкцій вакуумних фільтрів (нутч-фільтрів, а) та фільтрів, що працюють під тиском (друк-фільтрів, б) [35].

Фільтр-преси з ручним вивантаженням осаду

Такі фільтри є найбільш поширеними серед апаратів, що працюють під тиском.

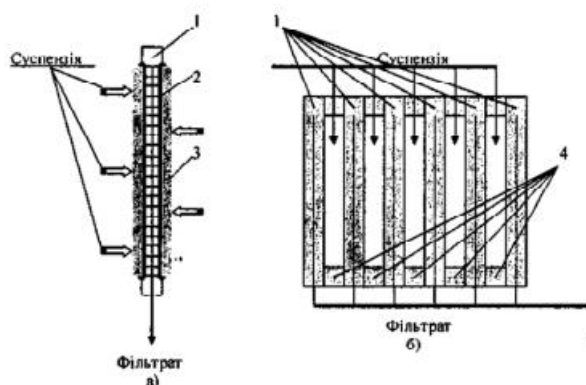


Рис. 5.5. Фільтр-преси з ручним вивантаженням осаду.

Основним фільтрувальним елементом цього фільтра є суцільна сталева плита 1, яка має на обох поверхнях не наскрізні отвори, які всередині з'єднуються в одному колекторі виведення фільтрату. З обох боків на поверхню фільтрувальних плит укладають фільтрувальну тканину 2. Якщо під тиском

подавати до підготованої плити суспензію (див. а на рисунку), то фільтрат після проходження тканини і отворів буде виходити з каналу у збірник, а на тканині залишаться два шари вологого осаду 3. Фільтр-прес складається з декількох десятків плит, між якими встановлені рами 4 (див. б) на рисунку). Плити з укладеною фільтрувальною тканиною разом з рамами затискають між опорною і натискною плитами вручну або за допомогою електрозатискача. Після цього в рамні простори з окремої ємності під тиском подають суспензію. Процес закінчують, коли рамний простір повністю або частково заповнюється осадом. Після цього припиняють подачу суспензії, знімають тиск, розбирають фільтр, пересуваючи рами та фільтрувальні плити по спеціальних прогонах, вручну знімають осад на піддон під апаратом, за потребою відновлюють фільтрувальну тканину, знову збирають фільтр-прес для наступного технологічного циклу.

Промисловість випускає фільтр-преси широкої номенклатури з площею фільтрування від 2 до 140 м², робочим тиском від 0,4 до 1,0 МПа, з кількістю рам в одному апараті від 10 до 68 шт [35].

Автоматичний фільтрпрес типу ФПАКМ складається з набору горизонтально розташованих одна над іншою фільтруючих рам 1, між якими зигзагоподібно протягнута нескінченна стрічка фільтрувальної тканини 2, що приводиться в рух механізмом 10. Рами розташовуються із зазором між верхньою упорною 5 і нижній натискною 7 плитами і можуть бути стиснуті механізмом затиску 8. Зусилля затиску сприймають стійки 6. Ущільнення між плитами, і рамами здійснюється гумовою прокладкою. Для натягнення стрічки призначене пристрій 4. Знімання осаду під час руху стрічки виконують ножі 3 по обидві сторони фільтрпреса, після зняття осаду стрічка проходить камеру регенерації 9 [36].

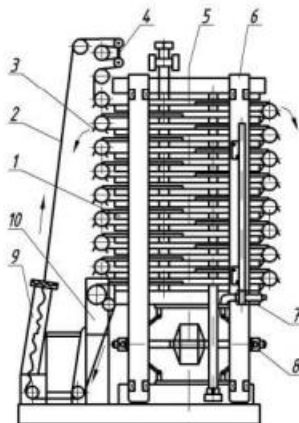


Рис. 5.6. Автоматичний фільтрпрес ФПАКМ: 1 – фільтрувальні рами; 2 – фільтрувальна тканина; 3 – ніжки; 4 – зтяжний пристрій; 5 – упорна плита; 6 – стійка; 7 – нижня натискна плита; 8 – механізм затиску; 9 – камера регенерації; 10 – механізм пересування тканини [36].

Фільтри безперервної дії

У фільтрах безперервної дії одночасно проводяться операції: фільтрація, сушка, промивка, розвантаження і регенерація фільтрувальної тканини. Ці операції проходять безперервно і незалежно одна від одної в кожній зоні фільтру, тому процес роботи фільтру протікає безперервно. Фільтри безперервної дії розрізняють за формою фільтрувальної перегородки і підрозділяють на барабанні, дискові і стрічкові, і за робочим тиском на апарати, що працюють під розрядженням і під тиском. До недоліків цих фільтрів відносяться їх відносна складність, висока вартість, необхідність установки допоміжного устаткування і велика витрата енергії головним чином на вакуум насоси і повітродувки.

Барабанні фільтри. Найбільш широкого поширення в хімічній промисловості набули барабанні фільтри, що працюють під розрядженням (барабанні вакуум-фільтри). За конструкцією ці фільтри підрозділяють на апарати із зовнішньою і внутрішньою фільтруючою поверхнею. Чередування операцій у барабанних фільтрах відбувається за допомогою розподільної головки або спеціальних клапанів. Усередині барабана розташована система розподільних труб, що зв'язують поверхню обичайки барабана з диском, що обертається, який приварений до торця правої цапфи. Барабан спирається двома

цапфами на підшипники ковзання, встановлені поза корпусом фільтру. У місцях виходу цапф з корпусу передбачені сальникові ущільнення. Ліва цапфа закінчується черв'ячним колесом приводу барабана. На правій цапфі встановлена розподільна головка барабана. У верхній частині корпусу над барабаном розташований ряд труб, по яких до поверхні барабана подається розчинник для промивки осаду. На утворюючій барабана встановлений ніж для знімання осаду, який потрапляє потім в шнек і виводиться через штуцер. Частина нижньої поверхні барабана занурена в суспензію. У барабані є декілька робочих зон: фільтрації, промивки осаду розчинником, просушування, здування і знімання осаду.

Стандартні барабанні вакуум-фільтри з поверхнею фільтрації від 1 до 40 м² мають барабан діаметром 1 – 3 м, довжиною 3,5 – 4,0 м. Барабан здійснює від 0,1 до 3 оборотів за хвилину, необхідна потужність двигунів фільтру від 0,1 – 4,5 кВт.

Для розділення висококонцентрованих суспензій з важкою твердою фазою є вакуум-фільтри з неглибоким зануренням барабана в рідину. Ці фільтри дозволяють знімати тонкий шар осаду, оскільки його фільтрувальна поверхня легко очищається. Завдяки розташуванню знімного ножа нижче за центр барабана осад під дією сили тяжіння легко очищається від поверхні барабана, і здування не потрібне. Фільтри цієї конструкції знайшли застосування для обезводнення концентратів флотацій і промивки ціаністих шламів [36].

Стрічковий вакуум-фільтр

На довгому столі закріплені відкриті зверху вакуум-камери 3, патрубки, що мають в нижній частині, для з'єднання з колекторами фільтрату 8 або промиваючої рідини 10.

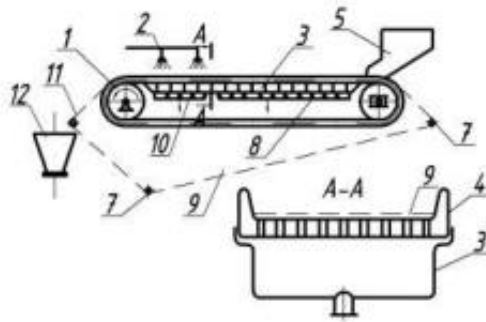


Рис. 5.7. Схема стрічкового вакуум-фільтра: 1 – приводний барабан; 2 – форсунки; 3 – вакуум-камери; 4 – нескінченна гумова стрічка; 5 – лоток для подачі суспензії; 6 – натяжний барабан; 7 – натяжні ролики; 8 – колектор фільтрату; 9 – фільтрувальна тканина; 10 – колектор промиваючої рідини; 11 – валик для знімання осаду; 12 – бункер для осаду [36].

До верхньої частини вакуум-камер притискається нескінченна гумова стрічка 4 з бортами, натягнута на приводний барабан 1 і натяжний барабан 6. Фільтрувальна тканина 9 у вигляді нескінченною полотна притискається до гумової стрічки під час натягнення її роликами 7. Суспензія подається на стрічку з лотка 5. Під час проходження стрічки з суспензією над вакуумкамерами відбувається фільтрування і відкладення на тканині осаду. Промиваюча рідина подається через форсунки 3. На приводному барабані фільтрувальна тканина відділяється від гумової стрічки і огинає валик 11, при цьому осад відділяється від тканини і падає в бункер 13. Під час проходження між роликами 7 тканина просушується і очищається. Стрічкові фільтри виготовляють з шириною стрічки 0,5 – 1,0 м і площею фільтрації 3,2 – 4,3 м³. Переваги стрічкових фільтрів: відсутність розподільної головки, можливість осадження крупних частинок під дією сили тяжіння, завдяки чому фільтрація прискорюється, зручність промивки, можливість роботи з тонким шаром осаду. Проте, стрічкові фільтри мають малу поверхню фільтрації, малий коефіцієнт використання фільтрувальної тканини, вимагають рівномірної подачі суспензії, крім того, в цих апаратах одержується каламутний фільтрат і охолоджується фільтрована суспензія.

Вдосконаленою моделлю є безперервно діючий стрічковий фільтр, що працює під тиском, проте, він може працювати тільки під незначним тиском,

оскільки корпус виконаний з плоскими стінками.

У стрічкових капілярних фільтрах рідка фаза суспензії всмоктується капілярами повстяної стрічки, а тверда фата залишається на стрічці. Промитий осад зневоднюється такими ж стрічками. Ці фільтри застосовують для фільтрації суспензій з невеликим вмістом рідкої фази. Переваги цих фільтрів: простота конструкції, відсутність допоміжних пристроїв для створення розрядження або тиску, досить значна продуктивність [36].

Отже, з огляду на ефективність проведення фільтрування з високою продуктивністю та легкістю експлуатації обладнання обираємо фільтр-прес.

РОЗДІЛ 6. СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДОФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИРОБНИЧОГО БІОСИНТЕЗУ

У таблиці 6.1 наведено специфікацію ферментаційного та допоміжного обладнання, яке зображене на апаратурній схемі у графічній частині роботи.

Таблиця 6.1.

Специфікація ділянки допоміжних робіт та культивування хлібопекарських дріжджів

Позиція	Найменування	Кількість	Технічна характеристика
1	2	3	4
ПЗ-1	Пристрій для забору повітря	1	Повітрязабірник airerdeltafanmaxi. Продуктивність 1100 – 1800 м ³ /год. Перепад тиску 25 – 40 Па. Компанія: «Deltafan» (Україна) [40]
Ф-2	Фільтр грубої очистки повітря	1	Фільтр грубої очистки повітря DustFilter E100. Касетний повітряний фільтр DustFilter E100 для грубої або первинної очистки припливного повітря. Для частинок розміром > 10 мкм. Матеріал фільтра: неткані полотна із синтетичних волокон, товщина 20 мм. Компанія: «Growpro» (Україна) [41]
К-3	Компресор	1	Компресор АВАСВ5900В/500 FT5.5. Компресор цієї моделі трифазний, з ремінним приводом. Пристрій дає повітря під тиском 11 бар. Привід пристрою ремінний, компресор за хвилину дає 653 літрів повітря. Виробник: «АВАС» (Італія) [42]
Т-4	Теплообмінник-охолоджувач	1	Охолоджувач повітря каналний С-VКО-50-30. Максимально допустимий тиск рідини в охолоджувачах – 1,6 МПа. Корпус виконаний з оцинкованої сталі, теплообмінник виконаний з мідних трубок, з алюмінієвими ребрами, розташованих у шаховому порядку; є краплевлловлювач. Компанія: «ССК ТМ» (Україна) [43]

НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравченко В.В.			Розділ 6. Специфікація обладнання доферментаційних процесів та виробничого біосинтезу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Резніченко Ю.М.					85	4
Реценз.						Кафедра БТМ 82		
Н. Контр.								
Затверд.		Стабніков В.П.						

Р-5	Ресивер	1	Ресивер об'ємом 500 л, вертикального виконання. Максимальний робочий тиск 11,5 бар. Діаметр ресивера - 600 мм. Висота ресивера - 2110 мм. Компанія: «ПНЕВМОТЕХНІКА» (Україна) [44]
Т-6	Теплообмінник-нагрівач	1	Теплообмінник (нагрівач повітря водяний) КВ 2500. В якості теплоносія використовується гаряча вода. Конструктивно корпус виконаний з оцинкованої сталі, колектори виконані з мідної труби, теплообмінні пластини з алюмінію. Потужність теплообмінника складає 80 кВт, при температурі теплоносія 70°C. Кількість повітря 6000 м ³ /год. Компанія: «Galactic» (Україна) [45]
Ф-7	Головний фільтр очистки	1	Фільтр ФПК, клас очищення F8, ефективність очищення 90-95%. Продуктивність 3500 м ³ /год, фільтроматеріал – поліеєстр, мікроскловолокно. Компанія: «Технофільтр» (Україна) [46]
Д-8	Дозатор	1	Дозатор рідин та паст поршневий РР-1000. Діапазон дозування 100-1000 мл. Похибка дозування 1%. Компанія: «ДІМ УПАКОВКИ» (Україна) [47]
Р-9	Реактор для м'яса	1	Реактор РР-100 об'ємом 100 л. Матеріал – нержавіюча сталь AISI 304, 316L. Є рубашка, температура в рубашці від 5 до 150°C. Довжина 1300 мм, ширина 700 мм, висота 1600 мм. Компанія: «Промвіт» (Україна) [48]
Н-10 Н-23	Насос	2	Відцентровий насос Wetron. Продуктивність 50 л/хв. Потужність 0,75 кВт. Матеріал корпусу – чугун з антикорозійною обробкою. Виробник: «Wetron» (Китай) [49]
Д-11 Д-18 Д-21 Д-24	Дозатор	4	Дозатор ваговий F-1000. Матеріал корпусу - нержавіюча сталь 201. Діапазон зважування 10-1000 г. Точність зважування ± 2 г. Компанія: «ДІМ УПАКОВКИ» (Україна) [50]
Ф-12 Ф-19 Ф-25 Ф-31 Ф-40	Індивідуальний фільтр	5	Фільтр Н-14, ефективність очищення 99,995%. Продуктивність 3300 м ³ /год, фільтроматеріал – мікроскловолокно. Компанія: «Технофільтр» (Україна) [46]

ІН-13	Інокулятор 5 л	1	Лабораторний реактор РП-5 об'ємом 5 л. Обладнаний якірною мішалкою (0-60 об/хв) та рубашкою. Матеріал – сталь AISI 316 L та AISI 304. Довжина 620 мм, ширина 410 мм, висота 840 мм. Виробник: «Промвіт» (Україна) [51]
Д-14 Д-16	Дозатор рідин	2	Дозатор для рідин GFK-160. Діапазон дозування: 2 - 3500 мл. Продуктивність: до 4 л / хв. Похибка дози: до 0,5%. Компанія: «АВС ТЕСН» (Україна) [52]
З-15	Збірник для хлоридної кислоти	1	Реактор РФ-100 об'ємом 100 л. Матеріал – нержавіюча сталь AISI 304, 316L. Є рубашка, температура в рубашці від 5 до 150°C. Довжина 1300 мм, ширина 700 мм, висота 1600 мм. Компанія: «Промвіт» (Україна) [48]
З-17	Збірник для аміачної води	1	Реактор РФ-100 об'ємом 100 л. Матеріал – нержавіюча сталь AISI 304, 316L. Є рубашка, температура в рубашці від 5 до 150°C. Довжина 1300 мм, ширина 700 мм, висота 1600 мм. Компанія: «Промвіт» (Україна) [48]
ІН-20	Інокулятор 50 л	1	Скляний хімічний реактор об'ємом 50 л. Матеріал скла - GG-17 (ТЗ). Матеріал рами - нержавіюча сталь марки 304. Швидкість перемішування 0-600 об./хв. Компанія: «Ukrchemgroup» (Україна) [53]
Р-22	Реактор для розчину сульфату амонію	1	Реактор об'ємом 500 л. Матеріал – сталь AISI 316L та AISI 304. Обладнаний рубашкою, перемішуючим пристроєм, датчиками для вимірювання температури та тиску, має технологічні патрубки. Компанія: «Стройторгсервис» (Україна) [54]
ІН-26	Інокулятор 500 л	1	Реактор об'ємом 500 л. Матеріал – сталь AISI 316L та AISI 304. Обладнаний рубашкою, перемішуючим пристроєм, датчиками для вимірювання температури та тиску, має технологічні патрубки. Компанія: «Стройторгсервис» (Україна) [54]
Д-27 Д-33 Д-36	Дозатор	3	Ваговий дозатор сипучих продуктів ДВ-1. Межі дозування – від 0,1 до 35 кг. Похибка дозування +/- 3 г. Принцип роботи – вібраційний. Компанія: «Аргон Центр» (Україна) [55]

Р-28	Реактор для змішування компонентів	1	Реактор об'ємом 5 м ³ . Матеріал – полімер, швидкість роботи лопатевої мішалки 20-80 об/хв. Компанія: «F.O.R.P» (Україна) [56]
Н-29 Н-35 Н-38 Н-42	Насос	4	Відцентровий насос 2DK20. Продуктивність 560 л/хв. максимальний напір 20 м. Матеріал корпуса – чавун. Виробник: «Aquatica» (Україна) [57]
УБС-30	Установка безперервної стерилізації	1	Установка безперервної стерилізації LXM-5, продуктивність становить 5 м ³ /год; температура стерилізації 135°C. Виробник: «Jiangsu SAIDELI Pharmaceutical Machine Co. Ltd.» (Китай) [58]
ІН-32	Інокулятор 5 м ³	1	Реактор об'ємом 5 м ³ . Матеріал – полімер, швидкість роботи лопатевої мішалки 20-80 об/хв. Компанія: «F.O.R.P» (Україна) [56]
Р-34	Реактор для запасного розчину меляси	1	Реактор об'ємом 50 м ³ . Розміри 3200x3200x9800 мм. Матеріал сталь марки 316L/304. Можливість встановлення всіх необхідних датчиків та перемішуючого пристрою, орієнтація вертикальна, є термосорочка. Виробник: «RuianXuanliMachineryCo., Ltd» (Китай) [60]
Р-37	Реактор для змішування компонентів	1	Реактор об'ємом 50 м ³ . Розміри 3200x3200x9800 мм. Матеріал сталь марки 316L/304. Можливість встановлення всіх необхідних датчиків та перемішуючого пристрою, орієнтація вертикальна, є термосорочка. Виробник: «RuianXuanliMachineryCo., Ltd» (Китай) [60]
УБС-39	Установка безперервної стерилізації	1	Установка безперервної стерилізації LXM-50, продуктивність становить 50 м ³ /год; температура стерилізації 135°C. Виробник: «Jiangsu SAIDELI Pharmaceutical Machine Co. Ltd.» (Китай) [58]
ФР-41	Ферментер 50 м ³	1	Реактор об'ємом 50 м ³ . Розміри 3200x3200x9800 мм. Матеріал сталь марки 316L/304. Можливість встановлення всіх необхідних датчиків та перемішуючого пристрою, орієнтація вертикальна, є термосорочка. Виробник: «RuianXuanliMachineryCo., Ltd» (Китай) [60]

РОЗДІЛ 7. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИРОБНИЧОГО БІОСИНТЕЗУ

Технологічна схема культивування хлібопекарських дріжджів включає допоміжні роботи (підготовка аераційного повітря, приготування титрувальних розчинів, приготування та стерилізація поживних середовищ) та технологічний процес, що включає підготовку посівного матеріалу та виробниче культивування біомаси дріжджів.

Технологічну схему культивування хлібопекарських дріжджів наведено у графічній частині курсової роботи.

ДР 1. Підготовка аераційного повітря

ДР 1.1. Забір атмосферного повітря

Забір атмосферного повітря здійснюють за допомогою вертикальної труби з повітрезабірником (ПЗ-1) у найвищій точці $H = 18$ м.

ДР 1.2. Очищення від грубих домішок

Попередню очистку повітря здійснюють на фільтрі грубого очищення з вініпластової сітки (Ф-2). Очистка від грубих домішок проводиться з ефективністю $E = 90\%$, затримуються частинки діаметром більше 50 мкм.

ДР 1.3. Компресювання повітря

Для забезпечення умов аерації та подолання гідравлічного тиску стовпа рідини в ферментері, інших опорів, а також для інших потреб виробництва, повітря стискають у компресорі (К-3), відбувається нагрівання до 120-200 °С, тиск становить 0,35 МПа.

ДР 1.4. Охолодження повітря та видалення вологи

Стиснене повітря (від ДР 1.3) необхідно охолодити в теплообміннику-охолоджувачі (Т-4) до температури 25-30 °С для видалення надлишкової вологи. Зайву вологу видаляють за допомогою ресивера (Р-5), де усуваються пульсації руху повітря, що можуть негативно впливати на роботу подальших

НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
					Розділ 7. Опис технологічної схеми доферментаційних процесів та виробничого біосинтезу					
Розроб.		Кравченко В.В.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Резніченко Ю.М.							89	10
Реценз.								Кафедра БТМ		
Н. Контр.										
Затверд.		Стабніков В.П.								

фільтрів очищення повітря. Вологість повітря має становити 60-70%.

ДР 1.5. Підігрівання повітря

Для зниження ризику конденсації вологи на матеріалі головного та індивідуальних фільтрів, повітря підігрівають у теплообміннику-нагрівачі (Т-6) до температури 30-35°C.

ДР 1.6. Тонке очищення повітря

Нагріте повітря подають на головний фільтр очистки (Ф-7) класу F8, матеріал мікроскловолокно, ефективність очищення становить E=90-95%.

ДР 1.7. Очищення повітря на індивідуальних фільтрах

Перед кожним інокулятором та виробничим ферментом (ІН-13, ІН-20, ІН-26, ІН-30, ФР-37), установлюють індивідуальні фільтри (Ф-12, Ф-19, Ф-25, Ф-29, Ф-36). При використанні фільтра класу Н-14 ефективність очищення становить <99,995%.

ДР 2. Приготування титрувальних агентів.

ДР 2.1. Приготування 6% розчину HCl для підкислення поживних середовищ

У збірник 3-15 об'ємом 100 л через дозатор рідин Д-14 подають 66,6 л води питної, вмикають мішалку і вносять 12 л 37 %-го розчину HCl через дозатор Д-14. Приготований розчин кислоти не стерилізують.

ДР 2.2. Приготування 25%-го розчину аміачної води для нейтралізації поживних середовищ

У збірник 3-17 об'ємом 100 л, вносять 66,6 л 25%-го розчину аміачної води через дозатор Д-16. Приготований розчин не стерилізують.

ДР 3. Приготування та стерилізація поживних середовищ

ДР 3.1. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування інокуляту в колбах на качалці

Таблиця 7.1

Композиції поживного середовища для вирощування інокуляту в колбах
на качалці

Компонент	Концентрація, г/л	Вміст компоненту на 300 мл, г	Композиція	Об'єм композиції, мл
-----------	----------------------	----------------------------------	------------	-------------------------

Меляса	50	15	А	45
Вода		30		
KCl	9,5	2,8	Б	175
MgSO ₄ ×7H ₂ O	0,5	0,15		
Вода		200		
(NH ₄) ₂ HPO ₄	10	3	В	55
Вода		55		
Запасний 20% розчин (NH ₄) ₂ SO ₄		5 г солі на 25 мл	Г	25

ДР 3.1.1. Приготування та стерилізація композиції А

На технічних вагах зважують 15 г меляси, наважку переносять у колбу на 100 мл, додають 30 мл питної води та 0,03 мл 1 н розчину сульфатної кислоти, перемішують. Перемішують, відділяють осад, що містить сіль CaSO₄. Після цього колбу із розчином закривають ватно-марлевою пробкою та проводять стерилізацію протягом 30 хв за температури 112°C.

ДР 3.1.2. Приготування та стерилізація композиції Б

На технічних вагах зважують 2,8 г KCl, 0,15 г MgSO₄×7H₂O, наважки переносять у колбу на 500 мл, додають 200 мл дистильованої води, перемішують. Колбу із розчином закривають ватно-марлевою пробкою та стерилізують в автоклаві протягом 40 хв при температурі 131°C.

ДР 3.1.3. Приготування та стерилізація композиції В

На технічних вагах зважують 3 г (NH₄)₂HPO₄, наважку переносять у колбу на 100 мл, додають 55 мл дистильованої води, перемішують. Колбу із розчином закривають ватно-марлевою пробкою та стерилізують в автоклаві протягом 40 хв при температурі 131°C.

ДР 3.1.4. Приготування та стерилізація 20%-го розчину сульфату амонію

На технічних вагах зважують 5 г сульфату амонію, переносять наважку у колбу на 50 мл, додають 25 мл води дистильованої. Колбу закривають ватно-марлевою пробкою та стерилізують в автоклаві протягом 40 хв при температурі 131°C.

ДР 3.2. Приготування та стерилізація меляси для інокуляторів 5, 50 та 500 л

Через об'ємно-ваговий дозатор Д-8 у реактор Р-9 подають 43,3 кг меляси,

43,3 л води питної та 86,6 мл сульфатної кислоти, перемішують. Відокремлюють утворений осад, що містить сіль CaSO_4 . Стерилізують протягом 30 хв при температурі 112°C .

ДР 3.3. Приготування та стерилізація запасного розчину меляси для біосинтезу

Через об'ємно-ваговий дозатор Д-31 у реактор Р-32 подають 14,9 тонн (14 999 кг) меляси, $29,8 \text{ м}^3$ води питної та 29,8 л сульфатної кислоти. Відокремлюють утворений осад, що містить сіль CaSO_4 . Стерилізують протягом 30 хв при температурі 112°C . Подають для підживлення у ферментер ФР-37 за допомогою насоса Н-33 при виробничому культивуванні порціями близько по 50 г/л.

ДР 3.4. Приготування та стерилізація 20%-го розчину сульфату амонію для інокуляторів та ферментера

Через об'ємно-ваговий дозатор Д-21 у реактор Р-22 подають 73,2 кг сульфату амонію, додають 366 л води питної. Розчин нагрівають до 40°C подачею у сорочку апарата глухої пари і включають мішалку до повногорозчинення. Отриманий розчин стерилізують гострою парою за температури 131°C протягом 1 год.

ДР 3.5. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 5 л

ДР 3.5.1. Приготування та стерилізація композиції Б

За допомогою дозатора Д-11 зважують 28 г KCl , 1,5 г $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 30 г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та подають наважки в інокулятор 5 л ІН-13, подають 2 л питної води через об'ємно-ваговий дозатор Д-11. Для повного розчинення солей підвищують температуру розчину до 40°C подачею пари у кожух апарата й вмикають перемішуючий пристрій. Приготований розчин підкислюють розчином HCl (від ДР 2.1), який надходить самопливом зі збірника З-15, до рН 4-4,5, після чого стерилізують протягом 1 год за температури 131°C .

ДР 3.6. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 50 л

ДР 3.6.1. Приготування та стерилізація композиції Б

За допомогою дозатора Д-18 зважують 280 г КСl, 15 г $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 300 г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та подають наважки в інокулятор 50 л ІН-20, подають 20 л питної води через об'ємно-ваговий дозатор Д-18. Для повного розчинення солей підвищують температуру розчину до 40 °С подачею пари у кожух апарата й вмикають перемішувач. Приготований розчин підкислюють розчином НСl (від ДР 2.1), який надходить самопливом зі збірника 3-15, до рН 4-4,5, після чого стерилізують протягом 1 год за температури 131°С.

ДР 3.7. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 500 л

ДР 3.7.1. Приготування та стерилізація композиції Б

За допомогою дозатора Д-24 зважують 2800 г КСl, 150 г $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 3000 г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та подають наважки в інокулятор 500 л ІН-26, подають 200 л питної води через об'ємно-ваговий дозатор Д-24. Для повного розчинення солей підвищують температуру розчину до 40 °С подачею пари у кожух апарата й вмикають перемішувач. Приготований розчин підкислюють розчином НСl (від ДР 2.1), який надходить самопливом зі збірника 3-15, до рН 4-4,5, після чого стерилізують протягом 1 год за температури 131°С.

ДР 3.8. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування інокуляту в інокуляторі 5 м³

ДР 3.8.1. Приготування та стерилізація композиції А

За допомогою дозатора Д-27 у реактор УБС-28 подають: 150 кг меляси, 28 кг КСl, 1,5 кг $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 30 кг $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та 1710 л питної води. Для повного розчинення компонентів підвищують температуру розчину до 40 °С подачею пари у кожух збірника й вмикають перемішувач.

Одержану суспензію стерилізують в УБС-28 гострою парою за температури 130 °С протягом 5-7 хвилин.

ДР 3.8.2. Приготування та стерилізація композиції Б

За допомогою дозатора Д-27 у реактор УБС-28 подають 240 кг меляси та 240 л питної води. Для повного розчинення компонентів підвищують

температуру розчину до 40 °С подачею пари у кожух збірника й вмикають перемішуючий пристрій. Одержану суспензію стерилізують в УБС-28 гострою парою за температури 130 °С протягом 5-7 хвилин. Розчин подається дробно при культивуванні.

ДР 3.9. Приготування та стерилізація поживного середовища для виробничого біосинтезу у ферментері 50 м³

ДР 3.9.1. Приготування та стерилізація композиції А

За допомогою дозатора Д-34 у реактор УБС-35 подають: 4500 кг меляси, 280 кг КСІ, 15 кг MgSO₄×7H₂O, 300 кг (NH₄)₂HPO₄ та 29600 л питної води. Для повного розчинення компонентів підвищують температуру розчину до 40 °С подачею пари у кожух збірника й вмикають перемішуючий пристрій.

Одержану суспензію стерилізують в УБС-35 гострою парою за температури 130 °С протягом 5-7 хвилин.

ДР 3.9.2. Приготування та стерилізація композиції Б

За допомогою дозатора Д-34 у реактор УБС-35 подають 3000 кг меляси та 3000 л питної води. Для повного розчинення компонентів підвищують температуру розчину до 40 °С подачею пари у кожух збірника й вмикають перемішуючий пристрій. Одержану суспензію стерилізують в УБС-35 гострою парою за температури 130 °С протягом 5-7 хвилин. Розчин подається дробно при культивуванні.

ТП 4. Підготовка посівного матеріалу

*ТП 4.1. Підтримання колекційної культури *Saccharomyces cerevisiae**

Колекційну культуру штаму *S. cerevisiae* зберігають у пробірках зі скошеним сусло-агаром (СА) при температурі 4°C, здійснюють пересіви кожні 3-4 місяці. При роботі з колекційною культурою забезпечуються строго асептичні умови.

*ТП 4.2. Отримання *Saccharomyces cerevisiae* на агаризованому середовищі*

Колекційну культуру, що зберігається в пробірках з середовищем СА, розсівають петлею до ізольованих колоній на чашках Петрі з СА в асептичних

умовах. Вирощують при температурі 31°C упродовж 24 год.

ТП 4.3. Вирощування робочої культури Saccharomyces cerevisiae на агаризованому середовищі

Мікробіологічною петлею пересівають ізольовані колонії на пробірки зі скошеним середовищем СА із розрахунку – одна ізольована колонія на окрему пробірку. Вирощування робочої культури здійснюють у пробірках при 31°C протягом 24 год.

ТП 4.4. Вирощування посівного матеріалу в колбах на качалці

У колбу об'ємом 500 мл із 175 мл розчину композиції Б (від ДР 3.1.2) в асептичних умовах вносять 30 мл розчину композиції А (від ДР 3.1.1), 55 мл розчину композиції В (від ДР 3.1.3) та 25 мл запасного 20%-го розчину сульфату амонію (від ДР 3.1.4). Розчин перемішують і розливають по 100 мл у 3 стерильні качалочні колби об'ємом 750 мл.

У пробірки з *S.cerevisiae* (від ТП 4.3) вносять по 10 мл фізіологічного розчину, суспендують та вносять у колби з поживним середовищем. Вирощування дріжджів проводять у колбах на качалці в режимі 200 об/хв при 31°C упродовж 24 год. По закінченню культивування відбирають проби для проведення мікробіологічного контролю.

ТП 4.5. Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 5 л

В інокулятор ІН-13 об'ємом 5 л, де знаходиться композиція Б (від ДР 3.5.1), подають за допомогою насоса Н-10 з реактора Р-9 0,29 л розчину меляси (початкова кількість) від ДР 3.2, у процесі культивування порціями подають 0,49 л розчину меляси з реактора Р-9.

Також подають 10 мл розчину сульфату амонію (від ДР 3.4). Вирощування дріжджів проводять за рН 5,0-5,5, тому після стерилізації солей слід нейтралізувати рН середовища до необхідного значення. Для цього подають 25% розчин аміачної води (від ДР 2.2) самопливом зі збірника З-17. Після цього подають інокулят з колб через засівну колбу від ТП 4.4, вмикають перемішуючий пристрій, аерацію, подають пару у кожух інокулятора. Додають 3 мл піногасника D-11.

Вирощування дріжджів проводять упродовж 24 год при температурі 31°C, рН 5,0-5,5, в аеробних умовах (витрата повітря 1000 м³/год) при перемішуванні. По закінченню культивування відбирають проби для проведення мікробіологічного контролю.

ТП 4.6. Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 50 л

В інокулятор ІН-20 об'ємом 50 л, де знаходиться композиція Б (від ДР 3.6.1), подають за допомогою насоса Н-10 з реактора Р-9 2,9 л розчину меляси (початкова кількість) від ДР 3.2, у процесі культивування порціями подають 4,9 л розчину меляси з реактора Р-9.

Також подають 100 мл розчину сульфату амонію (від ДР 3.4). Вирощування дріжджів проводять за рН 5,0-5,5, тому після стерилізації солей слід нейтралізувати рН середовища до необхідного значення. Для цього подають 25% розчин аміачної води (від ДР 2.2) самопливом зі збірника З-17. Після цього через трубу перетискування подають інокулят з інокулятора ІН -13 від ТП 4.5, вмикають перемішуючий пристрій, аерацію, подають пару у кожух інокулятора. Додають 30 мл піногасника D-11.

Вирощування дріжджів проводять упродовж 24 год при температурі 31°C, рН 5,0-5,5, в аеробних умовах (витрата повітря 1000 м³/год) при перемішуванні. По закінченню культивування відбирають проби для проведення мікробіологічного контролю.

ТП 4.7. Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 500 л

В інокулятор ІН-26 об'ємом 500 л, де знаходиться композиція Б (від ДР 3.7.1), подають за допомогою насоса Н-10 з реактора Р-9 29 л розчину меляси (початкова кількість) від ДР 3.2, у процесі культивування порціями подають 49 л розчину меляси з реактора Р-9.

Також подають 1 л розчину сульфату амонію (від ДР 3.4). Вирощування дріжджів проводять за рН 5,0-5,5, тому після стерилізації солей слід нейтралізувати рН середовища до необхідного значення. Для цього подають 25% розчин аміачної води (від ДР 2.2) самопливом зі збірника З-17. Після цього через трубу перетискування подають інокулят з інокулятора ІН -20 від ТП 4.6,

вмикають перемішувачий пристрій, аерацію, подають пару у кожух інокулятора. Додають 300 мл піногасника D-11.

Вирощування дріжджів проводять упродовж 24 год при температурі 31°C, рН 5,0-5,5, в аеробних умовах (витрата повітря 1000 м³/год) при перемішуванні. По закінченню культивування відбирають проби для проведення мікробіологічного контролю.

ТП 4.8. Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 5 м³

В інокулятор ІН-30 об'ємом 5 м³, подають простерилізовану в УБС-28 композицію А (від ДР 3.8.1). Також подають 10 л розчину сульфату амонію (від ДР 3.4). У процесі вирощування подають композицію Б (від ДР 3.8.2). Вирощування дріжджів проводять за рН 5,0-5,5, тому рН середовища регулюють до необхідного значення 6%-м розчином кислоти (від ДР 2.1) та 25% розчином аміачної води (від ДР 2.2) самопливом зі збірників 3-15 та 3-17 відповідно. Після цього через трубу перетискування подають інокулят з інокулятора ІН-26 від ТП 4.7, вмикають перемішувачий пристрій, аерацію, подають пару у кожух інокулятора. Додають 3 л піногасника D-11.

Вирощування дріжджів проводять упродовж 24 год при температурі 31°C, рН 5,0-5,5, в аеробних умовах (витрата повітря 1000 м³/год) при перемішуванні. По закінченню культивування відбирають проби для проведення мікробіологічного контролю.

ТП 5. Біосинтез

ТП 5.1. Виробничий біосинтез у ферментері об'ємом 50 м³

У ферментер ФР-37 об'ємом 50 м³, подають простерилізовану в УБС-35 композицію А (від ДР 3.9.1). Також подають 100 л розчину сульфату амонію (від ДР 3.4). У процесі вирощування подають композицію Б (від ДР 3.9.2). Періодично подають запасний розчин меляси від ДР 3.3 з реактора Р-32 насосом Н-33 порціями по 50 г/л.

Вирощування дріжджів проводять за рН 5,0-5,5, тому рН середовища регулюють до необхідного значення 6%-м розчином кислоти (від ДР 2.1) та 25% розчином аміачної води (від ДР 2.2) самопливом зі збірників 3-15 та 3-17

відповідно. Після цього через трубу перетискування подають інокулят з інокулятора ІН-30 від *ТП 4.8*, вмикають перемішуючий пристрій, аерацію, подають пару у кожух ферментера. Додають 30 л піногасника D-11.

Вирощування дріжджів проводять упродовж 14 год при температурі 31°C, рН 5,0-5,5, в аеробних умовах (витрата повітря 1000 м³/год) при перемішуванні. Коли рівень біомаси досягає необхідного значення 180 г/л, культивування припиняють. По закінченню культивування відбирають проби для проведення мікробіологічного контролю та контролю рівня біомаси.

РОЗДІЛ 8. КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Постадійний контроль виробництва хлібопекарських дріжджів представлено у табл. 4.1.

НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
<i>Розроб.</i>		<i>Кравченко В.В.</i>			Розділ 8. Контроль виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів
<i>Перевір.</i>		<i>Резніченко Ю.М.</i>					99	11
<i>Реценз.</i>						Кафедра БТМ - 6		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стабніков В.П.</i>						

Карта постадійного контролю виробництва хлібопекарських дріжджів

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативна характеристика показника, що визначається
Кт1.1 Забір атмосферного повітря	Висота забору повітря	Висота труби забору	Протягом всього циклу виробництва	H=18 м
Кт1.2 Очищення від грубих домішок	Очищене повітря, ступінь очищення повітря на виході з фільтра, перепад тисків	Манометр, перевірка ступеню очищення згідно паспорту фільтра	Після очистки у фільтрі грубого очищення	E=90%, тиск згідно паспорту
Кт1.3 Компресіювання повітря	Стиснене повітря, температура, тиск	Манометр технічний, термометр	Повітря після компресорування	P=0,35 МПа, t=120-200°C
Кт1.4 Охолодження повітря та видалення вологи	Охоложене повітря, температура	Термометр технічний, психрометричний метод	Після охолодження повітря і видалення вологи	t=25-30°C, W=60-70%
Кт1.5 Підігрівання повітря	Підігріте повітря, температура	Термометр технічний	Після нагріву повітря	t=30-35°C
Кт1.6 Тонке очищення повітря	Очищене повітря, перепади тисків, ступінь очищення повітря на виході з фільтра	Манометр, перевірка ступеню очищення згідно паспорту фільтра	Після очистки у фільтрі головного очищення	E=90-95%, тиск згідно паспорту
Кт1.7 Очищення повітря на індивідуальних фільтрах	Очищене повітря, ступінь очищення повітря	Перевірка ступеню очищення повітря згідно паспорту фільтра	Під час очищення повітря на індивідуальних фільтрах	E=99,995%
Кх2.1 Приготування 6% розчину HCl для підкислення поживних середовищ	Концентрація HCl	Хімічний метод	Після приготування розчину	C=6%

Кх2.2 Приготування 25%-го розчину аміачної води для нейтралізації поживних середовищ	Концентрація аміачної води, температура, час, стерильність	Хімічний метод, манометр технічний, термометр, таймер	Після приготування розчину, тиск і температуру перевіряють безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод	C=25%
Кт, Км 3.1 Приготування та стерилізація композиції А для інокуляторів 5, 50 та 500 л	Композиція А, температура, тиск, час, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод контролю	P=0,05 МПа, t=112°C, τ=30 хв, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.2. Приготування та стерилізація запасного розчину м'яса для біосинтезу	М'яса, температура, тиск, час, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод контролю	P=0,05 МПа, t=112°C, τ=30 хв, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.3 Приготування та стерилізація 20%-го розчину сульфату амонію для колб	Сульфат амонію, температура, тиск, час, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=40 хв, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.4 Приготування та стерилізація 20%-го розчину сульфату амонію для інокуляторів та ферментера	Сульфат амонію, температура, тиск, час, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=40 хв, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.5.1 Приготування та стерилізація композиції А для вирощування інокуляту в колбах на качалці	Композиція А, температура, тиск, час, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод контролю	P=0,05 МПа, t=112°C, τ=30 хв, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.5.2	Композиція Б, температура,	Манометр технічний,	Тиск визначається	P=0,15 МПа,

Приготування та стерилізація композиції Бдля вирощування інокуляту в колбах на качалці	тиск, час, стерильність	термометр, таймер, мікробіологічний контроль	безперервно під час стерилізації, мікробіологічний метод контролю	t=131°C, τ=40 хв, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.6.1 Приготування та стерилізація композиції Б для інокулятора 5 л	Композиція Б, температура, тиск, час, рН, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, рН-метр, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, метод мікробіологічного контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=1 год, рН 4-4,5, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.7.1 Приготування та стерилізація композиції Б для інокулятора 50 л	Композиція Б, температура, тиск, час, рН, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, рН-метр, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, метод мікробіологічного контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=1 год, рН4-4,5, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.8.1 Приготування та стерилізація композиції Б для інокулятора 500 л	Композиція Б, температура, тиск, час, рН, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, рН-метр, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, метод мікробіологічного контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=1 год, рН4-4,5, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.9.1 Приготування та стерилізація композиції Б для інокулятора 5 м ³	Композиція Б, температура, тиск, час, рН, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, рН-метр, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, метод мікробіологічного контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=1 год, рН4-4,5, відсутність мікробіоти
Кт, Км 3.10.1 Приготування та стерилізація композиції Б для ферментера 50 м ³	Композиція Б, температура, тиск, час, рН, стерильність	Манометр технічний, термометр, таймер, рН-метр, мікробіологічний контроль	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, метод мікробіологічного контролю	P=0,15 МПа, t=131°C, τ=1 год, рН4-4,5, відсутність мікробіоти

Кт, Км 4.1 Підтримання колекційної культури <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Колекційна культура, температура, мікробіологічна чистота культури	Холодильник	Мікробіологічний контроль	t=4°C, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км 4.2 Отримання <i>Saccharomyces cerevisiae</i> на агаризованому середовищі	Пересіяна культура, чашки Петрі з СА, температура, тривалість вирощування, мікробіологічна чистота культури	Термостат, мікроскоп, мікробіологічний контроль	Мікробіологічний контроль після вирощування культури	t=31°C, τ=24 год, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км 4.3 Вирощування робочої культури <i>Saccharomyces cerevisiae</i> на агаризованому середовищі	Пересіяна культура, пробірки з СА, температура, тривалість вирощування, мікробіологічна чистота культури	Термостат, мікроскоп, мікробіологічний контроль	Мікробіологічний контроль після вирощування культури	t=31°C, τ=24 год, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км 4.4 Вирощування посівного матеріалу в колбах на качалці	Посівний матеріал, тривалість вирощування, температура, швидкість перемішування, мікробіологічна чистота культури	Термометр технічний, таймер, тахометр, мікробіологічний контроль	Після вирощування інокуляту в колбах на качалках	t=31°C, τ=24 год, ω=200 об/хв, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Кх, Км 4.5 Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 5 л	Посівний матеріал, тривалість культивування, температура, рН, мікробіологічна чистота культури	Термометр технічний, таймер, рН-датчик, , мікробіологічний контроль	Під час вирощування інокуляту і в кінці культивування	t=31°C, τ=24 год, рН 5,0-5,5, витрата повітря 1000 м ³ /год, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Кх, Км 4.6 Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 50 л	Посівний матеріал, тривалість культивування, температура, рН, мікробіологічна чистота культури	Термометр технічний, таймер, рН-датчик, мікробіологічний контроль	Під час вирощування інокуляту і в кінці культивування	t=31°C, τ=24 год, рН 5,0-5,5, витрата повітря 1000 м ³ /год, відсутність сторонньої

				мікробіоти
Кт, Кх, Км 4.7 Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 500 л	Посівний матеріал, тривалість культивування, температура, рН, мікробіологічна чистота культури	Термометр технічний, таймер, рН-датчик, мікробіологічний контроль	Під час вирощування інокуляту і в кінці культивування	t=31°C, τ=24 год, рН5,0-5,5, витрата повітря 1000 м ³ /год, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Кх, Км 4.8 Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі об'ємом 5 м ³	Посівний матеріал, тривалість культивування, температура, рН, мікробіологічна чистота культури	Термометр технічний, таймер, рН-датчик, мікробіологічний контроль	Під час вирощування інокуляту і в кінці культивування	t=31°C, τ=24 год, рН5,0-5,5, витрата повітря 1000 м ³ /год, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Кх, Км 5.1 Виробничий біосинтез у ферментері об'ємом 50 м ³	Культуральна рідина, температура, рН, тривалість культивування, концентрація біомаса, мікробіологічна чистота	Термометр технічний, годинник, рН-датчик, хроматограф, мікробіологічний контроль	Мікробіологічний контроль проводять кожні 4 години, концентрація біомаси визначається після закінчення процесу культивування	t=31°C, τ=14 год, рН5,0-5,5, витрата повітря 1000 м ³ /год, С ₆ = 180 г/л, відсутність сторонньої мікробіоти

У процесі культивування кожні 4-6 годин необхідно відбирати проби культуральної рідини для здійснення мікробіологічного контролю, визначення концентрації біомаси, джерел вуглецю (меляса) та азоту (діамоній фосфат, сульфат амонію).

8.1. Мікробіологічний контроль

Мікробіологічний контроль реалізується шляхом висіву культури на чашки Петрі з агаризованими середовищами і наступним мікроскопіюванням.

Культуральну рідину розсівають мікробіологічною петлею до ізольованих колоній на чашки Петрі з триптон-соевим агаром (ТСА) або м'ясо-пептонним агаром (МПА) для виявлення бактерій, а також з сусло-агаром (СА) для виявлення дріжджів та грибів [61].

Мікроскопіювання здійснюють у світловому мікроскопі з імерсійною системою. Для приготування препарату на чисте знежирене предметне скло, в асептичних умовах, за допомогою стерильної петлі наносять краплину культуральної рідини. Краплю розподіляють по склу петлею, при цьому діаметр мазка має становити близько 1 см. Мазок висушують без нагрівання, при кімнатній температурі, до повного випаровування вологи. Після цього на сухий препарат за допомогою скляної палички наносять 1-2 краплини імерсійного масла. По закінченню роботи ватою, змоченою етиловим спиртом, прибирають залишки масла з імерсійного об'єктива [61].

Клітини *Saccharomyces cerevisiae* на солодовому сусло-агарі овальної форми, розміром 8-15×5-12 μм. Колонії блідо-жовтого кольору із сірим відтінком, матові, з рівними краями; округлої форми; діаметром 5-7 μм[62].

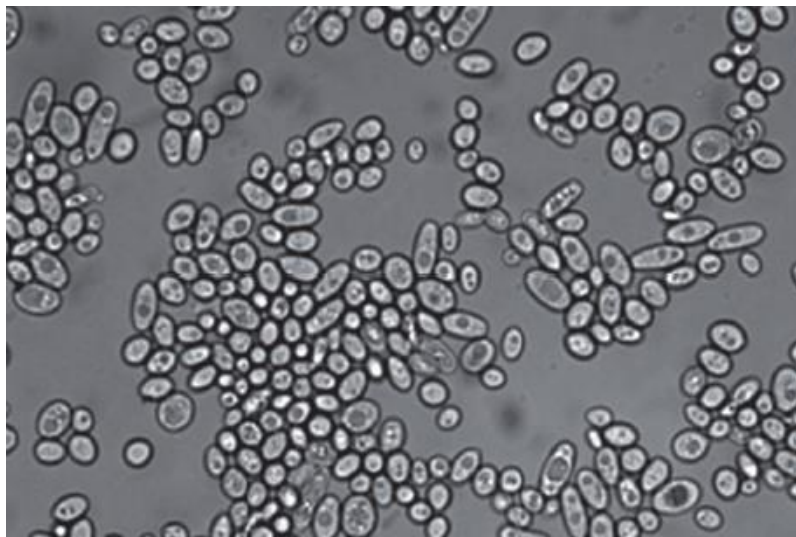


Рис. 8.1. Морфологія клітин *Saccharomyces cerevisiae*.



Рис. 8.2. Ріст культури *Saccharomyces cerevisiae* при рості на солодовому сусло-агарі.

При дослідженні морфології *S. cerevisiae* було виявлено великі округлі клітини розміром 5x5 μm , 6x6 μm , 7x7 μm (90%); а також розміром 5x5 μm та 10x10 μm . При 5 % NaCl у середовищі виявлено переважання до 80 % округлих клітин, рідко зустрічалися клітини розміром 6x6 μm та 7x7 μm . Виявили також грушоподібні клітини розміром 3x5 μm , 4x6 μm (до 20 %) та декілька овальної форми. Відзначено багато клітин, що брунькуються, з жировими включеннями [62].

8.2. Показники росту і синтезу цільового продукту

8.2.1. Концентрація біомаси

Визначення біомаси, що являє собою цільовий продукт, можна здійснити ваговим методом після осадження клітин центрифугуванням протягом 20 хв при 5000 об/хв. Після цього відмиті клітини висушують, зважують та визначають кількість біомаси [63].

8.2.2. Концентрація джерела Карбону

Джерелом вуглецю у даному середовищі є меляса, що містить сахарозу, тому концентрацію даної сполуки в культуральній рідині можна встановити кондуктометричним біосенсором на основі триферментної системи [64].

Біосенсор для визначення сахарози містить складну триферментну мембрану, що виконує роль чутливого елемента, іммобілізованого на кондуктометричний перетворювач.

Вимірювання проводили у 5мМ фосфатному буфері та універсальному буфері з різним рН при кімнатній температурі у відкритій комірці за інтенсивного перемішування. Концентрацію субстратів у комірці задавали, додаючи до робочого буфера порціями стандартні концентровані вихідні розчини субстрату.

В основі роботи кондуктометричного біосенсора для визначення вмісту сахарози лежить каскад ферментативних реакцій

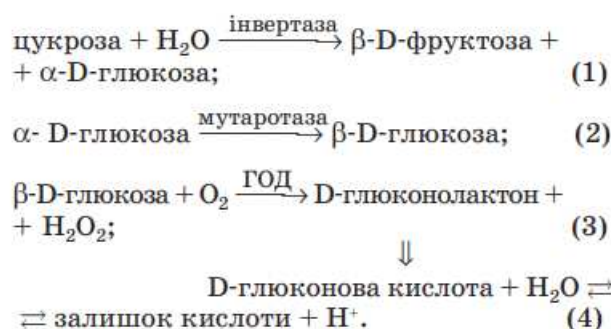


Рис. 8.3. Реакції в основі роботи кондуктометричного біосенсора.

Інвертаза, мутаротаза і глюкозооксидаза поступово розщеплюють цукрозу до пероксиду водню та D-лактон, у свою чергу, спонтанно гідролізується до глюконової кислоти, яка дисоціює на залишок кислоти і протон. За таких умов змінюється провідність розчину, яку можна реєструвати

за допомогою кондуктометричного перетворювача.

Час визначення концентрації сахарози в розчині — 1–2 хв. Динамічний діапазон визначення може змінюватись залежно від буферної ємності. Так, у 5 мМ фосфатному буферному розчині він становить 2 мкМ — 5 мМ сахарози [64].

8.2.3. Концентрація джерела Нітрогену

Так як джерелом азоту у середовищі для отримання біомаси хлібопекарських дріжджів виступають фосфат амонію та сульфат амонію, концентрацію NH_4^+ слід визначати за допомогою мікродифузійного методу з реактивом Несслера [65].

Реакційна суміш передбачає наявність 1 мл зразка і 1 мл насиченого розчину K_2CO_3 . Стандартний зразок становить 1 мл розчину, що містить 5 мМ NH_4^+ , і 1 мл розчину K_2CO_3 . Суміш поміщають в посудину об'ємом 18 мл, обладнану корком зі скляною паличкою, змоченою у 1М розчині H_2SO_4 . Закрити посудину інкубують при постійному перемішуванні на качалціза температури 30°C протягом 60 хв. За цей час випари аміаку зв'язуються з кислотою.



Рис. 8.3. Спектрофотометр UV-vis 1240 Shimadzu[65].

Після закінчення інкубації корок з паличкою переносять в іншу посудину з 5 мл бідистильованої води та 0,5 мл реактиву Несслера. Вміст струшують для змиву реагентів з палички. Отриману суміш інкубують 30 хв при кімнатній температурі, після чого вимірюють оптичну густину на спектрофотометрі UV-vis 1240 Shimadzu (Японія) при довжині хвилі 413 нм в кюветі з довжиною оптичного шляху 1 см. Концентрацію NH_4^+ визначали як порівняння зі стандартним розчином, що містить 5 мМ NH_4^+ [66].

РОЗДІЛ 9. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

На наступному етапі розглянемо об'єми утворення рідких відходів. Дані кількості стоків були отримані під час проходження практики на підприємстві.

Таблиця 9.1

Характеристика рідких відходів

Характеристика стоку	Періодичність викиду	Кількість стоків, м ³ /добу	Концентрація	Місце викиду
Стічні води після санітарної обробки приміщень та обладнання	Після санітарної обробки	0,2	Температура не вище 40 °С рН 6,5-9,0 Хімічне споживання кисню не вище 500 мг/дм ³	Каналізація
Стічні води після миття приміщень та обладнання	По ходу технологічного процесу	2	Температура не вище 40 °С рН 6,5-9,0 Хімічне споживання кисню не вище 500 мг/дм ³	Каналізація

На основі вищезазначеної інформації робимо висновок, що такі обсяги рідких відходів потребують відповідного ефективного способу утилізації, замість надходження у каналізацію.

9.1. Системи знешкодження рідких відходів

Для утилізації рідких відходів на підприємстві запропоновано метод біологічного очищення стічних вод [67].

Установка для біологічного очищення стічних вод включає трубопровід впуску стічних вод, басейн із нефільтруючим дном, основа якого постачена фільтруючим завантаженням, на якому розташовані посадки вищих водяних рослин, горизонтальні самопливні дрени, розміщені в підставі басейну, трубопровід, колодязь, постачений пристроєм регулювання рівня води,

НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Кравченко В.В.		
Перевір.		Резніченко Ю.М.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Стабніков В.П.		
Розділ 9. Аналіз перспектив впровадження системи екологізації виробництва			Літ.	Арк.
				110
			Кафедра БТМ 105	
			6	

трубопроводом відводу очищених стічних вод. Вона додатково містить відстійник, розміщений перед басейном, у який заведений трубопровід впуску стічних вод, а усередині відстійника улаштований розподільний жолоб, стінки якого виконані у вигляді зубцюватого водозливу, причому розподільний жолоб розміщений нижче трубопроводу впуску стічних вод, а трубопровід, що відводить воду з відстійника в басейн, розміщений нижче крайки зубцюватого водозливу розподільного жолоба на перепаді висот.

Стічна рідина надходить по трубопроводу 1 впуску стічної води в розподільний жолоб 3, відстійники 2 і, переливаючись завдяки перепаду відміток рівнів води між крайкою зубцюватого водозливу і трубопроводом 4, що відводить воду з відстійника, наповнює відстійник. Струмені води в падінні збагачуються киснем повітря, за рахунок чого в ємності відстійника відбувається активне біохімічне очищення стічної води, що надходить. Крім того, знаходячись у відстійнику, вода освітлюється, через випадання наносів, і вже частково очищена і прояснена, надходить по трубопроводу 4 з відстійника 2 у басейн 5. Як відомо, у подібних пристроях, зниження концентрації органічних забруднень у відстійнику відбувається на 20-30%, а зважених речовин - більш 50% від поступаючих на очищення. Проходячи між вищими водяними рослинами 7, висадженими у фільтруючій завантаженні 6, стічні води піддаються впливу фіто-, бактеріо- і зоопланктону, мікро- і альгофлори перифітона наземної їхньої частини. У результаті цього відбувається зниження концентрацій нормованих інгредієнтів на 30-50% від загального зниження в установці. Завдяки перепаду рівнів води в басейні 5 і колодязі 10, відбувається рух води через фільтруюче завантаження 6, дрени 8, трубопровід 9 і регулятор рівня води 11 у колодязі 10.

У процесі фільтрації через завантаження 6 вода піддається впливу фізико-хімічних, біохімічних і біологічних процесів з боку біоактивної плівки, що покриває завантаження, і очищається до необхідної якості. Регулятор рівня води 11 у колодязі 10 дозволяє змінювати час перебування води в басейні (час контакту води, що очищається, зі штучним біогеоцинозом). Очищена вода з

колодязя 10 надходить через трубопровід 12 відводу очищеної води або у водяний об'єкт, або на повторне використання.

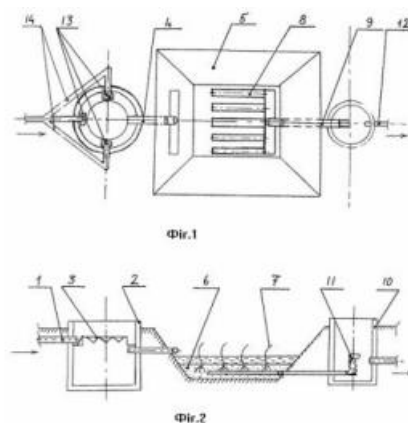


Рис. 9.1. Установа для біологічного очищення стічних вод [67].

Такий метод дозволяє істотно підвищити якість очищення стічних вод при зменшенні займаної площі установки на 20-35% [67].

9.2. Системи знешкодження газоподібних відходів

Для утилізації газоподібних відходів пропонується метод знешкодження газоподібних відходів шляхом очищення повітря за допомогою біофільтра [68].

Відомий біофільтр для комплексного очищення газоповітряних викидів мікробіологічних виробництв. В цьому біофільтрі основну частину біологічно-активного фільтруючого матеріалу складає просочена живильним середовищем солома злакових культур, а газовод відведення газоповітряних викидів виконаний у вигляді зазору між бічними стінками і перекриттям, причому перекриття має нахил від бічних стінок всередину до осі симетрії, а кут нахилу перекриття до горизонту складає 1–2 градусів.

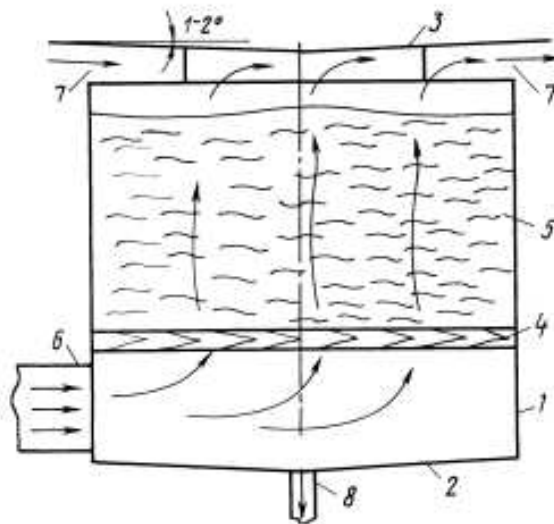


Рисунок 9.2. Вертикальний розріз біофільтра:

1 – вертикальні бічні стінки; 2 – днище; 3 – перекриття; 4 – опорні горизонтальні ґрати; 5 – шар біологічно-активного фільтруючого матеріалу, основну частину якого складає просочена живильним середовищем солома злакових культур; 6 – газовод підвода газоповітряних викидів; 7 – зазор між бічними стінками і перекриттям; 8 – дренажне відведення [68].

Біофільтр працює таким чином. Газоповітряні викиди мікробіологічних виробництв, що містять мікробний аерозоль і домішки неприємно пахучих речовин, поступають через патрубок підведення викидів 6 під горизонтальні опорні ґрати 4 і потім проходять вертикально від низу до верху крізь розміщений по ній шар біологічно-активного фільтруючого матеріалу 5, очищаються в ньому від мікробного аерозоля і домішок неприємно пахучих речовин і потім очищені через зазор 7 між бічними стінками 1 і перекриттям 3 викидаються в атмосферу. Дослідно-промисловий біофільтр такої конструкції успішно експлуатується в холодний і теплий час протягом року для очищення газоповітряних викидів.

Після запуску біофільтр працює в безперервному автоматичному режимі без енерговитрат, не вимагаючи ніякого експлуатаційного обслуговування. Біофільтр площею 6,25 м² повністю очищає газоповітряні викиди витратою 2100 м³ /годину як від домішок неприємно пахучих речовин (органолептично неприємний запах після біофільтра не виявляється), так і від мікробного

аерозоля [68].

9.3. Система знешкодження та утилізації твердих відходів

Тверді відходи на підприємстві включають органічну біомасу, непридатні хімічні речовини, пакувальні матеріали, скло, засоби індивідуального захисту.

З метою знешкодження твердих відходів, що являють собою органічну біомасу, використовують метод термічної деструкції [69].

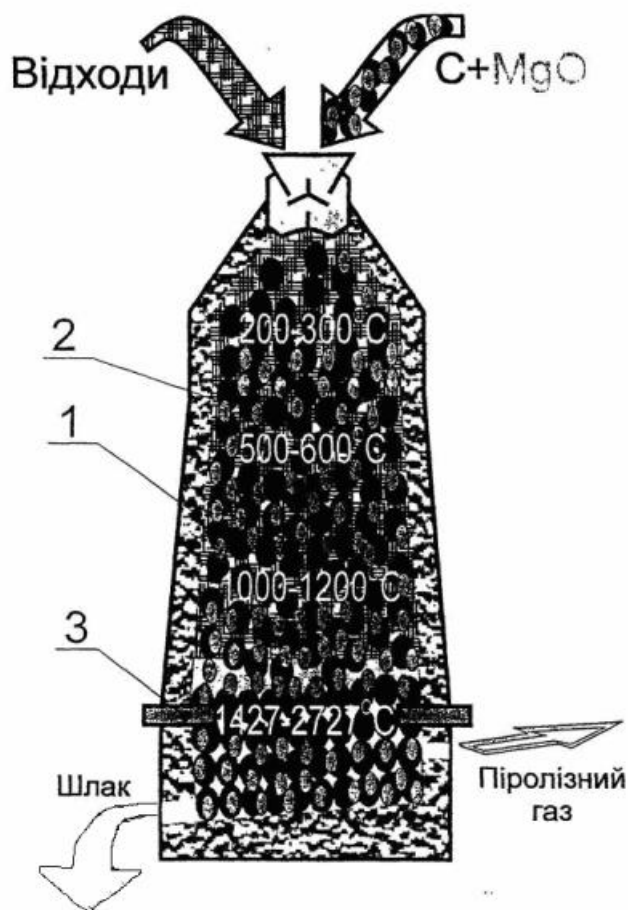


Рис. 9.2. Система утилізації твердих органічних відходів.

1 - термореактор, 2 - відходи, 3 - електроди, 4 - шар твердого грудкового електропровідного теплоносія, зверху в окремих бункерах відходи та суміш грудок графіту з магнезитом (MgO), стрілками показано рух газоподібних продуктів та шлаку. В нижній зоні реактора 1, на висоту вище рівня електродів 3 формують шар 4 із суміші грудок графіту та магнезиту (MgO). Решту шахти реактора заповнюють відходами 2. Далі електродами 3 до шару 4 підводять напругу і пропусканням електричного струму шар 4 розігрівається.

Термічна деструкція органічної частини відходів починається в верхній частині шахти реактора при температурі близько $200^{\circ}C$ виділенням летучих,

переважно в вигляді важких вуглеводнів, які рухаються в прямоці з масою сировини. Проходячи зверху вниз послідовно ділянки з монотонно зростаючою температурою, складні органічні компоненти відходів розкладаються на простіші, і чим вище температура, тим простіші залишаються сполуки. При цьому продукти низькотемпературної деструкції піддаються вторинному піролізу. Процес повного розкладення відходів на молекулярні складові закінчується при температурі близько 1200°C з одержанням H₂, O₂, N₂, Cl₂, Si твердого вуглецевого залишку С. При температурах вище 1200°C протікає активна взаємодія твердого вуглецю з киснем відходів та паром вологи (газифікація) з генеруванням СО, молекулярний хлор реагує з воднем з утворенням парів НСl, а сірка, реагуюча з киснем, утворює сірковий ангідрид SO₂, фтор створює HF. Одержані газоподібні продукти профільтовуються крізь шар грудкового теплоносія, відсмоктуються з реактора і використовуються в якості піролізного газу. Мінеральні компоненти у вигляді шлаку випускаються через нижню льотку.

Для стабільного протікання хімічних реакцій і процесу в цілому фільтруючий шар підживлюють свіжою сумішшю компонентів. Підживлення виконують шляхом завантаження зверху в реактор підготовленої суміші фільтруючих компонентів попутно з кожною порцією відходів. Рухаючись зверху вниз в масі відходів, грудки графіту і магнезиту від підвищення температури змін не потерпають і майже в своєму первинному вигляді поповнюють фільтруючий шар відновлюють таким чином його теплогенеруючі і знешкоджувальні функції. Заявлений діапазон завантажуваної маси грудкового графіту орієнтовано на стабілізацію теплогенеруючих та фільтруючих функцій грудкового шару при утилізації відходів будь-якого складу. Нижнє значення 5 кг/тону відходів - обумовлене механічним зносом елементів шару в процесі фільтрації крізь нього газів і шлаку. При добавках графіту менш ніж 5 кг/т - шар не відновлюється і поступово зношується, втрачаючи свої функціональні спроможності. Верхнє значення 600 кг/тону відходів - має місце при наявності в відходах переважної кількості окислюючих

елементів, наприклад, при утилізації обводнених шламів, в яких вміст вологи сягає 90% [69].

Утилізацію непридатних хім. речовин пропонується проводити шляхом нейтралізації речовинами, що розкладають відповідні сполуки. Пакувальні матеріали, скло, засоби індивідуального захисту запропоновано сортувати та відправляти на переробку до відповідних компаній.

РОЗДІЛ 10. НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, ВИКОРИСТАНА ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

Нормативна документація, що регламентує різні аспекти інженерної діяльності у фармацевтичній та біотехнологічній галузі та регулює вибір відповідного обладнання, інструментів та методів для реалізації й контролю виробництв біотехнологічних та фармацевтичних продуктів включає такі документи:

1. Закон України «Про стандартизацію» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2001, N 31, ст. 145).
2. Закон України “Про лікарські засоби”. № 70/97-ВР від 14.02.97. ВВР, 1997, № 15 ст. 115.
3. Державна Фармакопея України: в 3 т. / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». — 2-е вид. — Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. — Т. 1. — 1128 с.
4. Державна Фармакопея України : в 3 т. / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». — 2-е вид. — Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. — Т. 2. — 724 с.
5. Державна Фармакопея України : в 3 т. / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». — 2-е вид. — Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. — Т. 3. — 732 с.
6. ДСТУ 2636 -94 Загальна мікробіологія. Терміни та визначення.
7. ДСТУ 2424-94 Промислова мікробіологія. Терміни та визначення.
8. ДСТУ 3803-98 Біотехнологія. Терміни і визначення.
9. ДСТУ ISO 9000 – 2001 Системи управління якістю. Основні положення

					НУХТ БТЕК 04.03.19 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравченко В.В.			Розділ 10. Нормативно-технічна документація, використана під час проектування виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Резніченко Ю.М.				115	3	
Реценз.						Кафедра БТМ113		
Н. Контр.								
Затверд.		Стабніков В.П.						

та словник.

10. Настанова "Лікарські засоби. Належна виробнича практика. СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2020".

11. Настанова "Лікарські засоби. Належна клінічна практика. СТ-Н МОЗУ 42-7.0:2008".

12. Настанова "Лікарські засоби. Належна практика дистрибуції. СТ-Н МОЗУ 42-5.0:2008".

13. Настанова "Лікарські засоби. Належна практика зберігання. СТ-Н МОЗУ 42-5.1:2011".

14. Настанова. "Лікарські засоби. Фармацевтична розробка (ICH Q8). СТ-Н МОЗУ 42-3.0:2011".

15. ДСТУ 3411 – 96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до органів з сертифікації продукції та порядок їх акредитації.

16. ДСТУ 3413 – 96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції.

17. ДСТУ 3420 – 96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до органів з сертифікації систем якості і порядок їх акредитації.

18. ДСТУ 3419 – 96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Сертифікація систем якості. Порядок проведення.

19. ДСТУ 3414 – 96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок здійснення.

20. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління.

21. ДСТУ Б А.2.4-7:2009. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень.

22. .В. Карлаш. Основи проектування біотехнологічних виробництв: Конспект лекцій для студентів напряму 6.051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Ю.В.Карлаш - К: НУХТ, 2013. – 143 с.

23. ПИРОГ Т.П. Біохімічні основи мікробного синтезу [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньо-професійної

програми «Біотехнології: фармацевтична, промислова, харчова, природоохоронна»/ Т.П. Пирог, Л.В.Ключка. – К.: НУХТ, 2019. – 81 с.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко І.А. Дослідження ризиків підприємств хлібопекарської галузі України / І.А. Бойко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент. – 2015. – Вип. 12. – С. 73-77.
2. Карпик Г.В. Конспект лекцій з курсу "Загальні технології харчової промисловості" / Карпик Галина Вікторівна, 2015 – URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/17893> .
3. Маянский А.Н. Патогенетическая микробиология: руководство. Нижний Новгород: Издательство НижГМА, 2006. 520 с.
4. Пирог, Т.П., Антонюк М.М. Лабораторний практикум з дисципліни «Загальна мікробіологія і вірусологія» для студ. освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання. К. :НУХТ. 2016, 110 с.
5. Пирог, Т.П. Загальна мікробіологія: підручник, 2-е вид., доповнене. і перероблене. К. :НУХТ. 2010, 632 с.
6. Храмова Е.А., Максимова Н.П. Селекція продуцентів: курс лекцій. Минск: БГУ. 2011, 132 с.
7. Mulamattathil S. G. Isolation of environmental bacteria from surface and drinking water in Mafikeng, South Africa, and characterization using their antibiotic resistance profiles. J. Pathog. 2014. doi: 10.1155/2014/371208.
8. Хоулт Дж., Криг Н., Смит П., Стейли Дж., Уильямс С. Определитель бактерий Берджи в 2 томах. М: Мир. 1997, 746 с.
9. Bollmann, A., Palumbo, A. V., Lewis, K., & Epstein, S. S. Isolation and physiology of bacteria from contaminated subsurface sediments. Appl environ microbiol. 2010, 76(22):7413-7419. doi: 10.1128/AEM.00376-10
10. Gittel, A., Mußmann, M., Sass, H., Cypionka, H., & Könneke, M. Identity and abundance of active sulfate-reducing bacteria in deep tidal flat sediments determined by directed cultivation and CARD-FISH analysis. Environ microbiol. 2008, 10(10):2645-2658. DOI:10.1111/j.1462-2920.2008.01686.x
11. Патент РФ № 2405820 С12N1/18 Способ изготовления сухих дрожжей / Березин Алексей Владимирович (RU). Опубликовано: 10.12.2010.

12. Chopda Viki R., Rathore Anurag S., Gomes James Maximizing biomass concentration in baker's yeast process by using a decoupled geometric controller for substrate and dissolved oxygen. *Bioresource Technology*. 2015, 196: 160–168. doi:10.1016/j.biortech.2015.07.050.

13. Патент України № 26000. Спосіб вирощування хлібопекарських дріжджів / Зохнюк В.М., Черьомухін І. К., Суліма Т. В., Лужков О. М., Левіт Х. Д. Опубл. 26.02.1999.

14. Загальні технології харчової промисловості (РОЗДІЛ: Технологія хліба, макаронних та кондитерських виробів) Конспект лекцій для студентів всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія», 2015.

15. Махинько В. М., Махинько Л. В. Норми споживання хліба в різних країнах з погляду задоволення основних потреб організму. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2010, 6: 8-11.

16. Скільки українців залишиться до 2030 року? Прогноз демографа [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://glavcom.ua/country/society/skilki-ukrajintsiv-zalishitsja-do-2030-roku-prohnoz-demohrafa-919152.html#:~:text=%D0%9E%D1%86%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0%20%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0,%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D1%96%D1%94%D0%BC%D0%BE%2C%20%D1%89%D0%BE%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%94%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F%20%D0%B7%20%D0%BC%D1%96%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%94%D1%8E>.

17. Скільки важить хліб? [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://takprosto.pp.ua/10073-sklki-vazhit-hlb.html>.

18. V. Potapenko, O. Skrotska OBTAINING PRACTICALLY VALUABLE COMPOUNDS WITH THE USE OF RECOMBINANT YEAST

SACCHAROMYCES CEREVISIAE. PART ONE: SYNTHESIS OF ETHANOL, BUTANOL AND ISOBUTANOL. Scientific Works of NUFT 2020. Volume 26, Issue 5

19. Rutkis R., Kalnenieks U., Stalidzans E., Fell D. A. Kinetic modelling of the Zymomonas mobilis Entner-Doudoroff pathway: insights into control and functionality. (англ.) // Microbiology (Reading, England). — 2013. — Vol. 159, no. Pt 12. — P. 2674—2689. — doi:10.1099/mic.0.071340-0

20. Промышленная мешалка [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ua.all.biz/promyshlennaya-meshalka-g16618223> .

21. Ферментеры (биореакторы) промышленные из нержавеющей стали [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mida.ru/catalog/fermentery/fermentery-bioreaktory-promyshlennye-stalnye/>.

22. Гічов Ю.О. Очищення газів. Частина II: Конспект лекцій. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 46 с.

23. Фильтры ULPA сверхвысокоэффективной очистки воздуха типа ФЯС-U классов U15-U17 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://folter.com.ua/pdf/pritVozduh/fyas-s.pdf> .

24. Гембар [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://datonal.org/?m0prm=3&m1prm=4&showItem=25>.

25. Хлорантоін ® - дезінфекційний засіб. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://farmakos.ua/ua/hlor.html>.

26. Дезінфікуючий засіб Перекис водню 50% [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p895492-dezinfitsiruyuschee-sredstvo-perekis.html?&primelead=M14xNQ> .

27. Клінісепт (ДезоМарк), 1 л., Cleanisept, концентрат для дезінфекції та чистки поверхонь, виготовлено із сировини та за технологією компанії Dr.Schumacher [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.info-](https://www.info-dent.org.ua/ua/product/5947-)

[klinisept dezomark 1 l cleanisept kontsentrat dlya dezinfektsiyi ta chystky poverkhon vygotovleno iz syrovyny t/](https://www.info-dent.org.ua/ua/product/5947-klinisept-dezomark-1l-cleanisept-kontsentrat-dlya-dezinfektsiyi-ta-chystky-poverkhon-vygotovleno-iz-syrovyny-t/)

28. Інструкція щодо застосування засобу Bilysna surface (Білизна поверхня) [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://lysoform.shop/wp-content/uploads/2020/06/instrukciya-bilyzna-poverhnya.pdf>.

29. ІНСТРУКЦІЯ щодо використання засобу дезінфікуючого «Бланідас 300 (Blanidas 300) [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://lysoform.shop/wp-content/uploads/2020/07/instrukciya-blanidas-300-blanidas-300-1.pdf>.

30. Ю.В. Карлаш. Основи проектування біотехнологічних виробництв: Конспект лекцій для студентів напрямку 6.051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Ю.В.Карлаш - К: НУХТ, 2013. – 143 с.

31. ПНОГАСНИКИ ДЛЯ ФЕРМЕНТНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://siloxane.com.ua/ua/a149405-penogasiteli-dlya-fermentnyh.html>.

32. Патент України № 38449. Спосіб виробництва пресованих хлібопекарських дріжджів з меляси/ Левандовський Л. В., Янчевський В. К., Хоменко А. І., Коваль К. О., Ткаченко А. Ф., Ткаченко Л. В., Рудніченко Л. В., Олійнічук С. Т. Опубл. 15.09.2004.

33. Розробка технології пресованих хлібопекарських дріжджів, збагачених йодом і селеном [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.00.20/ Овсяннікова Тетяна Олександрівна ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса, 2019. - 23 с.

34. Процеси і апарати. Гідромеханічні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, Н.П. Загорко, В.Г. Циб. – Мелітополь, 2019. – 212с.

35. Конспект лекцій з дисципліни “ Устаткування виробництва”. Для здобувачів вищої освіти бакалаврського рівня зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Укладач: В.М. Гуляєв. Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 58с.

36. Хімічна технологія та обладнання підприємств. Навчальний посібник для студентів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» денної та

заочної форм навчання / О.Д. Клименко, Е.Л.Селезньов. – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 136 с.

37. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2007. - 76 с.

38. Карлаш Ю.В., Красінько В.О. Основи проектування біотехнологічних виробництв Електронний ресурс: Навч. посібник. –К.:НУХТ, 2022. –373 с.

39. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Арсеньєва О.П., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах: Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 576 с.

40. Повітрозабірник airdeltafanmaxi[Електронний ресурс] Режим доступу:<https://deltafan.com.ua/product/povitrozabirnyk-airer-deltafan-maxi/> .

41. Фільтр грубої очистки повітря DustFilter E100 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://growpro.ua/ua/catalog/detail/filtr-gruboy-ochistki-vozdukha-dustfilter-e100/> .

42. Компресор АВАС В5900В/500 FT5.5 (11 атм, 653 л/хв, 500 л) [Електронний ресурс] Режим доступу:<https://fajno.in.ua/ua/p425608843-kompressor-abac-b5900b500.html>.

43. Охолоджувач повітря каналний С-ВКО-50-30 [Електронний ресурс] Режим доступу:<https://ccktm.prom.ua/ua/p185481854-ohladitel-vozdusha-kanalnyj.html> .

44. Ресивер 500 л 10 бар вертикальний повітряний [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://compressors.in.ua/ua/p85319536-resiver-500-bar.html> .

45. Система підігріву повітря[Електронний ресурс] Режим доступу:https://www.galactic.kiev.ua/pages/painting_cameras_equipment/air_heating_system.php .

46. Фильтры и фильтроматериалы для систем очистки воздуха и окрасочных камер [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.technofilter.com.ua/wp-content/uploads/2020/05/Catalog.pdf> .

47. Дозатор рідин та паст поршневий PF-1000 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://packhouse.com.ua/ua/p648953382-dozator-zhidkosteji>

[past.html](#) .

48. Реактор 200 л AISI 304 лабораторний для виробництва ГУМАТІВ [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://wise-master.com.ua/ua/p1000166496-reaktor-200-aisi.html>

49. Відцентровий насос Wetron 0.75 кВт Н_{мах} 46 м Q_{мах} 50 л/хв (775052) [Електронний ресурс] Режим доступу: https://rozetka.com.ua/ua/wetron_775052/p11238210/ .

50. Дозатор ваговий F-1000 (для гранул та порошків) [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://packhouse.com.ua/ua/p1097471583-dozator-vesovoj-1000.html> .

51. Лабораторный реактор РП-5 для МЛФ (кремы, мази, гели) 5 л [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://promvit.com.ua/laboratornyj-reaktor-rp-5-dlya-mlf-kremy-mazi-geli-5-l/> .

52. Дозатор для рідин GFK-160 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://abctech.com.ua/ua/p1681851912-dozator-dlya-zhidkosteij.html> .

53. Реактор-ферментер РФ-100 для биологических препаратов [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://promvit.com.ua/reaktor-dlya-proizvodstva-sredstv-zashhity-rabochim-obemom-100-l/> .

54. СКЛЯНИЙ ХІМІЧНИЙ РЕАКТОР НА 50 Л [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ukrchemgroup.com/ua/p1331234280-steklyannyj-himicheskij-reaktor.html> .

55. Реактор 500 литров [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://prom.ua/p1016492596-reaktor-500-litrov.html> .

56. ВЕСОВОЙ ДОЗАТОР СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ДВ-1 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.kiy-v.ua/vesovoj-dozator-top-dv-1-dlja-sypuchih-produktov.html> .

57. Насос відцентровий 2DK20 1.5 кВт Н_{мах} 20 м Q_{мах} 560 л/хв AQUATICA (775076) [Електронний ресурс] Режим доступу: https://techbaza.ua/ua/p1279277181-nasos-tsentrobeznhnyj-2dk20.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAiAp7GcBhA0EiwA9U0mtrW

58. Стерилизационные системы непрерывного действия [Электронный ресурс] Режим

доступу: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:t1V4KIL_a7MJ:sdIcentrifuge.ru/9-continuous-sterilization-system/192767/&cd=18&hl=ru&ct=clnk&gl=ua

59. Реактор 5м³ [Электронный ресурс] Режим доступу: <https://prom.ua/p1147684021-reaktor-5m3.html> .

60. 50m³ reactor/acidresistantreactor/ammoniareactor [Электронный ресурс] Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/50m3-reactor-acid-resistant-reactor-ammonia_1600091817113.html .

61. Загальна мікробіологія і вірусологія: Лабораторний практикум для студентів напрямку 6.051401 «Біотехнологія» денної форми навчання / Уклад. Т.П. Пирог, М.М. Антонюк, С.В. Ігнатенко. – К.: НУХТ, 2010. – 129 с.

62. Aon J.C., Tecson R.C., Loladze V. *Saccharomyces cerevisiae* morphological changes and cytokinesis arrest elicited by hypoxia during scale-up for production of therapeutic recombinant proteins. *Microb Cell Fact.* 2018, 17: 195.

63. Конспект лекцій з дисципліни «Загальна мікробіологія та вірусологія» для студентів очної форми навчання та після дипломної освіти зі спеціальності: 162 Біотехнології та біоінженерія першого (бакалаврського) рівня / Укладач: Корнієнко І. М. – Кам'янське: ДДТУ, 2017. – 188 с.

64. Солдаткін О. О., Пешкова В. М., Дзядеви С. В., Єльська Г. В. Кондуктометричний біосенсор на основі триферментної системи для визначення сахарози. *Біотехнологія.* 2008, 1 (1): 116-122.

65. Гузенко О. М. Аналітична хімія. Ч. 1. Якісний аналіз : метод. вказівки для студентів ф-ту хімії та фармації другого (магістер.) рівня освіти / О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова, О. М. Рахлицька, О. М. Чеботарьов. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2021. – 106 с.

66. Б/У СПЕКТРОФОТОМЕТР СКАНИРУЮЩИЙ УФ/ВИД

67. Патент України № 2003032135. Установа для біологічного очищення стічних вод/ Судаков Є. А., Михайленко О. І. Опубл. 11.03.2003.

68. Процеси та апарати біологічної очистки та дезодорації газоповітряних викидів. Монографія / Л. В. Кричківська, О. В. Шестопапов, Г. Ю. Бахарєва, К. В. Слісь. – Харків: НТУ «ХП», 2013. – 200 с.

69. Патент України № 24032. Спосіб утилізації органічних відходів/ Горда В. І. Опубл. 11.06.2007.