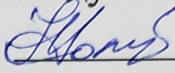


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

«На правах рукопису»  
УДК 64.641.4

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
 Наталія ГОЛУБ  
«27» травня 2024 р

**Магістерська дисертація**

на здобуття ступеня магістра

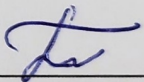
за освітньо-науковою програмою «Біотехнології»

зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Стратегія відбору перспективних ізолятів дріжджів із спонтанних житніх заквасок для застосування у хлібопеченні»

Виконала:

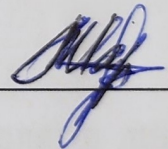
Студентка 2 курсу, групи ББ-21мн  
Гончар Єлизавета Романівна

  
\_\_\_\_\_

Науковий керівник:

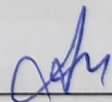
Доц. каф. біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології  
к.т.н., с.н.с.

Маринченко Лоліта Вікторівна

  
\_\_\_\_\_

Консультант з розділу: економічна частина

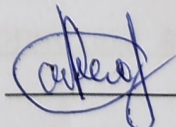
Доц. каф. економіки і підприємства, к.е.н., доц.  
Погребняк Анна Юріївна

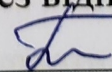
  
\_\_\_\_\_

Рецензент:

Зав. каф. біоінженерії, біо- та харчових технологій,  
Вінницького національного аграрного університету, к.т.н., доц.

Соломон Алла Миколаївна


  
\_\_\_\_\_

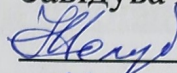
Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань  
Студентка  \_\_\_\_\_

Київ – 2024

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)  
Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»  
Освітньо-наукова програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту продовольчих  
ресурсів НААН України  
  
Любомир ХОМЧАК  
«22» \_\_\_\_\_ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувачка кафедри  
  
Наталія ГОЛУБ  
«22» \_\_\_\_\_ 2024 р.

### ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Гончар Єлизаветі Романівні

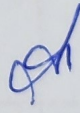
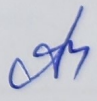
1. Тема дисертації «Стратегія відбору перспективних ізолятів дріжджів із спонтанних житніх заквасок для застосування у хлібопеченні», науковий керівник дисертації – Маринченко Лоліта Вікторівна, доц., к.т.н., с.н.с., затверджені наказом університету від «02» 04 2024 р. № 1520-с
2. Термін подання студентом дисертації 07.06.2024
3. Об'єкт дослідження: спонтанні житні закваски, використані як джерело для скринінгу, та штами дріжджів, які з них виділені.
4. Вихідні дані: спонтанні житні закваски з трьох регіонів (Одеського, Київського й Івано-Франківського.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: виконати літературний огляд щодо сучасного стану досліджень хлібопекарських заквасок, зокрема ролі та

впливу дріжджової компоненти мікрофлори у процесах ферментації; провести скринінг спонтанних житніх заквасок на наявність дріжджової мікрофлори; визначити морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні ознаки відібраних зразків штамів дріжджів, виділених із спонтанних житніх заквасок; випробувати виділені штами дріжджів щодо їх росту та здатності до ферментації у стресових умовах, а також дослідити інші біотехнологічні властивості, важливі для застосування у хлібопекарстві; дослідити характеристики заквасок, у які внесено виділені штами дріжджів, а також властивості тіста та хліба, випеченого на цих заквасках; розробити стартап-проект сухої хлібопекарської закваски з використанням виділених штамів дріжджів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: презентація за результатами досліджень; схеми проведення експериментальної частини роботи; фотографії і мікрофотографії досліджуваних зразків; таблиці і графіки.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 стаття (літогляд), 3 тези конференцій.

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Стартап-проект	Погребняк А. Ю. доц. каф. економіки і підприємництва		

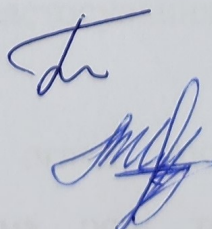
9. Дата видачі завдання 22.01.24

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапу	Примітка
1	Виконання літературного огляду	5.02.24-18.02.24	Виконано
2	Планування експериментальної роботи	19.02.24-24.02.24	Виконано
3	Опис методів і методик проведення досліджень	25.02.24-3.03.24	Виконано
4	Виконання експериментальної частини НДР; обробка результатів	4.03.24-1.04.24	Виконано
5	Написання статті	11.03.24-17.03.24	Виконано
6	Написання розділу «Результати і обговорення»	2.04.24-14.04.24	Виконано
7	Розробка стартап-проєкту	15.04.24-21.04.24	Виконано
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	22.04.24-29.04.24	Виконано
9	Оформлення магістерської дисертації	30.04.24-27.05.24	Виконано
10	Підготовка до захисту дисертації. Попередній захист	28.05.24	Виконано

Студент

Науковий керівник



Єлизавета ГОНЧАР

Лоліта МАРИНЧЕНКО

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Стратегія відбору перспективних ізолятів дріжджів із спонтанних житніх заквасок для застосування у хлібопеченні» обсягом 164 сторінки містить 14 ілюстрації, 48 таблиць, 114 джерел за переліком посилань.

*Актуальність.* Джерелом наукового інтересу до заквасок є їх мікрофлора, оскільки саме вона надає унікальні властивості, притаманні хлібопекарським закваскам. Багато переваг хліба на заквасках є результатом роботи дріжджів, які беруть участь у заквашуванні тіста. Однак, штами мають проявляти активність під час жорстких умов ферментації. Тому, пошук та селекція високоактивних штамів дріжджів є важливим завданням для покращення якості хлібопекарських виробів. Створення колекції хлібопекарських мікроорганізмів дасть змогу підбирати культури для різних типів хлібобулочних виробів, базуючись на властивостях, які вони надають, і, водночас, забезпечуючи якість, смак та функціональні властивості продукту.

Роботу виконано на базі відділу технології хліба і біотрансформації зернових продуктів ІПР НААН України під керівництвом д.т.н. О.В. Науменко в рамках НДР «Обґрунтувати біотехнологічні підходи відбору високоактивних штамів бактерій, дріжджів різних таксономічних груп та створити колекцію для хлібопекарської галузі», № держреєстрації 0121U108539.

*Метою роботи* є відбір високоактивних штамів дріжджів зі спонтанних житніх заквасок і визначення характеристик їх біотехнологічних властивостей, релевантних для хлібопекарського застосування.

*Завданнями є:*

- виконати літературний огляд щодо сучасного стану досліджень хлібопекарських заквасок, зокрема ролі та впливу дріжджової компоненти мікрофлори у процесах ферментації;

- провести скринінг спонтанних житніх заквасок на наявність дріжджової мікрофлори;
- визначити морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні ознаки відібраних зразків штамів дріжджів, виділених із спонтанних житніх заквасок;
- випробувати виділені штами дріжджів щодо їх росту у стресових умовах, а також дослідити антагоністичні властивості до умовно патогенної мікрофлори;
- дослідити характеристики заквасок, у які внесено виділені штами дріжджів, а також властивості тіста та хліба, випеченого на цих заквасках;
- розробити стартап-проект сухої хлібопекарської закваски з використанням виділених штамів дріжджів.

*Об'єктом дослідження* є спонтанні житні закваски, використані як джерело для скринінгу, та штами дріжджів, які з них виділені.

*Предметом дослідження* є морфологічні, фізіологічні та біотехнологічні властивості виділених штамів дріжджів.

*Методи дослідження:* мікробіологічні, біохімічні та технологічні методи аналізу, які відповідали меті дослідження.

*Наукова новизна:*

1. У роботі вперше виділено та охарактеризовано 4 високоактивних штами дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* для створення ефективної закваски для хлібопекарської промисловості.

2. Запропоновано стратегію для оцінки технологічних властивостей дріжджів, асоційованих із спонтанними хлібними заквасками на житньому борошні, та визначено перелік методів, які найкраще відповідають меті відбору цільових штамів.

3. Зроблено внесок у знання про зв'язок між дослідженими штамами дріжджів, характеристиками заквасок і кінцевими продуктами.

*Практичне значення:* з використанням виділених високоефективних штамів дріжджів *S. cerevisiae* може бути створено нову ефективну хлібопекарську закваску, що дає прогнозовані цільові характеристики готових виробів.

*Апробація результатів дисертації та публікації:*

1. Yeast in Sourdough Starters: Fundamental Insights and Their Role in Functional Processes / Y. R. Honchar, O. V. Naumenko, I.V. Lukianchuk та ін. // *Biotechnol. Acta.* – 2024. Т.17, №3. – С. (стаття в редакції)

2. Гончар Є., Науменко О. Пошук та виділення хлібопекарських дріжджів // *Біотехнологія XXI століття : матеріали XVI Всеукр. науково-практ. конф., м. Київ, 3 черв. 2022 р. – Київ, 2022. – С. 13–14.*

3. Науменко О., Богдан Г., Гончар Е. Исследование антимикробной и фунгицидной активности хлебопекарской микробиоты // *Молодежь и наука-2022 : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева: в 2-х томах. Т. 1., м. Петропавловськ, 12 квіт. 2022 р. – Петропавловск, 2022. – С. 392–393.*

4. Honchar Y., Naumenko O., Chizh V. Evaluation of the Potential of Yeast Strains for Use in Sourdoughs // *Biotechnology of the 21st century : materials of the 18th International scientific and practical conference for students, postgraduates and young scientists, 17 May 2024. – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2024. – P. 71-73.*

ЗАКВАСКА, ДРІЖДЖІ, ВИДІЛЕННЯ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ,  
БІОІНФОРМАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*,  
БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, КИСЛОТНІСТЬ, ВЛАСТИВОСТІ ХЛІБА

## ABSTRACT

The master's thesis on the topic "Strategy for the selection of promising yeast isolates from spontaneous rye sourdoughs for use in bread baking" with a volume of 167 pages contains 14 illustrations, 48 tables, and 113 sources according to the list of references.

*Topicality.* The source of scientific interest in sourdough starters is their microflora, which provides the unique properties inherent in baking sourdough starters. Many of the benefits of sourdough bread result from the yeast involved in leavening the dough. However, strains must be active under harsh fermentation conditions. Therefore, searching and selecting highly active yeast strains is an important task for improving the quality of bakery products. Creating a collection of bakery microorganisms will make it possible to choose cultures for different types of bakery products, based on the properties they provide, and, at the same time, ensure the product's quality, taste, and functional properties.

The work was carried out in the Department of Bread Technology and Biotransformation of Grain Products of the IFR of the National Academy of Sciences of Ukraine under the supervision of Dr. O.V. Naumenko within the framework of the National Development Program "To substantiate biotechnological approaches to the selection of highly active strains of bacteria, yeasts of various taxonomic groups and to create a collection for the bakery industry", state registration number 0121U108539.

*The aim of the work* is the selection of highly active yeast strains from spontaneous rye sourdoughs and the determination of the characteristics of their biotechnological properties relevant to baking applications.

*The tasks are:*

- carry out a literature review on the current state of research on baking leavens, in particular, the role and influence of the yeast component of the microflora in fermentation processes;

- to screen spontaneous rye starters for the presence of yeast microflora;

- to determine the morphological-cultural and physiological-biochemical characteristics of selected samples of yeast strains isolated from spontaneous rye starters;
- to test selected yeast strains regarding their growth and fermentation ability under stressful conditions, as well as to investigate other biotechnological properties important for use in baking;
- to investigate the characteristics of leavens into which selected introduced yeast strains, as well as the properties of dough and bread baked on these leavens;
- to develop a start-up project for dry baking sourdough using selected yeast strains.

Spontaneous rye sourdoughs used as a source for screening and yeast strains isolated from them are *the object of research*.

*The subject of research* is the morphological, physiological, and biotechnological properties of selected yeast strains.

*Research methods:* microbiological, biochemical, and technological methods of analysis that corresponded to the purpose of the research.

*Scientific innovation:*

1. In the work, for the first time, 4 highly active strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeast were isolated and characterized to create an effective leaven for the bakery industry.

2. A strategy for evaluating the technological properties of yeasts associated with spontaneous bread leavens on rye flour is proposed, and a list of methods that best meet the purpose of selecting target strains is defined.

3. A contribution was made to the knowledge of the relationship between the investigated yeast strains, the characteristics of the starters, and the final products.

*Practical significance:* using selected high-performance strains of *S. cerevisiae* yeast, a new effective baking sourdough can be created, which gives the predicted target characteristics of the finished products.

*Approbation of the results of the dissertation and publication:*

1. Yeast in Sourdough Starters: Fundamental Insights and Their Role in Functional Processes / Y.R. Honchar, O.V. Naumenko, I.V. Lukianchuk et al. // *Biotechnol. Acta.* – 2024. Vol. 17, No. 3. – S. (article in the editorial office)

2. Гончар Є., Науменко О. Пошук та виділення хлібопекарських дріжджів // *Біотехнологія XXI століття : матеріали XVI Всеукр. науково-практ. конф., м. Київ, 3 черв. 2022 р. – Київ, 2022. – С. 13–14.*

3. Науменко О., Богдан Г., Гончар Е. Исследование антимикробной и фунгицидной активности хлебопекарской микробиоты // *Молодежь и наука-2022 : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева: в 2-х томах. Т. 1., м. Петропавловськ, 12 квіт. 2022 р. – Петропавловск, 2022. – С. 392–393.*

4. Honchar Y., Naumenko O., Chizh V. Evaluation of the Potential of Yeast Strains for Use in Sourdoughs // *Biotechnology of the 21st century: materials of the 18th International scientific and practical conference for students, postgraduates and young scientists, 17 May 2024. – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2024. – P. 71-73.*

FERMENTATION, YEAST, ISOLATION, IDENTIFICATION,  
BIOINFORMATIC RESEARCH, *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*,  
BIOTECHNOLOGICAL PROPERTIES, ACIDITY, PROPERTIES OF BREAD

## ЗМІСТ

Вступ.....	15
1 Огляд літератури.....	19
1.1 Загальні відомості про хлібопекарські закваски.....	19
1.2 Різноманітність хлібопекарських заквасок.....	21
1.3 Борошно як основний компонент закваски.....	24
1.4 Видове різноманіття дріжджової мікрофлори, асоційованої з хлібопекарськими заквасками.....	27
1.5 Роль дріжджів у процесах ферментації .....	29
1.6 Вплив дріжджів на якісні показники кінцевого продукту .....	31
1.7 Вплив стресових чинників на дріжджі в процесі ферментації .....	34
2 Матеріали та методи .....	36
2.1 Об'єкти дослідження .....	36
2.2 Матеріали, реактиви та обладнання.....	36
2.3 Методи дослідження.....	43
2.3.1 Скринінг штамів дріжджів у спонтанних житніх заквасках .....	43
2.3.2 Дослідження морфологічних та культуральних ознак.....	46
2.3.3 Асиміляція джерел вуглецю .....	46
2.3.4 Тест на засвоєння джерел Нітрогену .....	46
2.3.5 Ідентифікація за ПЛР .....	46

	12
2.3.6 Випробування на зброджування цукрів .....	47
2.3.7 Випробування на осмоотолерантність .....	48
2.3.8 Випробування на термотолерантність .....	48
2.3.9 Здатність до росту на середовищі без вітамінів.....	48
2.3.10 Антагоністичні властивості щодо умовно патогенної мікрофлори ..	48
2.3.11 Підготовка заквасок з внесенням культур дріжджів.....	49
2.3.12 Вимірювання рН та титрованої кислотності.....	51
2.3.13 Дослідження підйомної сили напівфабрикату .....	51
2.3.14 Дослідження динаміки наростання кислотності .....	51
2.3.15 Виготовлення тістових напівфабрикатів та випікання тестових виробів .....	52
2.3.16 Вимірювання вологості та розрахунок виходу тіста, DY .....	53
2.3.17 Визначення рівня пористості хлібопекарських виробів .....	53
2.3.18 Вимірювання об'єму тестових зразків хліба.....	55
2.3.19 Оцінка органолептичних показників хліба .....	55
2.3.20 Статистична обробка результатів .....	55
3 Результати та обговорення .....	57
3.1 Скринінг зразків штамів дріжджів із заквасок з житнього борошна з виробників з різних регіонів України.....	57
3.2 Дослідження відібраних штамів дріжджів за морфолого-культуральними та фізіолого-біохімічними ознаками .....	60
3.3 Випробування виділених зразків штамів дріжджів щодо їх росту у стресових умовах.....	68

	13
3.4 Дослідження біотехнологічних властивостей виділених штамів .....	71
3.5 Дослідження властивостей тіста та випеченого хліба на заквасках із внесеним штамом №4 .....	75
4 Стартап-проект .....	86
4.1 Резюме стартап-проекту .....	86
4.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу .....	91
4.3 Визначення ключових факторів успіху проекту .....	98
4.4 Визначення категорій потенційних споживачів.....	100
4.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку.....	107
4.6 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів реалізації проекту.....	120
4.7 Ризики стартап-проекту та методи управління ними.....	123
5 Охорона праці та навколишнього середовища.....	131
5.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів при виконанні експериментальної частини НДР. Заходи з охорони праці .....	131
5.1.1 Повітря робочої зони .....	131
5.1.2 Освітлення.....	135
5.1.3 Захист від шуму та вібрації.....	136
5.1.4 Випромінювання .....	136
5.1.5 Електробезпека.....	137
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	142
5.2.1 Безпека роботи в біотехнологічній лабораторії .....	142
5.2.2 Атестація робочого місця.....	144

	14
Висновки .....	149
Список використаної літератури .....	151

## ВСТУП

Хлібопекарство – одне з найдавніших людських ремесел і біотехнологій, що має як практичне, так і культурне значення для багатьох народів світу. Це й не дивно, оскільки цей продукт харчування має високу поживну цінність: лише 300 г хлібу на добу забезпечить організм значною кількістю необхідних речовин, а саме 1,2% білків, 60% тіаміну та ніацину, 40% кальцію та 80% заліза від денної норми [1]. Тому цей продукт є важливим як для забезпечених держав, так і для багатьох країн, що розвиваються.

Рецептура хлібних виробів різниться в багатьох культурах, однак спільним для більшості є те, що традиційно приготування хліба відбувалось з використанням заквасок – суміші борошна і води, які природньо ферментуються мікроорганізмами, що їх заселяють. Хоча на цей час технологія виготовлення змінилась для зручності промислових виробників, вивчення секретів заквасок лише активізується: за останні тридцять років було видано більше 1200 наукових праць з цієї тематики [2].

Джерелом наукового інтересу є мікрофлора, оскільки саме вона надає унікальні властивості, притаманні хлібопекарським закваскам. Правильний вибір стартових культур дає змогу підбирати бажаний смак, аромат та текстуру хлібобулочних виробів [3]. Крім того, закваски з добре підібраними штамами поліпшують харчову цінність хліба [4], сприяють засвоєнню поживних компонентів людиною, позитивно впливають на термін зберігання хлібобулочних виробів [5] тощо.

Багато переваг хліба на заквасках є результатом роботи дріжджів, які беруть участь у заквашування тіста. За вибором штамів науковець або пекар може формувати певні властивості своїх виробів, наприклад, аромат. Однак, не всі штами підходять для цієї функції: вони мають проявляти активність навіть під час жорстких умов ферментації – кислотного, осмотичного, температурного стресу, переважної

кількості молочнокислих бактерій та інших [6]. Тому, пошук та селекція високоактивних штамів дріжджів є важливим завданням для покращення якості хлібопекарських виробів. Створення колекції хлібопекарських мікроорганізмів дасть змогу підбирати культури для різних типів хлібобулочних виробів, базуючись на властивостях, які вони надають, і, водночас, забезпечуючи якість, смак та функціональні властивості продукту. Особливо це допоможе промисловим виробникам, які зможуть задовольнити зростаючі потреби споживачів і підтримувати конкурентоспроможність українських підприємств у хлібопекарській галузі.

*Метою роботи* є відбір високоактивних штамів дріжджів зі спонтанних житніх заквасок і визначення характеристик їх біотехнологічних властивостей, релевантних для хлібопекарського застосування.

*Завданнями роботи є:*

- виконати літературний огляд щодо сучасного стану досліджень хлібопекарських заквасок, зокрема ролі та впливу дріжджової компоненти мікрофлори у процесах ферментації;
- провести скринінг спонтанних житніх заквасок на наявність дріжджової мікрофлори;
- визначити морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні ознаки відібраних зразків штамів дріжджів, виділених із спонтанних житніх заквасок;
- випробувати виділені штами дріжджів щодо їх росту та здатності до ферментації у стресових умовах, а також дослідити інші біотехнологічні властивості, важливі для застосування у хлібопекарстві;
- дослідити характеристики заквасок, у які внесено виділені штами дріжджів, а також властивості тіста та хліба, випеченого на цих заквасках;
- розробити стартап-проект сухої хлібопекарської закваски з використанням виділених штамів дріжджів.

*Об'єктами дослідження* є спонтанні житні закваски, використані як джерело для скринінгу дріжджів, та штами дріжджів, які з них виділені.

*Предметом дослідження* є морфологічні, фізіологічні та біотехнологічні властивості виділених штамів дріжджів.

*Методи дослідження.* У роботі в процесі виконання завдання було використано мікробіологічні, біохімічні та технологічні методи аналізу, які відповідали меті дослідження.

*Наукова новизна одержаних результатів.*

1. У роботі вперше виділено та охарактеризовано 4 високоактивних штами дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* для створення ефективної закваски для хлібопекарської промисловості.

2. Запропоновано стратегію для оцінки технологічних властивостей дріжджів, асоційованих із спонтанними хлібними заквасками на житньому борошні, та визначено перелік методів, які найкраще відповідають меті з відбору цільових штамів.

3. Визначений зв'язок між дослідженими штамами дріжджів, характеристиками заквасок і кінцевими продуктами, що є цінним знанням для підбору консорціуму штамів з метою отримання бажаних цільових властивостей продукту.

*Практична цінність.* З використанням виділених високоефективних штамів дріжджів *S. cerevisiae* може бути створено нову ефективну хлібопекарську закваску, що дає прогнозовані цільові характеристики готових виробів.

*Зв'язок з іншими науковими програмами, планами, темами.*

Роботу виконано на базі ІПР НААН України у відділі технологій хліба і біотрансформації зернових продуктів під керівництвом д.т.н. О.В. Науменко. Дослідження проводились в рамках НДР «Обґрунтувати біотехнологічні підходи відбору високоактивних штамів бактерій, дріжджів різних таксономічних груп та створити колекцію для хлібопекарської галузі», № держреєстрації 0121U108539.

*Апробація результатів дисертації.* Результати роботи обговорювались на семінарах відділу технологій хліба і біотрансформації зернових продуктів ІПР НААН України. За матеріалами досліджень було опубліковано 3 тези та подано до друку 1 статтю:

1. Yeast in Sourdough Starters: Fundamental Insights and Their Role in Functional Processes / Y. R. Honchar, O. V. Naumenko, I.V. Lukianchuk та ін. // *Biotechnol. Acta.* – 2024. Т.17, №3. – С.

2. Гончар Є., Науменко О. Пошук та виділення хлібопекарських дріжджів // *Біотехнологія XXI століття : матеріали XVI Всеукр. науково-практ. конф., м. Київ, 3 черв. 2022 р.* – Київ, 2022. – С. 13–14.

3. Науменко О., Богдан Г., Гончар Е. Исследование антимикробной и фунгицидной активности хлебопекарской микробиоты // *Молодежь и наука-2022 : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева: в 2-х томах. Т. 1., м. Петропавловськ, 12 квіт. 2022 р.* – Петропавловск, 2022. – С. 392–393.

4. Honchar Y., Naumenko O., Chizh V. Evaluation of the Potential of Yeast Strains for Use in Sourdoughs // *Biotechnology of the 21st century : materials of the 18th International scientific and practical conference for students, postgraduates and young scientists, 17 May 2024.* – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2024. – P. 71-73.

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Загальні відомості про хлібопекарські закваски

Ферментація є одним з найдавніших застосувань біотехнології у повсякденному житті. З часів Давнього Єгипту [7] вона використовувалась для виробництва хліба, і, за деякими даними [8], ця технологія вже налічує більше 5000 років. Проте вражає те, що за цей час вона принципово не змінилась. Закваска, в її первинній формі, використовувалась переважно для подовження термінів зберігання хліба та випічки, і вона, як було доведено, також ідеально підходить для покращення текстури, смакових якостей та поживних цінностей хліба з пшениці та жита. Основна функція закваски – отримання більш пухкого та пористого хліба [9].

Хлібопекарська закваска являє собою складну мікробіологічну систему, що формується завдяки взаємодіям між дріжджами і молочнокислими бактеріями (МКБ), а також їх взаємодії з основними компонентами закваски — водою та борошном [10]. Саме цей унікальний симбіоз, який спочатку вражає своєю простотою, створює особливий смак та запах свіжоспеченого хліба.

Ферментація тіста є необхідною не лише з точки зору покращення органолептичних властивостей, вона також підвищує поживну цінність хліба та змінює функціональні властивості [11]: зміна кислотності допомагає зберегти мінеральні компоненти; в процесі ферментації виробляється більша кількість вітамінів В1, В2, В9; збільшується термін придатності хліба тощо. Споживання таких хлібобулочних виробів покращує життя людям з розладами ШКТ; активує дію ферментів фітаз, які містяться в борошні та роблять нутріцевтичні сполуки легко засвоюваними в організмі шляхом дефосфорилування фітату, який, завдяки сильній хелатній дії, утворює з ними нерозчинні комплекси, таким чином погіршуючи

поглинання мінеральних компонентів [12,13]. Помітною перевагою для здоров'я є зниження глікемічного індексу у продуктах завдяки зменшенню засвоюваності крохмалю [14] та зменшення амплітуди коливань рівня глюкози в крові після споживання хліба на заквасках порівняно з хлібом звичайного виробництва [15].

І це лише кілька прикладів переваг хліба на заквасці.

В останні роки традиційне виробництво хліба із закваски здобуло колосальний успіх із збільшенням попиту споживачів на більш органічні, смачні та корисні продукти. Для ферментації заквасок є можливість використовувати не лише класичне пшеничне або житнє борошно, а навіть і нетрадиційні варіанти – гречане та кіноа [16], рисове, кукурудзяне, вівсяне борошно, що генерує різноманітність смаків та збільшує інтерес споживачів до продуктів. Особливої уваги заслуговує безглютенове борошно, яке також можна використовувати у заквасках. Зараз безглютенова дієта є третьою за популярністю у світі та споживається 11% людей [17], що також сприяє збільшенню популярності індустрії заквасок. Продукти, виготовлені на основі такого борошна, важливі для розвитку інклюзивності, зокрема, щодо людей з целиакією, чутливістю шлунково-кишкового тракту та іншими захворюваннями [18].

Окрім того, з 2018 року кількість ферментованих продуктів у меню ресторанів зросла на 149% [19]. Вважається, що такому стрибку посприяла пандемія COVID-19, коли велика кількість людей отримала багато вільного часу для своїх хобі, в даному випадку – випікання хліба, та поширювала свій досвід у соціальних мережах. Очікується, що до 2027 року світовий ринок заквасок сягне 3,11 млрд. доларів США, причому Європа буде домінуючим регіоном, а Німеччина – найбільшим ринком. Отже, ринок заквасок має значну конкуренцію, де п'яти найбільшими брендами є Ernst Böcker GmbH & Co KG (Німеччина), IREKS GmbH (Німеччина), GoodMills Group GmbH (Австрія), Puratos (Бельгія) і Lesaffre (Франція). На жаль, підприємств, які б комерційно виробляли хлібопекарські закваски в Україні, поки немає, отже тема досліджень досить актуальна і приваблива.

## 1.2 Різноманітність хлібопекарських заквасок

Найчастіше закваски класифікують за технологічною ознакою на три типи.

До I типу належать закваски, які ферментуються традиційним шляхом (рис. 2.1a). Вони мають регулярно поновлюватись через невеликі проміжки часу (6-24 години), що триматиме мікрофлору у стані високої метаболічної активності. Початкове тісто можна приготувати, використовуючи лише борошно та воду, або додавши іншу сировину, природно багату мікроорганізмами (інша назва – інокулят), таку як фрукти, йогурт, квіти тощо [20]. Ферментація відбувається за кімнатної температури 20-30°C, рН близько 4, DY (від англ. dough yield – вихід тіста) 150-160, що означає, що закваска густа. Така закваска є спонтанною та містить велику кількість різних штамів мікроорганізмів. З її використанням можна випікати велику різноманітність хлібобулочних виробів, зокрема й панетон – традиційний італійський різдвяний кекс.

Робота із заквасками I типу найскладніша з кількох причин. Дивлячись з технічного боку процесу, виготовлення спонтанної закваски вимагає наполегливих, трудомістких процесів і кваліфікованої праці. Водночас, завдяки консорціуму природних (автохтонних) мікроорганізмів можливе створення унікальної закваски, характерної лише для цього конкретного місця або пекарні [21]. Тому деякі приватні пекарні досі підтримують закваски, яким уже десятки років, для збереження особливого мікробного складу, і деякі з них навіть занесені в «бібліотеку заквасок» [22].

З цим же пов'язана і проблема дослідження спонтанних заквасок, які створюються в лабораторних умовах, адже тоді єдиним нестерильним інгредієнтом є борошно [6]. Тим не менш, це доводить важливість типу і якості борошна для «роботи» заквасок та створення стабільних мікробних консорціумів протягом короткого часового проміжку [23].

Тип II еволюціонував з типу I в зв'язку необхідністю пришвидшення та спрощення технології процесів заквашування для промислового виробництва. Такі закваски сильніше підкислюють тісто, а для його підняття часто використовуються пекарські дріжджі. Через такий спосіб виробництва (рис. 2.1б) закваска має мікробіом, який знаходиться в пізній стаціонарній фазі з обмеженою метаболічною активністю.

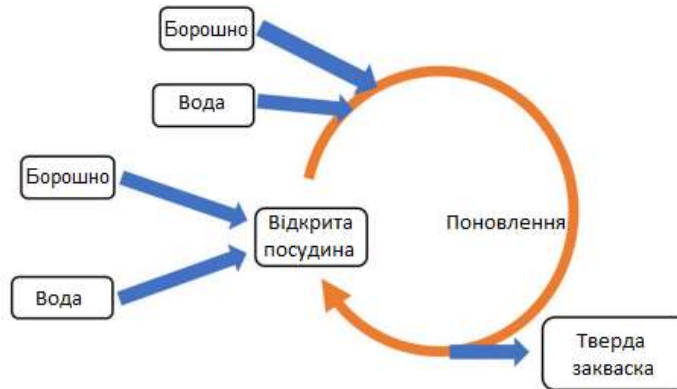
Закваска ферментується у ферментерах за рН близько 3,5 та температури 30-50°C за один етап без поновлення протягом 15-20 годин. Стартові культури додають у пропорції МКБ до дріжджів як 100:1 [24]. Їх метою є пригнічення росту автохтонної мікробіоти тіста завдяки високій концентрації введених штамів, які спеціально підбирають за властивістю продукування органічних кислот та інколи специфічних ароматичних сполук [21]. Така технологія забезпечує швидке та інтенсивне підкислення, що, в свою чергу, пригнічує ріст природно наявних дріжджів, саме тому наприкінці додатково додають *S. cerevisiae*. Таке тісто має більш рідку консистенцію ( $DY$  вище 200), щоб його можна було використовувати в промислових пекарнях в апаратах перекачування та дозування.

Перевагами такого типу закваски є можливість управління умовами ферментації (температура, рН) та додавання поживних речовин, що забезпечує контроль над мікробним метаболізмом. Також шляхом зміни стартових культур можна підібрати бажані органолептичні характеристики та стандартизувати кінцевий продукт, що є привабливим для промислових виробництв [21].

Тип III виробляється за тим самим механізмом, що й тип II. Проте, якщо останній має рідку форму, то тип III спеціально дегідратують (рис. 2.1в), внаслідок чого мікроорганізми у складі закваски не мають метаболічної активності. Такі закваски часто є стандартизованим кінцевим продуктом виробництва та можуть довго зберігатись готовими до використання. Окрім цього, перевагою є менший об'єм,

легкість транспортування та можливість комерційного розповсюдження для споживачів завдяки простоті використання.

а) ТИП I



б) ТИП II



в) ТИП III



Рисунок 2.1 – Типи заквасок за технологічним процесом [6]

### 1.3 Борошно як основний компонент закваски

Одним із двох основних інгредієнтів хлібопекарської закваски є борошно. Традиційно використовується борошно злакових культур роду *Poaceae*: пшениці м'якої (*Triticum aestivum L.*) або твердої (*Triticum durum Desf.*) та жита (*Secale cereale*). Однак, останнім часом значної популярності набуває виготовлення заквасок з нетрадиційних типів борошна, наприклад, з безглютенових злаків (рис, кукурудза, сорго, просо), псевдозлаків (амарант, гречка, кіноа) або цільнозернового борошна [25]. Така сировина має багато переваг, насамперед, для здоров'я, а також, з іншого боку, підтримки локального економічного розвитку та забезпечення продовольчої безпеки. Однак, закваски та тісто на нетрадиційних типах борошна мають низьку технологічну якість: малий об'єм хлібин, низьке газоутворення, крихкість м'якушки, змінені органолептичні характеристики тощо [26]. Отже, позаяк альтернативні варіанти активно досліджують, найпоширенішими досі залишаються закваски на пшеничному або житньому борошні.

Важливість борошна для ферментації заквасок важко переоцінити: це не лише компонент, який є основним природним джерелом мікроорганізмів, але й який забезпечує мікрофлору поживними речовинами. Тип борошна впливає на біорізноманітність у складі закваски [27], екологію культур мікроорганізмів [24,28], технологічні характеристики готового тіста [6,29] та унікальні органолептичні властивості готових виробів [28,30]. Вище перелічені фактори є результатом унікального хімічного складу борошна, яке виробляють з окремих видів злаків. Деякі інші чинники, які впливають на мікробіоту закваски, зокрема, температура та тривалість ферментації, також пов'язані з типами борошна, оскільки мікроорганізми, які у них природньо присутні, пристосовані до конкретних умов [31].

Наразі існує багато досліджень, у яких вивчено та визначено мікробний склад заквасок залежно від типу борошна. Однак, стандартизувати мікробіоту таким

способом поки не вдалося, оскільки попередньо можна сказати лише про типові види, які поширені у певному типі борошна, але не обов'язково в ньому наявні. Це можна пояснити тим, що склад борошна варіюється від партії до партії та не є однаковим через різну кількість і якість вуглеводів, білків, мінералів, ліпідів і ферментів, різну кількість мікробних факторів росту, а також через наявність інгібіторів мікробного росту [32].

Ступінь помелу борошна також є важливим чинником для біорізноманіття заквасок. Цей термін визначає частку зерна, яке залишається в борошні після його подрібнення. Якщо швидкість вилучення борошна з млинів висока, це означає, що всі частини зерна переходять у кінцевий продукт [33]. У разі використання борошна з вищою швидкістю екстракції, процес молочнокислого бродіння може тривати довше, що є корисним для росту мікроорганізмів і підкислення закваски [34]. Це стає можливим завдяки тому, що таке борошно має більше мінералів і мікроелементів, які надходять з насінневої оболонки (висівки) та зародка, а також вищу буферну здатність, яка допомагає створити стійке середовище для мікроорганізмів [35]. Тому закваска на такому борошні може мати більшу біорізноманітність і стабільність, що дає змогу виробляти більше органічних кислот без значного впливу на рівень кінцевого рН. Це, в свою чергу, сприяє кращому росту мікроорганізмів у заквасці порівняно з тією, де використовується борошно з меншою швидкістю екстракції, тобто біле борошно кращого помелу, яке вироблене лише з ендосперму зерна. Зазвичай, житнє борошно має нижчий ступінь помелу, ніж пшеничне, тому в ньому є більше білка та золи, які не були вилучені разом із зародками в процесі перемелювання. Така особливість приводить до того, що житня закваска часто має більшу біорізноманітність, ніж пшенична [36]. Житнє борошно з майже 100% рівнем екстракції виробляється у Фінляндії та Данії, в більшості інших країн ЄС рівень екстракції становить близько 80% [37].

Борошно містить різні поживні речовини, такі як вуглеводи, білки, амінокислоти тощо, та непоживні речовини, які впливають на доступність поживних: золу, фенольні сполуки, а також амілазу. Вміст останніх та їх концентрація може позначатись на виживаності мікроорганізмів закваски [28]. Наприклад, амілази розщеплюють складні вуглеводи до простих, які споживаються мікроорганізмами та легко ферментуються, таким чином прискорюючи заселення штамами, асоційованими з заквасками, та саму ферментацію [38]. Отже, закваски на основі багатого на амілазу борошна, зокрема, житнього, швидше підкислюються, що може впливати на технологію приготування та смакові характеристики хліба.

Житнє борошно містить менше крохмалю (у середньому 65%), більше клітковини та арабіноксилан-пентозанів (6-8%) порівняно з пшеничним. Вміст білків приблизно однаковий (у середньому 12%), але в цьому разі білки клейковини (у житньому борошні – секаліни та секалініни) наявні в меншій кількості, що впливає на текстуру тіста (так звана "справжня" клейковина відсутня). Найпоширенішими білками за масою є альбуміни (29-40%), глобуліни (8-11%), проламіни (17-19%) та глютеліни (9-15%). Порівняно з пшеницею, житнє борошно має також кращий амінокислотний склад через вищий вміст лізину, однак кількість триптофану та ізолейцину є нижчою. Також в житньому борошні більше  $\alpha$ -амілази та менше  $\beta$ -амілази, що вимагає контролю ферментації для уникнення надмірного розкладання крохмалю та підвищення розчинності пентозанів. Властивості арабіноксилану, такі як його здатність зв'язувати воду та утримувати газ, визначають фактичну текстуру житнього тіста [24,39].

Порівняно з іншими злаковими, жито є особливо багатим на залізо, цинк, марганець та мідь серед мінеральних компонентів і  $\alpha$ -токоферол, рибофлавін, пантотенову та фолієву кислоти – серед вітамінів [39]. В житньому борошні також присутні біологічно активні сполуки, такі як флавоноїди, ізофлавоноїди та флаванони, як мають оздоровчі або профілактичні та протизапальні властивості: попередження

хвороб серцево-судинної системи, непереносимості глюкози та ожиріння. Фруктани та фруктоолігосахариди перетравлюються до коротколанцюгових жирних кислот у товстому кишечнику, тому проявляють пребіотичні властивості [37].

#### **1.4 Видове різноманіття дріжджової мікрофлори, асоційованої з хлібопекарськими заквасками**

Закваска – це унікальний мікробіологічний консорціум, який має велику видову різноманітність, проте є обмеженим філогенетично. Типово мікробіота заквасок належить до трьох таксонів: *Ascomycota* (дріжджі), *Firmicutes*, в основному, це *Lactobacillaceae* (МКБ) та  *$\alpha$ -Proteobacteria* (оцтовокислі бактерії) [24,40].

Дріжджі – одноклітинні мікроскопічні гриби, переважно є факультативними аеробами, в основному розмножуються брунькуванням [41]. Проте, цьому організму належить велика роль у галузі продовольчої біотехнології, оскільки вони здатні до здійснення процесу ферментації. Види, які присутні у заквасках, мають фенотипові особливості, які дають їм змогу пристосовуватись до стресових умов процесу ферментації: низького рН, значної щільності клітин МКБ, які на кілька порядків перевищують вміст дріжджових клітин та високих концентрацій метаболітів.

За наявними дослідженнями [2] за останні тридцять років у мікрофлорі заквасок було ідентифіковано всього 80 видів дріжджів, які належать до родів *Saccharomyces*, *Candida*, *Kazachstania*, *Torulopsis*, *Yarrowia*, *Pichia*. Абсолютним чемпіоном серед них є, звичайно, рід *Saccharomyces*, який майже завжди присутній у заквасках. У світовій науковій спільноті навіть існує дискусія щодо наявності диких видів цього роду. Є думка про забруднення цим видом довкілля, спричинене надлишковим застосуванням пекарських дріжджів [2,42].

На рисунку 2.2 зображена секторна діаграма, яка чудово демонструє поширеність видів у заквасках.

Так, за рис. 2.2, а також іншими джерелами [2,6,9,12,23,42], найпоширенішими видами дріжджів, які асоціюються з мікрофлорою хлібопекарських заквасок є: *S. cerevisiae* (знайдена у 68 % заквасок), *K. humilis*, *W. anomalus*, *Torulasporea delbrueckii*, *Pi. kudriavzevii*, *Y. keelungensis*, *K. exigua* та *C. glabrata*.

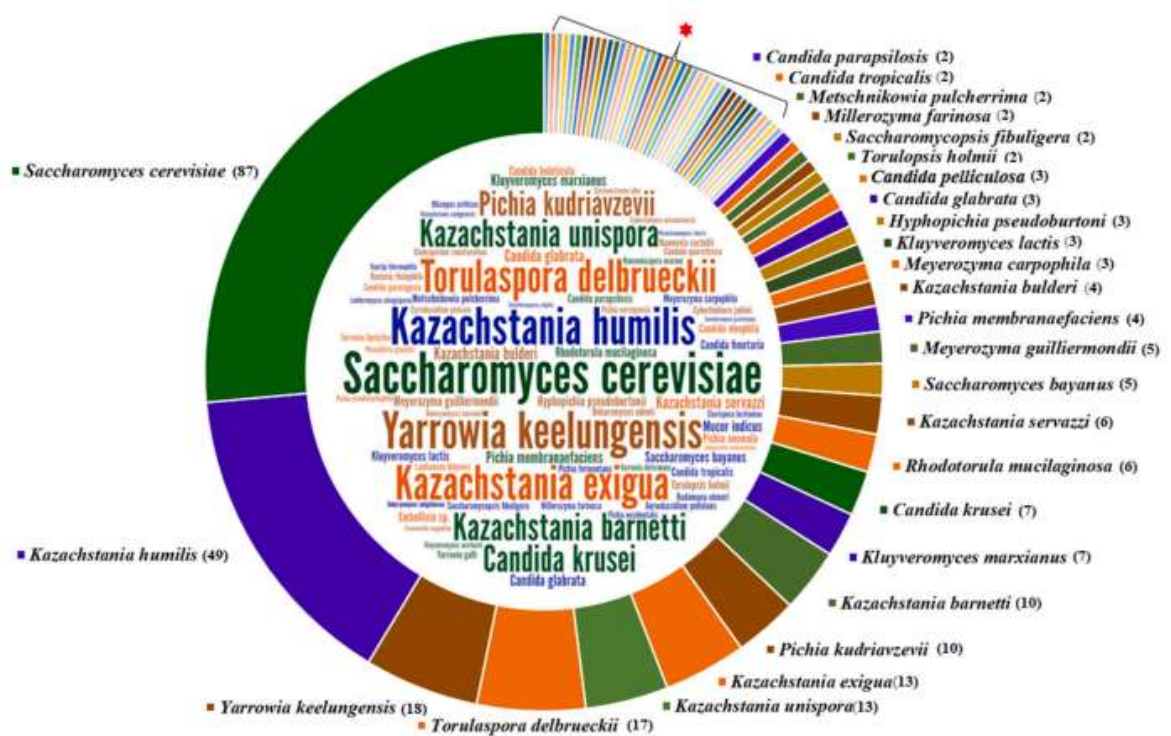


Рисунок 2.2 - Діаграма співвідношень видів дріжджів, які були виділені із заквасок (у дужках зазначена кількість статей, які вказують про ідентифікацію даного виду; зірочкою позначені види, які з'являлись лише в 1 статті) [2]

Джерелами надходження дріжджів та інших асоційованих видів у закваску, є не лише мікрофлора, природньо присутня у борошні та воді, які використовуються. Клітини мікроорганізмів також потрапляють у тісто з повітря навколишнього середовища, місця, де робиться закваска, та, за деякими даними, навіть з самих пекарів [27].

Зокрема, вважається, що у заквасках та хлібі з кожної окремої пекарні є один-два домінуючі види, які складають близько 90% мікробіому дріжджів. Серед них все ж найчастішими представниками є *S. cerevisiae* і *K. humilis*. Так, у італійських заквасках ці два види дріжджів теж є домінуючими, однак, окрім них, часто зустрічаються *T. delbrueckii*, *W. anomalus*, *K. exigua*, і *P. kudriavzevii*. У французьких заквасках часто переважають *Kazachstania bulderi* та *K. humilis*, тоді як присутність *S. cerevisiae* є періодичною [43]. У бельгійській заквасці, яка постійно підтримувалась протягом кількох років, переважаючими видами є *S. cerevisiae* та *W. anomalus* [44]. Турецькі дослідники виявили, що домінуючі штами у заквасках відрізняються навіть у різних частинах одного регіону країни [29]: так, у причорноморському регіоні Сафранболу переважаючим видом був *T. delbrueckii*, а у Трабзоні – *S. cerevisiae*.

З іншого боку, група дослідників, які працювали з великими об'ємами інформації, перевірили кореляцію між географічними регіонами та мікробіомами заквасок з різних регіонів [40]. Вони не змогли довести зв'язок між видовим складом заквасок та відстанню між ними, а переважання певних видів могло бути спричинене їх природним поширенням або особливостями процесу виробництва. Також були ідеї передбачити склад мікробіому заквасок, проте вони не мали успіху. Загалом, усі спроби кореляції видового складу з географічними, технологічними та абіотичними факторами не показали результатів, які б можна було вважати статистично значущими, тому виникає питання, чи справді ці фактори впливають на видовий склад заквасок, і поки воно лишається без остаточної відповіді.

### **1.5 Роль дріжджів у процесах ферментації**

Дріжджі відіграють важливу роль у ферментації хлібопекарської закваски, а їх вплив на процес має декілька аспектів. Вони перетворюють цукор, який міститься в тісті, на вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) і етанол шляхом гліколізу (під час чого відбувається

виробництво АТФ) та подальшого відновлення пірувату з регенерацією НАД<sup>+</sup> [42]. В результаті цього процесу утворюється вуглекислий газ, що сприяє підйому тіста та утворення бульбашок, які в подальшому стають повітряними комірками у випічці.

Поруч з вуглекислим газом, етанол є найпоширенішим метаболітом, який виробляється дріжджами під час ферментації. Тому очевидно, що він має значний вплив на властивості тіста. Подібно до органічних кислот, що виробляються дріжджами під час ферментації закваски, таких як оцтова та бурштинова [45], низький рівень етанолу зменшує розтяжність тіста і робить тісто більш жорстким і міцним [46]. Водний розчин етанолу підвищує вихід глютенів, оскільки він є кращим розчинником, ніж чиста вода, що дає змогу дрібним агрегатам клейковини набувати сильніше. Завдяки цьому можна припустити, що накопичення етанолу є одним із ключових процесів, які відповідають за зміни реології тіста під час бродіння.

Під час бродіння дріжджі також виділяють різні метаболіти, які впливають на властивості тіста та кінцевого продукту. Один з таких метаболітів – гліцерин. Він сприяє зміцненню глютенів у мережі в тісті, що покращує його структуру та смак [47]. Органічні кислоти, такі як молочна та оцтова, також виділяються дріжджами під час бродіння і можуть знижувати рН тіста [48]. Це може впливати на смак, текстуру і консистенцію хліба.

Дріжджі роблять важливий внесок у створення приємного смаку та аромату хліба. Вони виробляють багато ароматичних сполук, які мають значення для смакових характеристик хліба. Дослідження показують, що більшість ароматичних сполук у м'якуші хліба на заквасці формуються в результаті метаболізму дріжджів [49].

Домінуючими сполуками є спирти, альдегіди, а також 2,3-бутандіон (діацетил), 3-гідрокси-2-бутанон (ацетоїн) і складні естери. Ці альдегіди та спирти утворюються всередині дріжджової клітини шляхом деградації амінокислот борошна за допомогою шляху Ерліха [50]. Складні естери формуються в дріжджовій клітині через

ферментативну реакцію між ацетилтрансферазами, ацетилкоензимом А та різними спиртами.

Дікетони, такі як 2,3-бутандіон і 3-гідрокси-2-бутанон, утворюються з ацетогідроксильних кислот, які виділяються з дріжджової клітини через неферментативні хімічні реакції поза клітиною. Крім того, окислені продукти ліпідів у борошні, такі як спирти, альдегіди та кетони, також мають значний внесок у ароматичний профіль хлібної м'якушки.

Оскільки хлібопекарська закваска містить мікроорганізми різних таксонів, і, відповідно, різних трофічних вподобань, у заквасках часто спостерігається взаємодія, зокрема, дріжджів з молочнокислими бактеріями (МКБ). Деякі види дріжджів можуть утворювати симбіотичні відносини з МКБ, де дріжджі перетворюють складні вуглеводи (такі як сахароза і глюкофруктани) на простіші цукри (глюкозу і фруктозу), які потім споживаються МКБ. Це сприяє збалансованому ферментаційному процесу в заквасці [51]. Окрім того, наявність симбіотичних видів впливає на синтез окремих ароматичних сполук [6].

Механізми взаємодії дріжджів із самою закваскою та іншими мікроорганізмами у заквасці мають значний вплив на якість та властивості хлібобулочних виробів. Розуміння цих процесів дасть змогу контролювати та оптимізувати ферментацію для отримання найкращих результатів у виготовленні хліба та іншої хлібопекарської продукції.

## **1.6 Вплив дріжджів на якісні показники кінцевого продукту**

Окрім внеску у процес ферментації та формування структури хліба, дріжджі у складі заквасок значно підвищують поживну цінність хліба, що є важливим, особливо, в розрізі забезпечення продуктами харчування населення регіонів, що розвиваються або потерпають від надзвичайних ситуацій, та пацієнтів, які вимушені слідувати

спеціальним дієтам з медичних показань. До таких переваг належить збагачення хліба вітамінами, мінералами та біологічно активними сполуками.

Дослідження показали, що під час тривалої дріжджової ферментації збільшується вміст тіаміну (вітаміну В1) у хлібопекарських виробках. Звісно, під час самого процесу випікання спостерігається зниження вмісту цього вітаміну. Однак, використання тривалої ферментації на дріжджах або заквасці допомагає зберегти вміст вітаміну В1 у випічці з цільної пшениці у разі скороченого процесу випікання [52,53].

Додатково, тривалий етап ферментації у разі випікання цільнозернового хліба на дріжджах сприяє значному збагаченню рибофлавіном від етапу замішування і до отримання кінцевого продукту [54,55]. Використання підходів з відбору штамів дріжджів для збагачення макаронних виробів та хліба також приводить до значного збільшення вмісту вітаміну В2. Цей біотехнологічний підхід дає змогу ефективно та зручно збагачувати популярні харчові продукти, такі як хліб та макарони, вітаміном В2, що може мати позитивні наслідки на здоров'я населення, за прикладом йодованої солі, та може бути впровадженим на промисловому рівні.

Дріжджі можуть підвищити антиоксидантні властивості зернових продуктів через їх вплив на доступність фенольних сполук [56]. Під час цього процесу зв'язані та кон'юговані фенольні сполуки стають більш доступними після ферментативної деградації та структурного руйнування клітинних стінок висівок [41]. Кілька досліджень показують, що цей процес також може бути актуальним для технології приготування хліба. Наприклад, у цільнозернових заготовках для піци більш тривалий час ферментації тіста посилює активність поглинання гідроксилу, що супроводжується підвищенням рівня розчинної вільної ферулової кислоти – антиоксиданту, який має протизапальну, нейропротекторну та протиракову дію [57,58].

Цільні зерна є гарним джерелом мінеральних компонентів, включаючи кальцій, калій, магній, залізо, цинк і фосфор. Оскільки висівкова фракція зерна також містить фітат (міоїнозитолгексафосфат), біодоступність мінералів може бути обмежена [23]. Фітат зв'язується з дієтичними катіонами, таким чином погіршуючи поглинання ШКТ мінеральних компонентів. Фітази здатні дефосфорилувати фітат, утворюючи вільні неорганічні фосфатні естери та інозитолфосфатні естери, які мають меншу здатність впливати на розчинність і біодоступність мікро- та макроелементів.

Доведено, що залізо було більш біодоступним для мишей, яких годували хлібом, отриманим за допомогою закваски, аніж звичайним хлібом [59–61]. Також засвоєння цинку, магнію та заліза було вищим у щурів, якщо хліб для них випікали на заквасці [62].

Активність ендогенних фітаз зерна прискорюється в кислому середовищі, що утворюється під час ферментації закваски. Зокрема, дріжджі мають певну фітазну активність. Помірне зниження рН до 5,5 під час ферментації знижує вміст фітатів у зерні цільної пшениці на 70% через підсилення дії ендогенної фітази, присутньої в борошні. Фітазна активність була виявлена в комерційних пекарських дріжджах, а змінна активність була виявлена в традиційних заквасках, що містять як дріжджі, так і молочнокислі бактерії. Також вважають, що штами дріжджів з високою фітазною активністю є потенційними носіями фітази в шлунково-кишковому тракті [58], що є важливим предметом для досліджень засвоюваності продуктів харчування мікрофлорою кишечника.

Як ще один приклад поліпшення харчових властивостей хліба на заквасці можна підкреслити, що деякі дріжджі можуть мати пробіотичні властивості на основі потенційних імуномодулюючих ефектів та відігравати роль у профілактиці та лікуванні захворювань шлунково-кишкового тракту [63].

Дріжджі також можуть сприяти підвищенню безпечності та якості харчових продуктів на основі їх потенційної дії на плісняві гриби та небажані метаболіти, що

ними виробляються. Таким чином, вони можуть сприяти детоксикації мікотоксинів, руйнуючи їх або зв'язуючи їх клітинною стінкою дріжджів [64].

Крім того, повідомлялося, що деякі дріжджі діють безпосередньо на гриби, виявляючи протигрибкову активність на основі виробництва етилацетату. Наприклад, сильну протигрибкову дію виявляють у разі приготування закваски зі штамом дріжджів *W. anomalus* LCF 1695, ефект якого можна посилити шляхом спільного культивування зі штамом *L. plantarum* (1A7), який продукує пептиди з антифунгальною активністю [65]. Якщо до суміші *W. anomalus* LCF 1695 і *L. plantarum* 1A7 додають фунгостатичний штам *Meyerozyma guilliermondii* LCF 1353, ріст грибів може бути відкладений до 14 днів зберігання, навіть за високої штучної інокуляції *Penicillium*. Це є важливим досягненням та має потенціал застосування у масштабах промислового виробництва, оскільки завжди є необхідність у подовженні терміну зберігання продукції.

### **1.7 Вплив стресових чинників на дріжджі в процесі ферментації**

Дріжджі піддаються постійним змінам умов їх зростання, що вимагає від них розвитку складних метаболічних реакцій, щоб пристосуватися до різноманітних умов і вижити в них. Дріжджі, адаптовані до закваски, реагують на стресові умови, що виникають під час їхнього росту, такі як доступність поживних речовин (голодування), рН (кислотний стрес), наявність високої концентрації вуглеводів, солей та полісахаридів (осмотичний стрес), наявність кисню (окислювальний стрес), коливань температури (стрес холоду під час охолодження закваски або стрес теплового шоку для відновлення життєвих сил під час бродіння) і мікробних взаємодій (між МКБ та видами дріжджів та/або між видами дріжджів), через індукцію або репресію кількох генів [6].

Крім того, дріжджі та бактерії активно реагують на стресові умови, що пригнічують їх ріст, шляхом вироблення різних метаболічних продуктів. Наприклад, під впливом солі та кислоти дріжджі виробляють гліцерин як осмопротектор [66], а виробництво бурштинової кислоти використовується для зниження рівня рН [67]. Під час стресових умов продукуються етилові естери довголанцюгових жирних кислот, що можуть слугувати як маркер стресу та комунікації між клітинами. Ці довголанцюгові естери зберігаються краще у разі нагрівання та сприяють розвитку смаку готової випічки.

У заквасках поширені кислотостійкі види МКБ і дріжджів. Загалом, дріжджі, пристосовані до умов ферментаційних процесів, витримують присутність молочної, оцтової та інших органічних кислот, що виробляються більш численними МКБ. Насправді, інгібування дріжджів викликає не низький рН як такий, а залежний від рН ступінь дисоціації органічних кислот (визначений їх значенням  $pK_a$ ) [23]. Наприклад, під час бродіння житньої закваски рН не впливає на ріст *C. humilis* в діапазоні рН 3,5-5,5, тоді як ріст *L. sanfranciscensis* пригнічується нижче рН 4,0. Тим не менш, недисоційована оцтова кислота знижує здатність до підняття тіста *C. humilis*. Крім того, *K. exigua* є більш толерантним видом до присутності оцтової кислоти та солі в заквасці, ніж *S. cerevisiae* [68,69].

Для успішного виробництва хліба на заквасці необхідна, насамперед, стабільна закваска. Досягнення цієї стабільності не є простим завданням, особливо для заквасок II і III типу, де стартові культури підбираються штучно. Однак, за умови правильного підбору штамів, які витримуватимуть кислотний, температурний та осмотичний стрес, сформують симбіотичні взаємодії з видами МКБ та вироблятимуть значну кількість вуглекислого газу для підйому тіста, можна отримати закваску, хліб з якої матиме унікальні смакові та ароматичні характеристики, пухку текстуру м'якушки та високу поживність.

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

### 2.1 Об'єкти дослідження

Об'єктами дослідження виступали спонтанні житні закваски та 4 культури дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, які були виділені з цих заквасок.

### 2.2 Матеріали, реактиви та обладнання

Для створення спонтанних житніх заквасок було використано борошно з трьох регіонів України: Київського, Івано-Франківського та Одеського, а також борошно житнє обдирне ТМ «Їмо вдома» та борошно пшеничне I сорту ТМ «Народна» для виготовлення тестових тістових заготовок та хлібин. Для вироблення закваски та контрольних лабораторних зразків використовували борошно житнє обдирне ТМ «Альта Віста». В таблиці 2.1 наведено показники якості житнього борошна згідно ДСТУ 8791:2018 «Борошно житнє хлібопекарське» [70].

Таблиця 2.1

Показники якості борошна житнього обдирного

Показник	Норма	Характеристика
	Борошно житнє обдирне	
1	2	3
Колір	Сірувато-білий або сірувато-кремовий із вкрапленнями оболонки	Сірувато-кремовий із вкрапленнями оболонки

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Смак та запах	Властивий борошну, без сторонніх запахів та присмаків, не затхлий, не пліснявий, не кислий, не гіркий	Властивий борошну, без сторонніх запахів та присмаків, не затхлий, не кислий, без гіркоти та плісняви
Мінеральна домішка	Під час розжовування борошна не повинно відчуватися хрусту	Під час розжовування борошна не відчувається хрусту
Масова частка вологи, %	не більш як 15,0	14,2
Крупність: залишок на ситі, % прохід крізь сито, %	0,45 не більш як 2,0	1,0
	№38 ПА не менш 60,0	75,0
Зольність, % до СР	не більш 1,45	1,2
Число падіння, с	не менш 150	190
Кислотність, град (стандартом не передбачено)	не більш як 5,0	4,2

В дослідженнях використовували також борошно пшеничне вищого сорту ТМ «Зернарі» та ТМ «Народна». В таблиці 2.2 наведено показники якості борошна згідно ГСТУ 46.004 – 99 «Борошно пшеничне. Загальні технічні умови» [71].

Таблиця 2.2

## Показники якості борошна пшеничного вищого сорту

Показник	Норма	Характеристика
	Пшеничне вищого сорту	
Колір	Білий або білий із жовтим відтінком	Білий із жовтим відтінком
Запах	Властивий борошну, не затхлий, не пліснявий	Властивий борошну, не затхлий, не пліснявий
Смак	Властивий борошну, без стороннього присмаку, не кислий, не гіркий	Властивий борошну, не кислий, не гіркий
Мінеральна домішка	Під час розжовування борошна не повинно відчуватися хрусту	Під час розжовування борошна не відчувається хрусту
Масова частка вологи, %	не більш як 15,0	13,6
Клейковина сира: - кількість, % - якість	не менше 25,0	26,8
	не нижче 2-ої групи	1-ша група
Білість, од. приладу	54 і більше	58
Число падіння, с	не менше 160	220
Кислотність, град (не за стандартом)	не більш як 3,0	3,0
Зольність, % до СР	не більше 0,55	0,5
Крупність помелу, %: - залишок на ситі	49/52 ПА	
	не більш як 5	1,6

Для пробного лабораторного випікання використовували додаткову сировину:

- дріжджі хлібопекарські пресовані ТМ «Криворізькі дріжджі» (ДСТУ 4812:2007 «Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови» [72]);
- сіль кухонна харчова (ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна харчова. Загальні технічні вимоги» [73]);
- олія соняшникова (ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови» [74]);
- цукор білий кристалічний (ДСТУ 4623:2023 «Цукор білий. Технічні умови.» [75]);
- вода питна (ДСанПіН 2.24 – 171 - 10. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [76]).

Вся продукція відповідала нормативній документації та зберігалася відповідно до умов, зазначених виробником.

### **2.2.1 Обладнання та посуд**

Перелік обладнання, необхідного для виконання експериментальної частини НДР наведено нижче:

Чашки Петрі скляні

Пробірки скляні з марлевими пробками

Штативи для пробірок

Петля мікробіологічна

Шпатель Дригальського

Піпетки мірні на 1 см<sup>3</sup>

Спиртівка

Предметні та покривні скельця

Трубки Данбара

Металевий пробійник

Колба Ерленмеєра

Бюретка для титрування

Секундомір

Лінійка

Термостатна шафа

Електронні ваги

Холодильник

Біокулярний мікроскоп Motic (Fischer Bioblock, США)

Набір для виділення ДНК дріжджів NucleoSpin Tissue, Mini kit for DNA from cells and tissue (MACHEREY-NAGEL)

Спектрофотометр «NanoDrop 2000» (Thermo Scientific, США).

ПЛР-апарат «Applied Biosystems 2720® thermal cycler» (Applied Biosystems, США)

Набір для секвенування «BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit» (Applied Biosystems, США)

ДНК-секвенатор «Genetic Analyser 3130» (Applied Biosystems, США).

pH-метр «Tasto AG», Німеччина

Піч

Сушильна шафа СЕШ-3М

Прилад Журавльова

Прилад РЗ-БІО

Лінійка

### **2.2.2 Матеріали і реактиви**

Для виконання експериментів знадобились такі матеріали та реактиви:

Борошно

Сіль кухонна

Вода дистильована

Вода питна

Фенолфталеїн

0,1 М розчин NaOH

Пивне сусло СР 10-11% мас.

Дріжджове молоко з  $2\div 3 \times 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>

Набір реагентів «DreamTaq™ Green DNA Polymerase» («Thermo Scientific», США)

Маркер молекулярних мас «GeneRuler™ DNA Ladder Mix» (Thermo Scientific, США).

Набір реагентів «Silica Bead DNA Gel Extraction Kit» (Thermo Scientific, США)

### 2.2.3 Поживні середовища, використані у роботі

Під час проведення досліджень була використана низка поживних середовищ:

- 1) сусло-агар модифікований (ТОВ «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ») [77]: солодовий екстракт – 15,0 г/дм<sup>3</sup>; універсальний пептон – 0,75 г/дм<sup>3</sup>; мальтоза – 12,75 г/дм<sup>3</sup>; декстрин – 2,75 г/дм<sup>3</sup>; гліцерин – 2,35 г/дм<sup>3</sup>; калій фосфорнокислий однозаміщений – 0,4 г/дм<sup>3</sup>; хлорид амонію – 1,0 г/дм<sup>3</sup>; агар-агар – 20,0 г/дм<sup>3</sup>; рН 4,6;
- 2) середовище Сабуро (ТОВ «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ») [78]: пептон ферментативний сухий – 7 г/дм<sup>3</sup>; гідролізат соєвої муки ферментативний – 3 г/дм<sup>3</sup>; глюкоза кристалічний гідрат – 40 г/дм<sup>3</sup>; екстракт автолізованих дріжджів освітлений – 4 г/дм<sup>3</sup>; агар мікробіологічний (для густого середовища) – 12 г/дм<sup>3</sup>;
- 3) пивне сусло з вмістом СР 8%, рН 6 – розчин екстрагованих речовин із зернопродуктів, які застосовуються для виробництва пива [79];

- 4) Yeast Nitrogen Base (YNB) (Fluka, Sigma-Aldrich Corporation) [80]: р-амінобензойна кислота – 200 мкг/дм<sup>3</sup>; сульфат амонію – 5 г/дм<sup>3</sup>; біотин – 2 мкг/дм<sup>3</sup>; кислота борна – 500 мкг/дм<sup>3</sup>; хлористий кальцій – 0,1 г/дм<sup>3</sup>; кальцію пантотенат – 400 мкг/дм<sup>3</sup>; мідний купорос – 40 мкг/дм<sup>3</sup>; хлорне залізо – 200 мкг/дм<sup>3</sup>; фолієва кислота – 2 мкг/дм<sup>3</sup>; L-гістидин HCl – 10 мг/дм<sup>3</sup>; інозит – 2 мг/дм<sup>3</sup>; сульфат магнію – 0,5 г/дм<sup>3</sup>; сульфат марганцю – 400 мкг/дм<sup>3</sup>; DL-метіонін – 20 мг/дм<sup>3</sup>; ніацин – 400 мкг/дм<sup>3</sup>; калій йодистий – 100 мкг/дм<sup>3</sup>; фосфорнокислий калій одноосновний – 1 г/дм<sup>3</sup>; піридоксин HCl – 400 мкг/дм<sup>3</sup>; рибофлавін – 200 мкг/дм<sup>3</sup>; натрію хлорид – 0,1 г/дм<sup>3</sup>; молібдат натрію – 200 мкг/дм<sup>3</sup>; тіамін HCl – 400 мкг/дм<sup>3</sup>; DL-триптофан – 20 мг/дм<sup>3</sup>; сульфат цинку – 400 мкг/дм<sup>3</sup>; рН 5,4±0,5 (25 °С);
- 5) солодове сусло щільністю 8% СР, рН 5,6-6,0 [81];
- 6) середовище для оцінки зброджування цукрів: дріжджовий екстракт – 5,0 г/дм<sup>3</sup>; обраний вуглевод: глюкоза, рафіноза, галактоза, сахароза, мальтоза, трегалоза або лактоза – 20,0 г/дм<sup>3</sup> (у випадку рафінози – 40,0 г/дм<sup>3</sup>);
- 7) Yeast Carbon Base (YCB) (Fluka, Sigma-Aldrich Corporation) [82]: декстроза – 10,00 г/дм<sup>3</sup>; L-гістидину гідрохлорид – 0,001 г/дм<sup>3</sup>; DL-метіонін – 0,002 г/дм<sup>3</sup>; DL-триптофан – 0,002 г/дм<sup>3</sup>; біотин – 0,000002 г/дм<sup>3</sup>; кальцію пантотенат – 0,0004 г/дм<sup>3</sup>; фолієва кислота – 0,000002 г/дм<sup>3</sup>; інозит – 0,002 г/дм<sup>3</sup>; ніацин – 0,0004 г/дм<sup>3</sup>; р-амінобензойна кислота – 0,0002 г/дм<sup>3</sup>; піридоксин гідрохлорид – 0,0004 г/дм<sup>3</sup>; рибофлавін (вітамін В2) – 0,0002 г/дм<sup>3</sup>; тіаміну гідрохлорид – 0,0004 г/дм<sup>3</sup>; борна кислота – 0,0005 г/дм<sup>3</sup>; сульфат міді – 0,00004 г/дм<sup>3</sup>; калію йодид – 0,0001 г/дм<sup>3</sup>; ферум хлорид – 0,0002 г/дм<sup>3</sup>; мангану сульфат – 0,0004 г/дм<sup>3</sup>; натрію молібдат – 0,0002 г/дм<sup>3</sup>; сульфат цинку – 0,0004 г/дм<sup>3</sup>; монокалійфосфат – 1,00 г/дм<sup>3</sup>; сульфат магнію – 0,50 г/дм<sup>3</sup>; хлорид натрію – 0,10 г/дм<sup>3</sup>; хлорид

- кальцію – 0,10 г/дм<sup>3</sup>; агар мікробіологічний (для щільного середовища) – 40 г/дм<sup>3</sup>;
- 8) середовище з 50% вмістом глюкози складу: дріжджовий екстракт – 5,0 г/дм<sup>3</sup>; глюкоза – 500,0 г/дм<sup>3</sup>; агар – 20,0 г/дм<sup>3</sup>;
- 9) середовище з 10% вмістом хлориду натрію складу: NaCl – 100,0 г/дм<sup>3</sup>; глюкоза – 50,0 г/дм<sup>3</sup>; YNB – 67,0 г/дм<sup>3</sup>.

### 2.3 Методи дослідження

Дослідження проведено у відділі технологій хліба та біотрансформації зернових продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України.

Нижче приведено загальну схему експерименту (рис. 2.1).

Як джерела для скринінгу було взято для замісу три види житнього борошна різних виробників (п. 2.2), з яких утворено 3 спонтанні житні закваски. З них після висівання послідовних десятикратних розведень на чашки Петрі із середовищем Сабуро за культуральними ознаками були виділені колонії потенційних дріжджових ізолятів. Серед них було обрано найактивніші штами, які далі були піддані низці тестів з метою визначення їх видової приналежності. Ідентифікацію дріжджів проводили за стандартною методикою, описаною Kurzman [83]. Ідентифіковані штами далі пройшли випробування для оцінки їх біотехнологічно релевантних властивостей, і, насамкінець, властивостей у складі заквасок для визначення їх перспектив використання у хлібопекарській промисловості.

#### 2.3.1 Скринінг штамів дріжджів у спонтанних житніх заквасках

Закваски були приготовлені в лабораторних умовах з використанням трьох різних видів житнього борошна з різних регіонів України: Київського, Івано-Франківського та Одеського.

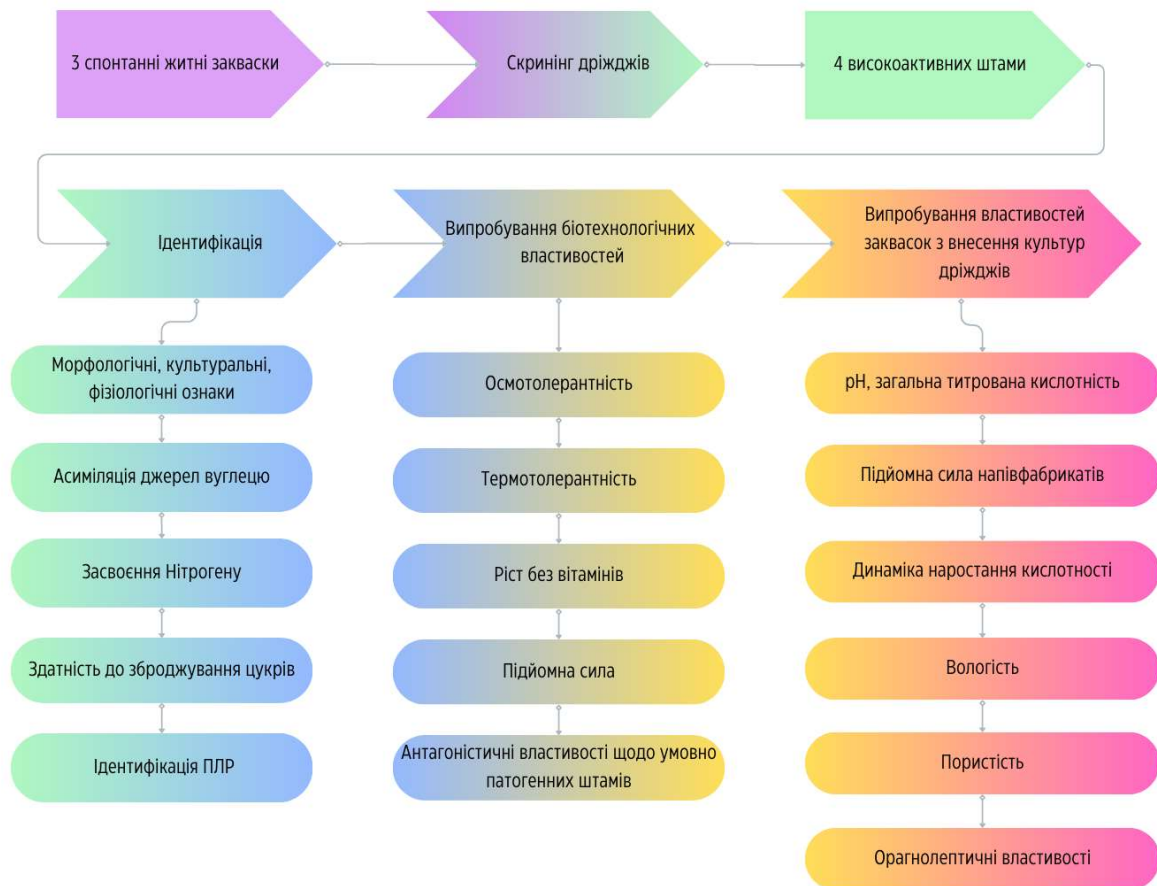


Рисунок 2.1 – Схема проведення експерименту

Методика приготування закваски була заснована на спонтанному бродінні внаслідок змішування води і борошна:

#### Фаза 1.

Змішували 50 г житнього борошна з 30 см<sup>3</sup> питної води за температури 20 °С. Після цього додавали до суміші 20 мл стерильного охмеленого пивного суслу концентрацією сухих речовин 10-11% мас.

#### Фаза 2.

Через 20 години культивування стартерної закваски – початкової суміші води і борошна з фази 1 – за температури 20 °С до неї додавали 50 г житнього борошна,

30 см<sup>3</sup> питної води та 20 мл стерильного охмеленого пивного сусла з концентрацією сухих речовин 10-11% мас.

#### Фаза 3.

Через 20 години культивування за температури 20 °С до стартерної закваски фази 2 додавали 50 г житнього борошна і 50 см<sup>3</sup> питної води. Після перемішування закваску фази 3 залишали для ферментації на 20 години за температури 20 °С.

#### Фаза 4

Через 20 години культивування 50 г стартерної закваски фази 3 додавали підживлення в кількості 70% від загальної маси попередньої фази складом: 50% мас. борошно житнє + 50% мас. вода питна.

#### Фаза 5

Через кожних 24 години культивування за температури 20 °С додавали підживлення в кількості 50% мас. від попередньої фази складом: 50% мас. борошно житнє + 50% мас. вода питна. Це відбувалося доти, доки рН закваски не досягатиме стабільно значення 3,76-3,80 протягом трьох днів.

Після цього (приблизно на 15 добу від початку культивування) закваска вважалася зрілою.

Було відібрано по 9 колоній дріжджів із кожної закваски. Штами відбирали за кількістю КУО/см<sup>3</sup> у зразку після 24 годин культивування на середовищі Сабуро за температури 25°С. Підрахунок колоній проводили чашковим методом Коха [84]. Розрахунок КУО здійснювали за формулою:

$$\lg N = \lg \left( \frac{n \cdot d}{V} \right),$$

де  $N$  – кількість КУО/см<sup>3</sup>;

$n$  – кількість колоній на чашці;

$d$  – ступінь розведення;

$V$  – об'єм зразка, який висівали на чашку Петрі, см<sup>3</sup>.

### **2.3.2 Дослідження морфологічних та культуральних ознак**

Дослідження морфологічних ознак проводили на бінокулярному мікроскопі Motic (Fischer Bioblock, США) за збільшень  $\times 40$  та  $\times 100$  на добовій культурі, культивованій на солодовому суслі щільністю 8% СР за 30 °С, та на 3-добовій культурі, вирощеній на агаризованому середовищі Сабуро за 25 °С. Культуральні ознаки спостерігали неозброєним оком протягом 5 діб культивування на солодовому суслі 8% СР та на агаризованому середовищі Сабуро (діаметр чашки Петрі – 10 см, щільність засіву – близько 50 колоній/чашку) за 30 °С [83].

### **2.3.3 Асиміляція джерел вуглецю**

Для отримання посівного матеріалу добові культури дріжджів висівали на рідке середовище YNB з 0,1% глюкози. Далі напрацьовану культуру перевіряли на агаризованому YNB, яке містило 0,5% (для рафінози – 1%) одного з 38 джерел вуглецю (цукрів, спиртів, органічних кислот та інших). Культивування на середовищі проводили протягом 3 тижнів за температури 25-26 °С. Для порівняння використовували позитивний контроль – середовище з глюкозою та негативний контроль – середовище без жодного джерела вуглецю [83].

### **2.3.4 Тест на засвоєння джерел Нітрогену**

Штами культивували на рідкому середовищі YCB з додаванням  $\text{KNO}_3$  (0,78 г/л) або  $\text{NaNO}_2$  (0,26 г/л) протягом 21 доби за 25-26°C. Результат з утилізації джерел Нітрогену оцінювали за наявністю росту культури [83].

### **2.3.5 Ідентифікація за ПЛР**

Генетичні дослідження проводили в Інституті молекулярної біології та генетики НАНУ.

2.3.5.1 Виділення нуклеїнових кислот. Для ідентифікації культур, 3 мл рідкого розчину культури було відцентрифуговано при 5000 об/хв для осадження клітин. Фугат зливали, а геномну ДНК екстрагували з осаду за допомогою комерційного набору для виділення ДНК дріжджів. Концентрацію ДНК визначали спектрофотометрично. Зберігання зразків відбувалось за мінус 20°C. На виділеній ДНК потім провели ПЛР до ділянки гена 5,8S рРНК.

2.3.5.2 Полімеразна ланцюгова реакція. Для ампліфікації ділянки гена 5,8S рРНК *S. cerevisiae* використовували специфічні праймери та проводили ПЛР в термоциклері з комерційним набором для ПЛР. Застосовані праймери: F 5'-cggctactcctacctgattgagg-3' та R 3'-ggaacctgccggcaaggatc-5' (820 п.н.). Реакційну суміш готували згідно з інструкцією виробника набору. Програма ампліфікації: денатурація – 95°C, 40 с (1-ий цикл – 4 хв); ренатурація – 58°C, 40 с; елонгація – 72°C, 40 с; 40 циклів.

2.3.5.3 Гель-електрофорез. Продукти ПЛР розділяли в 1,5% агарозному гелі за напруги 5 В/см, використовуючи трис-ацетатний буфер та гліцериновий буфер для завантаження зразків. Для визначення розміру фрагментів використовували ДНК-маркер. Після розділення смуги, що відповідали ампліконам, вирізали з гелю і ДНК виділяли за допомогою комерційного набору для екстракції. Виділені фрагменти зберігали за температури мінус 20°C до секвенування.

2.3.5.4 Секвенування. Для визначення нуклеотидної послідовності ампліконів використовували ті самі праймери, що і для ПЛР, комерційний набір для циклічного секвенування за методом термінації та автоматичний ДНК-секвенатор згідно з інструкцією виробника.

### **2.3.6 Випробування на зброджування цукрів**

Експеримент проводили з використанням трубок Данбара (Durham), які містили середовище з вуглеводами (глюкоза, рафіноза, галактоза, сахароза, мальтоза,

трегалоза або лактоза). Культивування дріжджів відбувалося протягом 28 діб за температури 26-28 °С. Здатність до бродіння оцінювали за ступенем витіснення середовища із запаяної частини трубки. Для порівняння використовували негативний контроль – середовище без наявності жодного цукру [83].

### **2.3.7 Випробування на осмоотолерантність**

Оцінку проводили візуально на основі наявності росту на середовищі з 50 % вмістом глюкози та на середовищі з 10 % вмістом хлориду натрію. Культури вирощували в термостаті протягом 14 діб за температури 25-26 °С [83].

### **2.3.8 Випробування на термотолерантність**

Здатність штамів до росту за підвищених температур оцінювали шляхом культивування на агаризованому середовищі Сабуро. Культури витримували за 37 °С протягом 72 годин. Результат випробування оцінювали візуально за наявністю росту [83].

### **2.3.9 Здатність до росту на середовищі без вітамінів**

Здатність до росту на середовищі без вітамінів досліджували шляхом культивування штамів на середовищі без вмісту вітамінів протягом 2 діб за 30 °С. Оцінювання проводили за наявністю або відсутністю росту [83].

### **2.3.10 Антагоністичні властивості щодо умовно патогенної мікрофлори**

Дослідження велось методом лунок [85]. Всі маніпуляції проводили в околі пальника. На агаризоване середовище Сабуро з використанням шпателя Дригальського газом висівали зразки штамів дріжджів. Після цього просушували поверхню середовища – залишали чашки Петрі частково відкритими на 15 хвилин. Далі на відстані як мінімум 24 мм одна від одної пробійником робили лунки для

внесення  $0,1 \text{ см}^3$  тест-культур. Чашки Петрі далі залишали для дифузії зразка протягом 2 годин за кімнатної температури, а далі інкубували за  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом 48 годин. Після отримання результату лінійкою вимірювали діаметр зони пригнічення росту.

### 2.3.11 Підготовка заквасок з внесенням культур дріжджів

Закваски були замішані за методикою, описаною нижче. Після замішування закваски відбувалась ферментація протягом 72 годин за стабільної температури  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Подальші дослідження проводили лише по завершенню цього етапу.

Методика приготування закваски на житньому борошні.

Фаза 1.

Змішували 50 г житнього борошна з  $30 \text{ см}^3$  питної води за температури  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Після цього додавали до суміші 20 мл стерильного охмеленого пивного сусла концентрацією сухих речовин 10-11% мас. та 10 мл дріжджового молока із кількістю дріжджових клітин  $2\div 3 \times 10^8 \text{ КУО/см}^3$ .

Дріжджове молоко отримували таким чином:

1) Із музею культур, в якому виділені ізоляти дріжджів зберігаються за температури  $+4 \text{ }^\circ\text{C}$  в пробірках на агаризованому середовищі Сабуро, мікробіологічною петлею відбирали зразок.

2) Зразок культури на петлі, близько полум'я спиртівки, переносили в колбу із стерильним пивним суслем об'ємом  $10 \text{ см}^3$ .

3) Через добу культивування в термостаті за температури  $+22 \text{ }^\circ\text{C}$  вміст пробірки за наявності в околі виконання робіт полум'я переносили в колбу із стерильним пивним суслем об'ємом  $100 \text{ см}^3$ .

4) Через добу культивування в термостаті за температури  $+22 \text{ }^\circ\text{C}$  вміст колби, за наявності в околі виконання робіт полум'я, переносили в колбу із охмеленим стерильним пивним суслем об'ємом  $500 \text{ см}^3$ .

5) Через добу культивування в термостаті за температури +22 °С колбу охолоджували до температури +5 °С. Декантували верхню прозору частину поживного середовища. Клітини дріжджів із залишками поживного середовища, які осіли на дно колби, збирали і переміщали в стерильну колбу, отримуючи таким чином дріжджове молоко.

#### Фаза 2.

Через 24 години культивування стартерної закваски – початкової суміші води і борошна з фази 1 – за температури 20 °С до неї додавали 50 г житнього борошна, 30 см<sup>3</sup> питної води та 20 мл стерильного охмеленого пивного сусла з концентрацією сухих речовин 10-11% мас. Після перемішування закваску фази 2 залишали для ферментації на 24 години за температури 20 °С.

#### Фаза 3.

Через 24 години культивування до стартерної закваски фази 2 додавали 50 г житнього борошна і 50 см<sup>3</sup> питної води. Після перемішування закваску фази 3 залишали для ферментації на 24 години за температури 20 °С.

#### Фаза 4

Через 24 години культивування 50 г стартерної закваски фази 3 переносили в стерильну колбу. До колби зі стартерною закваскою фази 3 додавали 50 г житнього борошна та 50 см<sup>3</sup> питної води. Після перемішування закваску фази 4 залишали для ферментації на 24 години за температури 20 °С.

#### Фаза 5

Через 24 години культивування від стартерної закваски фази 4 відкидали 100 г. До залишку (в кількості 50 г) додавали 50 г житнього борошна та 50 см<sup>3</sup> питної води. Після перемішування закваску залишали для ферментації за температури 25 °С. Після ферментації протягом 12 годин до стартерної закваски додавали 50 г житнього борошна та 50 см<sup>3</sup> питної води. Закваску фази 5 ретельно перемішували та залишали

для ферментації на 12 годин за температури 25 °С. Після цього в отриманій після фази 5 стартерній заквасці визначали кислотність (п. 3.11) та вологість (п. 3.15).

### 2.3.12 Вимірювання рН та титрованої кислотності

Визначення рН проводили за допомогою рН-метру «Tasto AG», Німеччина шляхом занурення електроду у пробу виробу. Титровану кислотність визначали методом титрування 5 г зразку, розведеного у 50 мл дистильованої води з додаванням 4-5 крапель фенолфталеїну, розчином 0,1 М NaOH до появи стійкого рожевого забарвлення. Далі показник титрованої кислотності обчислювали за формулою [86]:

$$X = \frac{a \cdot 100}{G \cdot 10} \cdot K,$$

де  $X$  – титрована кислотність, град Тернера;

$a$  – кількість 0,1 М NaOH, см<sup>3</sup>;

$G$  – маса зразку, г;

$K$  – поправочний коефіцієнт до титру лугу,  $K = 1$ .

### 2.3.13 Дослідження підйомної сили напівфабрикату

Для дослідження підйомної сили замішували тісто зі складом: 10 г закваски (з внесеним штамом дріжджів) + 10 г тіста, з якого робили кульку. Кульку занурювали у склянку з водою за температури 32 °С об'ємом 200-250 мл та поміщали у термостат. Секундоміром вимірювали час у хвилинах від моменту опускання кульки на дно до спливання на поверхню [87].

### 2.3.14 Дослідження динаміки наростання кислотності

Закваску на виділеному штамі дріжджів з відносною вологістю 50 % замішували за методикою, наведеною у п. 3.10 (фаза 1). Через 24 години додавали відповідний відсоток фази підживлення: суміші свіжого борошна і води у

співвідношенні 1:1. Далі культивування відбувалося протягом 6 годин за температури 30 °С. Проби для аналізу відбирали щогодинно протягом цього періоду для визначення загальної титрованої кислотності (за пунктом 2.3.12).

### **2.3.15 Виготовлення тістових напівфабрикатів та випікання тестових виробів**

Тісто для виготовлення тестових хлібних виробів було приготовлене із суміші обдирного житнього борошна і пшеничного борошна I сорту, і закваски (табл. 2.3). Час бродіння становив від 120 до 240 хвилин. Замішування та формування проводили вручну. Після цього тістові заготовки залишались протягом 45-60 хвилин за температури 35±2 °С для вистоювання. Готовність заготовок оцінювали за їхнім виглядом, текстурою та об'ємом. Перед випіканням поверхню тістових заготовок зволожували водою і ставили в піч. Там вони піддалися випіканню за температури 200-220 °С протягом 8 хвилин, а потім за температури 160-180 °С протягом 20-25 хвилин.

Таблиця 2.3

Склад тіста для тестових виробів

Сировина	Контроль	Дослід
Борошно пшеничне I сорту, кг	50,0	50,0
Борошно житнє обдирне, кг	50,0	35,0
Закваска, кг	-	35,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані, кг	3,5	3,5
Сіль кухонна, кг	2,0	2,0

### 2.3.16 Вимірювання вологості та розрахунок виходу тіста, DY

Вологість (англ. – hydration), вміст води у борошні, визначає консистенцію закваски та впливає на властивості та застосування заквасок у хлібопекарській промисловості. На рівні з ним стоїть інший показник, який теж характеризує густину закваски. Він називається вихід тіста (англ. – dough yield, DY) і розраховується як відношення між вмістом води та борошна у заквасці [23]:

$$DY = \frac{(m_{\text{б}} + m_{\text{в}}) \cdot 100}{m_{\text{б}}},$$

де  $m_{\text{б}}$  – маса борошна;

$m_{\text{в}}$  – маса води у заквасці.

Наважку масою  $5,0 \pm 0,01$  г поміщали у сушильну шафу СЕШ-3М за температурі  $130$  °С на 15 хвилин. Після досягнення постійної маси висушений зразок зважували до точності у 0,01 г. Вологість, %, визначали за формулою [86]:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G_p} \cdot 100,$$

де  $G_1$  – маса наважки до сушіння, г;

$G_2$  – маса зразка після сушіння, г;

$G_p$  – маса пакета, г.

### 2.3.17 Визначення рівня пористості хлібопекарських виробів

Для цього використовували прилад Журавльова (рис. 2.2).

За методикою [86] з середини отриманого хлібного виробу вирізали шматок товщиною 7-8 см. З нього циліндром приладу відбирали пробу на відстані, як мінімум, 1 см від скоринки. Заповнений циліндр вкладали на лоток, виштовхували м'якушку

на 1 см і зрізали. Повторно виштовхували м'якушку впритул до стінки лотка і зрізали виїмку.

Дослідження повторювали чотири рази і розраховували об'єм виїмок за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4} \approx 0,785d^2H,$$

де  $V$  – об'єм виїмки, см<sup>3</sup>;

$d$  – внутрішній діаметр циліндричного ножа, см;

$H$  – довжина циліндричної виїмки, см.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд приладу Журавльова [88]

Виїмки зважували до 0,01 г. Після цього розраховували пористість  $\Pi$  за формулою:

$$\Pi = \left(1 - \frac{G}{\rho V}\right) \cdot 100\%,$$

де  $G$  – загальна маса виїмок, г;

$\rho$  – густина безпористої маси м'якушки, г/см<sup>3</sup> (для суміші житнього обдирного борошна та пшеничного вищого сорту  $\rho = 1,26$  г/см<sup>3</sup>);

$V$  – загальний об'єм виїмок, см<sup>3</sup>.

### 2.3.18 Вимірювання об'єму тестових зразків хліба

Вимірювання об'єму тестових зразків хліба здійснюється на приладі РЗ-БІО за принципом витіснення сипучого матеріалу [86]. Для цього в одну з ємностей приладу засипають просо, а в другу ємність кладуть зразок хліба. Здійснюють три підходи.

### 2.3.19 Оцінка органолептичних показників хліба

Оцінку органолептичних показників хліба проводили органами чуття за методикою [86]. Оцінювали правильність форми, стан поверхні, колір скоринки та м'якушки хліба, структуру пористості, реологічні властивості м'якушки, аромат, смак, розжовуваність м'якушки.

### 2.3.20 Статистична обробка результатів

Статистичну обробку результатів проводили у програмі Excel 2016 MS Office. Для цього використовували критерій Стюдента для рівня значущості  $p = 0,05$  та такі формули [89]:

1) середнє:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n},$$

де  $x$  – кожне вимірювання,  $n$  – кількість вимірювань;

2) стандартне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}};$$

3) коефіцієнт Стюдента:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{n}}};$$

4) довірчий інтервал:

$$\Delta x = t_{\alpha,k} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

### **3 РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ**

Результати роботи мають комерційну цінність і наразі не опубліковані.

## 4 СТАРТАП-ПРОЄКТ

### 4.1 Резюме стартап-проекту

Таблиця 4.1

#### Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1	2
1. Сутність ідеї	Розробка сухої закваски для хліба
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	В Україні аналогів немає, закордом є підприємства, які виробляють таку продукцію: UNIFERM (Німеччина), Puratos (Бельгія), Lesaffre (Франція) та інші.
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Виготовлення хліба на заквасці – трудомісткий процес, найскладніша частина якого – це саме підготовка закваски, що може займати кілька тижнів. Наш продукт пропонує скоротити цей процес до кілької годин, що значно полегшить життя господарям та пекарям.
4. Ступінь розробленості технології реалізації	На стадії розробки
5. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Клас 30. Закваски для тіста – 300066.

## Продовження таблиці 4.1

1	2
6. КВЕД, до якого може належати дане виробництво	КВЕД-2010: Клас 10.71
7. Очікувана потужність стартапу	Середнє
8. За масштабом виробництва	Масове
9. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
10. За ресурсами, що споживатимуться	Матеріаломістке
11. За чисельністю персоналу	Мале
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні та міжнародні
13. Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; - постачальників комплектуючих.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- потужностей стартапу: Київська обл.</li> <li>- офісу стартапу м. Київ</li> <li>- збутової мережі: Україна та Європа</li> <li>- Постачальників комплектуючих: Україна та Європа</li> </ul>
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Розробка
15. Гранична корисність ідеї стартапу	Позитивна маржинальна утилітарність; скорочення часу виробництва та покращені властивості продукту.
16. Бізнес-модель стартапу	B2B2C
17. Конкуренти вітчизняні	Відстуні

## Продовження таблиці 4.1

1	2
<p>18. Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)</p>	<p>UNIFERM «Xtrasauer» Ціна 145 грн – 0,5 кг. Переваги: ціна, дозування, розмір упаковки. Фактори успіху: відомий німецьких бренд харчової та хлібопекарської продукції, невелика ціна.</p> <p>Ruggeri «Pasta Madre» Ціна 190 грн – 0,25 кг. Переваги: для великого асортименту продукції. Фактори успіху: надійність бренду, країна-походження.</p> <p>Puratos «O-tentic» Ціна 460 грн – 1 кг. Переваги: підходить під різні види випічки. Фактори успіху: позиціонується як закваска преміум-класу, характеристики готового продукту.</p>
<p>19. Ключові фактори успіху стартапу</p>	<p>Нижча ціна порівняно з імпортованими товарами, зручний розмір упаковки, вітчизняна сировина та виробництво.</p>
<p>20. Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)</p>	<p>Люди, які мають хобі – випікання хліба та інших виробів та які знаходяться на різних етапах життєвого циклу: молодь, молоді сім'ї, сім'ї з маленькими дітьми, з дорослими дітьми, люди зрілого віку, пристарілі.</p> <p>Потенційна чисельність: близько 40%</p>

Продовження таблиці 4.1

1	2
	опитаних самостійно випікають, що є близько 15 млн людей в масштабах країни. Бізнеси, які знаходяться у хлібопекарстві: приватні пекарні, хлібзаводи, хлібокомбінати – щонайменше 1000 виробництв.
21. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	В середньому за етап перший етап реалізації планова потужність підприємства складає 3000 кг продукції в місяць.
22. Мінімальна кількість виробництва за методом точки беззбитковості	150 кг продукції за місяць
23. Споживачі на етапі розвитку	Люди з хобі випікання, невеликі приватні пекарні.
24. Споживачі на етапі зрілості	Люди з хобі випікання, пекарні, хлібокомбінати, хлібзаводи та інші бізнеси.
25. Конкурентна ціна на продукт стартапу	120 грн – 1 кг
26. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	70,21%
27. Капіталовкладення в проект	2 389 950грн або 70,5 грн/кг
28. Період повернення капіталовкладень у проект	1,8 років
29. Джерела фінансування	Дохід від реалізації, фінансові інвестиції.

Продовження таблиці 4.1

1	2
30. Основні компоненти продукції стартапу (їх доля у готовому товарі, ступінь готовності компонентів у наявному виробництві)	Борошно – 90%, вода – 9%, культури м/о – 1%. Компоненти не потребують додаткової обробки перед використанням у виробництві.
31. Потенційні постачальники складових компонентів розробки (виділити вітчизняних і закордонних, плановий обсяг замовлень, наявна потужність постачальника)	Постачальники компонентів – українські виробники, обладнання – українські та іноземні.
32. Планове місце реалізації результату розробки (місце, планова доля реалізації продукту через це місце)	Онлайн-магазин, мережі супермаркетів України.
33. Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	Немає
34. Методи просування результатів розробки на ринок	Маркетинг, цифровий маркетинг, участь у виставках, ярмарках, організація воркшопів, презентацій.

## 4.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

У таблиці 4.2 проведено аналіз потенційних загроз та можливостей зовнішнього середовища стартапу, враховуючи економіку, політику, науково-технічний прогрес.

Таблиця 4.2

### Аналіз загроз та можливостей зовнішнього середовища

Ситуація	Загрози	Можливості
1	2	3
Політика		
Законодавчі зміни в регулюванні виробництва та реалізації харчової продукції	1. Необхідність створення додаткової документації 2. Необхідність зміни технологічного процесу 3. Необхідність зміни характеристик продукції	1. Вихід з ринку конкурентів 2. Поява нових клієнтів 3. Розширення виробництва
Економіка		

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
Економічні проблеми у зв'язку з воєнним станом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зменшення платіжної спроможності населення</li> <li>2. Втрата клієнтури через обмеженість коштів</li> <li>3. Підйом податків</li> <li>4. Збільшення імпортних товарів по нижчій ціні</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Створення лояльних умов для нових бізнесів</li> <li>2. Розширення виробництва</li> <li>3. Можливість виходу на нові ринки в сусідніх країнах</li> </ol>
Науково-технічний прогрес		
Створення подібного продукту	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Втрата частини клієнтів</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розвиток маркетингу</li> <li>2. Недовіра до нового виробника</li> <li>3. Розширення лінійки на більшу кількість продуктів</li> </ol>

У таблиці 4.3 наведено аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища.

Таблиця 4.3

Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
1	2	3
Конкуренти	Відсутність вітчизняних конкурентів, незаповненість ринку подібною продукцією, наявність попиту серед	Недовіра до виробника через відсутність конкурентів. Стереотип про кращу якість продукції європейських

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
	відповідних категорій населення.	виробників.
Постачальники	Закупка сировини у вітчизняних виробників, що зменшує ціну продукту. Підтримка економіки країни.	За умови наявності проблем в постачальника, затримка або зниження якості продукту.
Споживачі	Низька ціна та вітчизняний виробник зможе захопити значну аудиторію серед потенційних покупців.	Недовіра до нового бренду.

За результатами двох попередніх аналізів факторів зовнішнього і зовнішнього оперативного середовища було сформовано перелік зацікавлених сторін для визначення потенційних загроз у процесі впровадження розробки, при формуванні ризиків стартап-проекту (інноваційної розробки). Вони перераховані у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

## Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
1	2	3	4
<i>Суб'єкти внутрішнього середовища</i>			

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
Виробник:			
Наша сторона	-	-	-
Постачальник:			
Виробники борошна	5	3	4
Постачальники культур мікроорганізмів	4	3	3,5
Постачальники пакувальних матеріалів	5	3	4
Орендодавець приміщення	5	3	4
Лізингодавець	5	3	4
Споживачі:			
Молоді люди	1	2	1,5
Люди середнього віку	4	4	4
Люди похилого віку	4	5	4,5
Власники пекарень та хлібокомбінатів	5	5	5
Посередники:			
Дистриб'ютор	5	5	5
<i>Зовнішнє середовище</i>			
Політичні структури:			
Державна податкова служба України	4	2	2
Міністерство охорони здоров'я	4	1	2,5

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
Міністерство економічного розвитку і торгівлі України	4	3	3,5
Суб'єкти економічного середовища:			
Суб'єкти, що виступають постачальниками	5	3	4
Суб'єкти, що є потенційними постачальниками	2	3	2,5
Суб'єкти, що є конкурентами	2	2	2
Суб'єкти, що є посередниками	4	5	4,5
Власники географічних об'єктів:			
Орендодавець приміщення	5	3	4
Держава	4	1	2,5
Приватні особи/підприємці - власники точок продажу	3	1	2
Суб'єкти демографії:			
Люди з високим рівнем доходу	2	4	3

## Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
Люди з середнім рівнем доходу	5	5	5
Люди з низьким рівнем доходу	3	4	3,5
Суб'єкти культурного середовища:			
Релігійні організації	1	1	1
Заклади культури, заклади освіти сфери культури, а також підприємства, установи та організації всіх форм власності, статуту (положення) яких передбачають провадження діяльності у сфері культури	1	1	1
Суб'єкти НТП:			
Наукові і конструкторські організації	1	1	1
Експериментальні (дослідні) підприємства	1	1	1
Споживачі новаторської продукції	2	4	3

Аналіз внутрішнього середовища підприємства забезпечує визначення сильних та слабких сторін в процесі реалізації стартап-проекту, що саме буде сприяти забезпеченню розробки, впровадженню, а що створюватиме перешкоди (ризики) в розробці, впровадженні та реалізації ідеї стартап-проекту. Відповідно до цього аналізу, в таблиці 4.5 було зображено основні переваги та недоліки внутрішнього середовища.

Таблиця 4.5

## Переваги і недоліки внутрішнього середовища

	Переваги	Недоліки
Організаційна структура	Наявність директора та технологів, які структурують процес виробництва Сіткий розподіл задач між працівниками	Мультизадачність, необхідність кваліфікованих кадрів
Технологічна база	Сучасність технології виробництва Простота методики Можливість корегування технології	Відсутність досвіду такого виробництва
Працівники	Молода команда Наявність кваліфікованої робочої сили Позитивна атмосфера	Відсутність досвіду
Технічна база	Незначна кількість обладнання Нове обладнання Відсутність необхідності ремонту Простота використання	Дороговартість Відсутність великої кількості аналогів
Сировинна база	Легкодоступність Дешевизна Можливість заміни постачальника	Складність роботи з мікробіологічними культурами

### 4.3 Визначення ключових факторів успіху проекту

#### Метод Шонфільда

Важливі параметри нашої продукції:

- Ціна
- Наявність на складі / безперебійність поставок
- Пакування (матеріал, практичність, дизайн)
- Дозування
- Розмір упаковки

Таблиця 4.6

#### Оцінка характеристики за методом Шонфільда

	Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристики			
			Нова закваска	«Xtrasauer»	«Pasta Madre»	«O-tentic»
1	Ціна	0.3	5	4	1	2
2	Наявність на складі / безперебійність поставок	0.3	5	3	3	3
3	Пакування	0.1	4	2	4	4
4	Дозування	0.1	4	5	1	3
5	Розмір упаковки	0.2	4	5	1	5

Таблиця 4.7

Бальна оцінка кожної характеристики для продукції та конкурентів

	Характеристика	Нова закваска	«Xtrasauer»	«Pasta Madre»	«O-tentic»
1	Ціна	1.5	1.2	0.3	0.6
2	Наявність на складі / безперебійність поставок	1.5	0.9	0.9	0.9
3	Упаковка (матеріал, практичність, дизайн)	0.4	0.2	0.4	0.4
4	Дозування	0.4	0.5	0.1	0.3
5	Розмір упаковки	0.8	1	0.2	1

На основі отриманих бальних оцінок була побудована діаграма порівняння конкурентних переваг нашого продукту з конкурентами (рис. 4.1).

На основі наведених даних був зроблений висновок, що за оціненими характеристиками наш продукт має переваги стосовно ціни та постійною наявністю на складі/безперебійністю постачання, оскільки він виробляється на зберігається у складських приміщеннях в Україні. Характеристику «дозування» вдосконалити проблематично, оскільки вона визначається рецептурою для продукту, а над пакуванням можливо удосконалити: покращити дизайн та вибрати матеріал упаковки продукту, який би дозволяв підтримувати якісні властивості закваски на найвищому рівні як можна довше, створити упаковки різних об'ємів тощо), щоб покращити конкурентоспроможність за цими характеристиками.

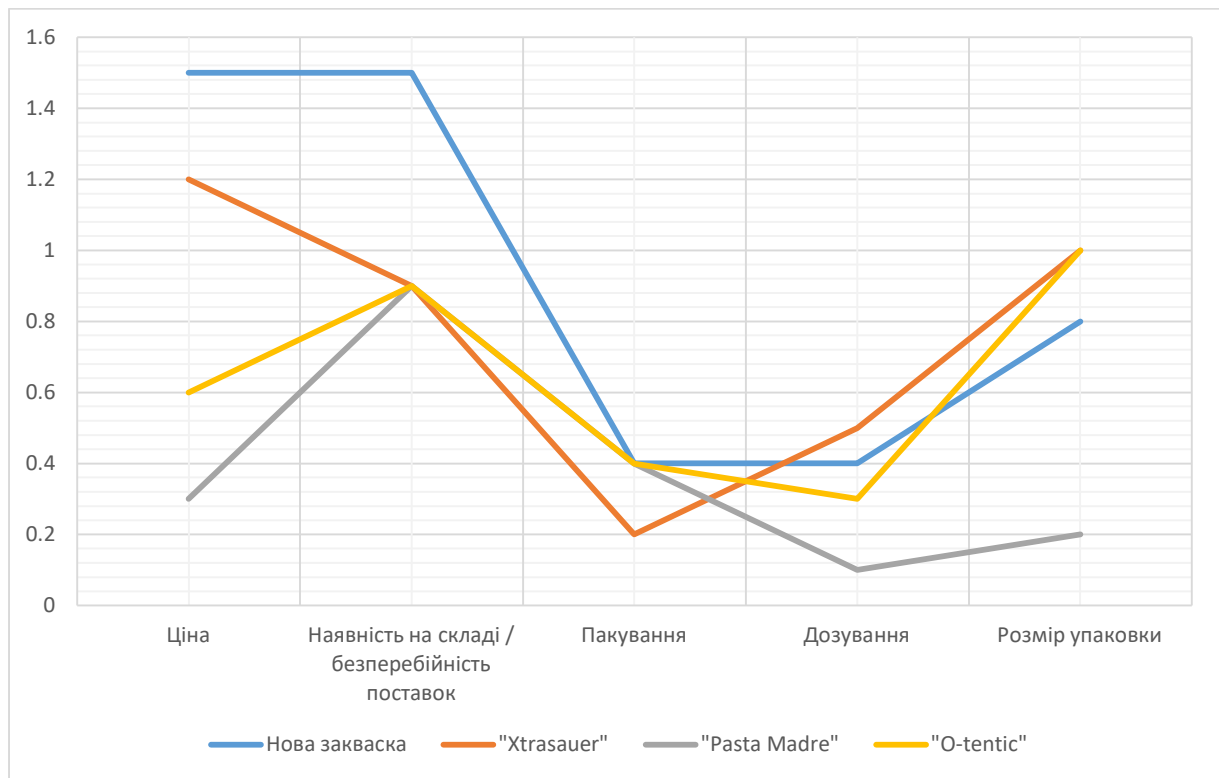


Рисунок 4.1 – Порівняння конкурентних переваг підприємства з конкурентами

#### 4.4 Визначення категорій потенційних споживачів

Таблиця 4.8

##### Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
1	2
1. Юридична особа	
1. Форма власності	Приватне
2. КВЕД	КВЕД-2010: Клас 10.71
3. За потужністю	Мале
4. За масштабом виробництва	Одиничне

Продовження таблиці 4.8

1	2
5. За рівнем спеціалізації	Вузкопрофільне
6. За ресурсами, що споживаються	Матеріаломістке
7. За чисельністю персоналу	Мале
8. За сферою діяльності	Виробничі
9. За приналежністю капіталу і контролю	Національні
10. За географічним розташуванням	м. Київ, Київська область
11. За віддаленістю органів управління	Національні
12. За характером господарської діяльності	Харчові
13. За рівнем технологічної цілісності	Провідні
14. За долею іноземного капіталу	0%
15. За формуванням статутного капіталу	Унітарні
16. За організацією виробничих процесів	Безперервні
17. За роботою протягом року	Позасезонні
18. За географічним розташуванням на території України	Київська область

Продовження таблиці 4.8

1	2
19. За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	Наявні
20. За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Регіон</li> <li>- Чисельність населення</li> <li>- Динаміка росту регіону</li> <li>- Структура регіону</li> <li>- Правові обмеження торгівлі</li> </ul>	Регіон – Київська область Чисельність населення: 1,8 млн Динаміка росту регіону: позитивний приріст Структура регіону: Київська область як адміністративно-територіальна одиниця у складі України займає 4,7% її площі. Правові обмеження торгівлі: необхідно мати експлуатаційний дозвіл, що видається територіальним органом компетентного органу.
2. Фізична особа	
1. Вік	від 18 років
2. За платоспроможністю	Третина потенційних покупців не готові віддавати за продукт більше 400 грн/місяць, ще чверть – не більше 800 грн, 8% - більше 800 грн. При цьому ще одна третина не бажає витратити гроші додатково взагалі. Вважаючи на ціну у 100 грн/кг, наш продукт є доступним для більшості потенційних покупців.
3. За соціальним рівнем споживачів	Потенційними споживачами продукції будуть особи, з заробітною платою 10 000 грн/місяць і вище.

Продовження таблиці 4.8

1	2
<p>4. За способом життя</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Фізичні</li> <li>- Психологічні</li> <li>- Емоційні</li> <li>- Духовні</li> <li>- Соціальні</li> <li>- Інтелектуальні</li> </ul>	<p>Фізичні: слідкування за власним здоров'ям, здорове харчування.</p> <p>Психологічні: бажання займатися своїм хобі, удосколюватись та пробувати нове.</p> <p>Емоційні: -</p> <p>Духовні: -</p> <p>Соціальні: бажання знаходитись у компанії, наявність родини, друзів.</p> <p>Інтелектуальні: критичне мислення, навички до пошуку інформації.</p>
<p>5. Тип особистості споживачів</p>	<p>Традиціоналіст, реаліст, гедоніст</p>
<p>6. За ставленням до товару:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Мотивація придбання</li> <li>- Пошук вигоди</li> <li>- Ставлення до товару</li> </ul>	<p>Мотивація придбання: любов до випічки та турбота про власне харчування, здорові звички.</p> <p>Пошук вигоди: власне приготування є дешевшим за постійну необхідність купувати</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Інформованість про товар</li> <li>- Інтенсивність споживання товару</li> </ul> <p>За сімейними цінностями (склад сім'ї, рівень сімейного доходу, етап життєвого циклу сім'ї, традиції)</p>	<p>готовий продукт.</p> <p>Ставлення до товару: нейтральне, позитивне</p> <p>Інформованість про товар: низька через наявність лише імпортних виробників</p> <p>Інтенсивність споживання товару: за бажанням.</p> <p>За сімейними цінностями: підходить для будь-яких сімей.</p>
<p>7. За співвідношенням бажання придбати і цінової межі</p>	<p>Відсоток витрат від місячного доходу на 1 кг продукту:</p> <p>При ЗП 10 000 грн – 1%</p>

Продовження таблиці 4.8

1	2
	<p>При ЗП 15 000 грн – 0,67%</p> <p>При ЗП 20 000 грн – 0,5%</p> <p>Отже, наш продукт доступний більшості категорій населення за умови бажання додатково витратити гроші на своє хобі.</p>
8. За інтенсивністю споживання товару	Можливе як разове, так і періодичне або систематичне придбання.
9. За інформованістю	Інформовані споживачі шляхом самоосвіти через різні джерела (інтернет, кулінарні книги, ТБ-програми, народні рецепти) або кулінарні / пекарські курси.

Таблиця 4.9

## Основні групи потенційних споживачів і їх потреби

Категорія клієнтів	Потреби, які задовольняє новий продукт
1	2
З низьким доходом (також середнім та високим).	Низька вартість товару. Довготривале використання.
З хобі до випікання хліба.	Значне пришвидшення процесу. Кращі характеристики готового продукту.
Які турбуються здоровим харчуванням.	Споживання з дієтами (в тому числі, медичними). Кращі поживні характеристики, вміст вітамінів, мікроелементів, клітковини тощо.
З хворобами ШКТ або діабетом.	Краща засвоюваність, нижчий глікемічний індекс. Можливість отримання безглютенного хліба.

## Продовження таблиці 4.9

1	2
Власники бізнесу (пекарень, хлібзаводів, хлібокомбінатів)	Можливість спрощення процесу та скорочення часу виробництва, підвищення якісних характеристик з незначним збільшенням ціни. Можливість використання однієї упаковки для виробництва великої кількості продукції.

Таблиця 4.10

## Паспорт потенційного клієнта

Характеристика	Значення
1	2
Організаційно-правова форма	Приватне підприємство
Класифікація - за потужністю - за чисельністю персоналу - за обсягом виробництва - за сезонністю виробництва	Мале Мале Мале Несезонне
Розташування	Розташовані по всій території України, у містах та селах
Вид продукту, що потрібен споживачеві	Хлібопекарська закваска
Призначення придбаної розробки	Підняття тіста, поліпшення якісних характеристик хлібобулочних виробів.
Кваліфікація персоналу	Середня освіта

Продовження таблиці 4.10

1	2
Потенційний обсяг споживання розробки	Стільки, скільки необхідно. Залежить від обсягів виробництва тіста.
Хто приймає рішення про придбання розробки	Пекар, технолог.

Таблиця 4.11

Запланований обсяг реалізації стартап-продукту (товарів, послуг)

Місяць	Запланований обсяг, кг/місяць
1	2
Січень 2025	2100
Лютий 2025	2100
Березень 2025	2400
Квітень 2025	2800
Травень 2025	3000
Липень 2025	3000
Серпень 2025	3000
Вересень 2025	3200
Жовтень 2025	3200
Листопад 2025	3400
Грудень 2025	3500

#### 4.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Таблиця 4.12

Проектні ціни продажу ідеї, технології, методики, програми

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, од	Ціна, грн/од	Кількість, од	Ціна, грн/од
Закваска хлібопекарська	4200	100	4000	200

Основні методи ціноутворення:

1. Метод, орієнтований на витрати (*витратний метод*):

$$Ц = С + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості)} \left[ \frac{\text{грн}}{\text{од}} \right]$$

(або середня норма прибутку по даному виду товару),

де Ц – прогнозована ціна товару, грн/од,

С – розрахована автором ідеї, технології, методики очікувана собівартість товару, грн/од.

$$Ц = 40 \text{ грн} + 5\% (2 \text{ грн}) = 42 \text{ грн/од}$$

2. Агрегатний метод – застосовується до товарів із складових елементів:

$$Ц = Ц_1 + Ц_2 + \dots + Ц_i, \left[ \frac{\text{грн}}{\text{од}} \right],$$

де  $C$  – ціна ідеї, технології, розробки, за якою автор пропонуватиме її на ринку, грн/од.,

$C_i$  – ціна  $i$ -того компоненту багатоконпонентного товару, грн/од.

$$C = \frac{525 \cdot (C_{\text{культур}} + C_{\text{борошна}} + C_{\text{води}}) + C_{\text{приміщення}} + C_{\text{електроенергії}} + C_{\text{ЗП}}}{2100} \\ = \frac{525 \cdot (12 + 26 + 2) + 20000 + 7000 + 100000}{2100} = 70,50 \frac{\text{грн}}{\text{кг}}$$

3. Параметричний метод – враховує вагомість якісних параметрів товару і оцінку цих параметрів споживачем:

$$C_{\text{нovoї моделі}} = C_{\text{базової моделі}} * \frac{\text{Балова оцінка нової моделі}}{\text{Балова оцінка базової моделі}}, \left[ \frac{\text{грн}}{\text{од}} \right],$$

де  $C_{\text{нovoї моделі}}$  – ціна ідеї, технології, розробки, за якою автор пропонуватиме її на ринку, грн/од.,

$C_{\text{базової моделі}}$  – ціна прототипу, аналогу, які вже існують на ринку, грн/од.,

Балова оцінка нової моделі – експертна оцінка (у балах) характеристик нової ідеї, технології, методики при їх застосуванні самим експертом в ході дослідного випробування; виставляється з урахуванням коефіцієнту вагомості даної характеристики у переліку ключових характеристик товару,

Балова оцінка базової моделі – експертна оцінка (у балах) характеристик аналогу, прототипу, які вже існують на ринку з урахуванням коефіцієнту вагомості даної характеристики у переліку ключових характеристик товару.

Таблиця 4.13

## Розрахунок цін базової та нової моделі продукту

Продукт	Параметри						Ціна
	Якість		Пакування		Дозування за рецептом		
	бали	Коефіцієнт вагомості	бали	Коефіцієнт вагомості	бали	Коефіцієнт вагомості	
Аналог	40	0,4	58	0,3	70	0,3	200
Новий	50	0,4	79	0,3	80	0,3	244

4. Метод ціноутворення на основі поточних цін або конкурентний метод. Застосовується при високому рівні рентабельності, коли підприємство може легко змінювати ціновий діапазон не втрачаючи споживачів. Активно застосовується при впровадженні на ринок інноваційного товару, який не має аналогів, прототипів. Цей метод є оптимальним при роботі над стартап-проектами.

5. Метод на основі аналізу точки беззбитковості. Полягає в тому, що ціна виробу визначається на основі розрахунку найоптимальнішого обсягу виробництва, який дає змогу відшкодувати всі витрати підприємства за рахунок отриманих валових доходів виходячи з «точки беззбитковості».

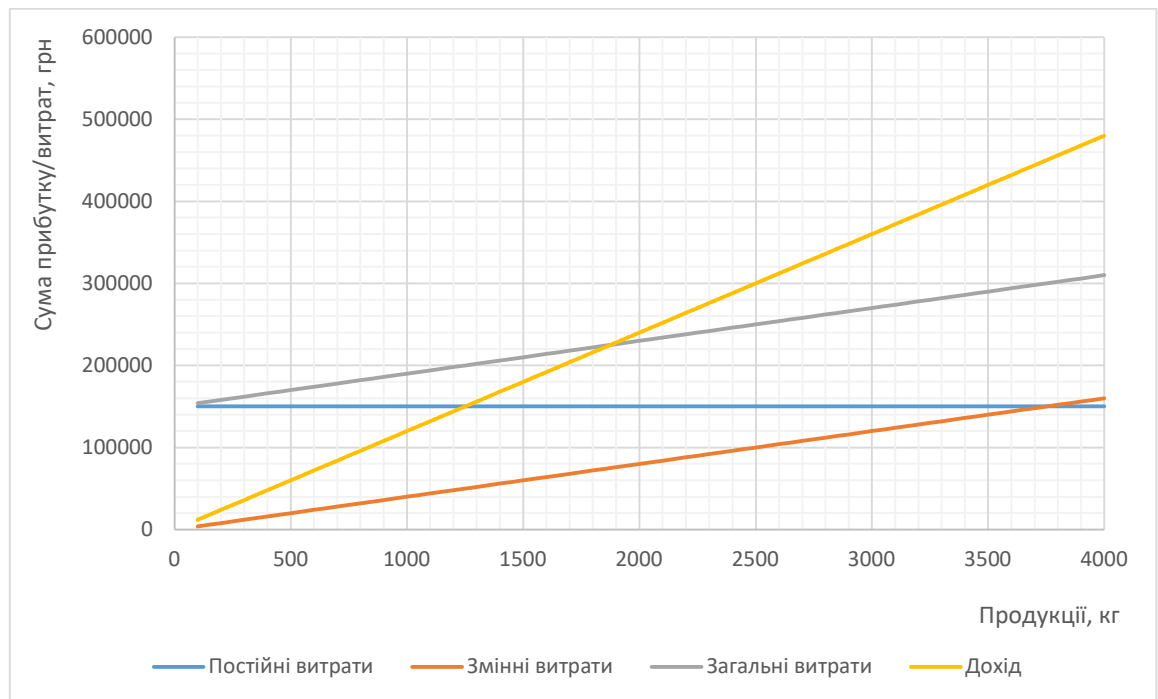


Рисунок 3.2 – Графік беззбитковості

Судячи з графіку, нашому стартапу необхідно продати мінімум 1900 кг продукту, щоб виходити на точку беззбитковості. Заплановані обсяги виробництва та продажу цілком задовольняють цю умову.

Таблиця 4.14

## Калькуляція собівартості стартап-продукту

№	Етап розробки / елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
1	2	3	4
1	Етап розробка ідеї - Ліцензія	0,01%	1000 грн.

Продовження таблиці 4.14

1	2	3	4
2	Етап підготовки виробництва - Закупівля обладнання - Оренда приміщення - Сировина - Електроенергія - Амортизація - ЗП працівникам	30%	1,5 млн. грн.
3	Етап запуску проекту - Оренда приміщення - Сировина - Електроенергія - Оренда обладнання - ЗП працівникам	20%	1 млн. грн.
4	Етап виходу на ринок - Оренда приміщення - Сировина - Оренда транспорту - Електроенергія, паливо - Оренда обладнання - ЗП працівникам - Реклама	24,99%	1,24 млн. грн.
5	Етап виходу на планову потужність - Оренда приміщення	25%	1,25 млн. грн.

Продовження таблиці 4.14

1	2	3	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сировина</li> <li>- Оренда транспорту</li> <li>- Електроенергія, паливо</li> <li>- Оренда обладнання</li> <li>- З працівникам</li> <li>- Реклама</li> </ul>		

Таблиця 4.15

## Складові калькуляції

Види калькуляції	
За елементами	За статтями
1	2
1. Затрати на сировину і матеріали	1. Прямі витрати:
2. Витрати на паливо і електроенергію	- Затрати на Сировину і матеріали для технологічних потреб (сировина, напівфабрикати, допоміжні матеріали, зворотні відходи)
3. Сума заробітної плати всіх працівників підприємства	- Паливо і електроенергія на технологічні потреби - Сума заробітної плати основного виробничого персоналу
4. Єдиний соціальний внесок (нарахування на заробітну плату)	- Єдиний соціальний внесок (нарахування на заробітну плату) на ЗП основного виробничого персоналу
5. Амортизаційні відрахування на утримання	- Амортизаційні відрахування на виробниче обладнання

Продовження таблиці 4.15

1	2
усіх ОЗ підприємства 6. Інші витрати	2. Непрямі витрати (які неможна безпосередньо віднести на собівартість виробництва конкретного виробу (утримання адміністративно-управлінського персоналу, загальноцехові і загальнозаводські витрати)).

Таблиця 4.16

## Забезпеченість проекту основними засобами

Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ	Плановий період експлуатації ОЗ	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Ліцензія	1000	5 років	Регулювальний орган	Фінансові інвестиції
Приміщення	2400000	10 років	Київміськбуд	Дохід від реалізації
Обладнання	350000	10 років	Завод технологічного обладнання	Фінансові інвестиції
Транспортні засоби	785000	20 років	Iveco	Фінансові інвестиції

Таблиця 4.17

## Забезпеченість проекту оборотними фондами

Група ОБФ	Назва	Норма витрат на рік,	Ціна, грн/од	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Сировина і матеріали	Сировина	25 т	4000 грн/т	«КиївМлин»	Дохід від реалізації
	Матеріали	10 т	30 грн/т	Київводоканал	Дохід від реалізації
Паливо, електроенергія	Паливо	-	-	-	-
	Електро-Енергія	14 МВт	6 грн/кВт	ДТЕК	Дохід від реалізації
Напівфабрикати	Напівфабр	-	-	-	-
Запасні частини	Запасні частини	-	-	-	-

Таблиця 4.18

## Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність на посаді	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати	Джерело фінансування ФОП
1	2	3	4	5	6

Продовження таблиці 4.18

1	2	3	4	5	6
Робочі основні	Апаратник	2	Базові знання в технології виробництва, уважність.	10000	Дохід від реалізації
Робочі допоміжні	Вантажник	1	Можливість працювати позмінно.	10000	Дохід від реалізації
Спеціалісти	Інженер-технолог	2	Ступінь магістра біотехнологій. Досвід роботи з культурами МО та знання в галузі харчових технологій	15000	Дохід від реалізації
	Водій	1	Посвідчення водія категорії С, D, E.	11000	Дохід від реалізації
Молодший персонал обслуговування	Лаборант	1	Уважність, пунктуальність, старанність, навчання за спеціальністю «Біотехнології» або суміжними	8500	Дохід від реалізації

Продовження таблиці 4.18

1	2	3	4	5	6
Керівники	Генеральний директор	1	Ступінь магістра. Управлінські навички.	20000	Дохід від реалізації

Таблиця 4.19

## Джерела фінансування для підприємства, що працює

Запозичені	Власні
<p>1) бюджетні інвестиції, у т. ч.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- державний бюджет;</li> <li>- Фонд Чорнобиля;</li> <li>- місцеві бюджети;</li> <li>- гранти.</li> </ul> <p>2) кредити фінансових установ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вітчизняних;</li> <li>- іноземних.</li> </ul> <p>3) інші кошти, у т.ч.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кошти громадян;</li> <li>- кошти громадських організацій;</li> <li>- іноземні інвестиції.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- прибуток, одержаний від попередньої діяльності;</li> <li>- вкладення витрат на удосконалення у собівартість продукції;</li> <li>- збільшення собівартості нової продукції на вартість науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт;</li> <li>- формування на підприємстві фонду розвитку виробництва, науки і техніки шляхом відрахувань чітко обумовленого відсотку з доходу або прибутку підприємства протягом всього періоду функціонування;</li> <li>- амортизаційний фонд підприємства;</li> <li>- гранти</li> </ul>

Таблиця 4.20

## Види інвестицій

Фінансові	Матеріальні
1	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Фінансові інвестиції;</li> <li>- Еквіваленти грошових коштів (строкові депозити з терміном виплати не більше 3 місяців, боргові папери, привілейовані акції, дебіторська заборгованість);</li> <li>- Облігації, акції, веселі;</li> <li>- Аванси, авансові внески;</li> <li>- Кредити банків (довгострокові і короткострокові);</li> <li>- Кредитні спілки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Інвестиційна нерухомість</li> <li>- Права користування природними ресурсами</li> <li>- Права користування майном</li> <li>- Права на об'єкти промислової власності</li> <li>- Авторське право</li> <li>- Технічні резерви</li> <li>- Безоплатно отримані оборотні активи</li> </ul>
<b>З власних джерел</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Амортизація нематеріальних активів;</li> <li>- Дооцінка активів;</li> <li>- Податковий кредит;</li> <li>- Затримка зарплати;</li> <li>- Дохід від реалізації;</li> <li>- Торгова націнка;</li> <li>- Дохід від реалізації оборотних активів;</li> <li>- Штрафи;</li> </ul>	

Продовження таблиці 4.20

1	2
Для зацікавлених промислових інвесторів	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Інвестиції в асоційовані підприємства;</li> <li>- Інвестиції у дочірні підприємства;</li> <li>- Доходи від фінансових операцій (дивіденди, відсотки).</li> </ul>	

Таблиця 4.21

## Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
1	2	3
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	кг	$B = 33900 \text{ кг}$
2. Середньорічна чисельність персоналу за списком	Осіб	$\varphi_{\text{сп}}^{\text{ПР}} = 8 \text{ осіб}$ $\varphi_{\text{сп}}^{\text{ПРП}} = 8 \text{ осіб}$
3. у тому числі		
- основних		2
- допоміжних	Осіб	2
- інженерно-технічного персоналу		4

Продовження таблиці 4.21

1	2	3
4. Середньорічний виробіток робітника	кг/особу	$\text{ППс. р.}^{\text{ПР}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{СП}}} = \frac{33900}{8}$ $= 4237,5 \frac{\text{кг}}{\text{особу}}$ $\text{ППс. р.}^{\text{ПРП}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{СП}}} = \frac{33900}{8}$ $= 4237,5 \frac{\text{кг}}{\text{особу}}$
5. Капіталовкладення у проект: - всього - на одиницю продукції	грн грн/кг	$K = O\Phi + O\text{БК}$ $3\ 013\ 800 \text{ грн}$ $88,9 \text{ грн/кг}$
6. Повна собівартість: - всього - на одиницю продукції	грн грн/кг	$C = A + O\text{БК}$ $C = 2\ 205\ 650 + 184\ 300$ $= 2\ 389\ 950 \text{ грн}$ $70,5 \text{ грн/кг}$
7. Відносний прибуток	грн/од.	$\Pi = \text{Ц} - C = 120 - 70,5$ $= 49,5 \text{ грн/кг}$
8. Рентабельність	%	$P = \left(\frac{\Pi}{C}\right) \times 100\%$ $P = \left(\frac{49,5}{70,5}\right) * 100\% = 70,21\%$
9. Період повернення капіталовкладень	Років	$T_{\text{пов}} = \frac{K}{\Pi}$ $T_{\text{пов}} = \frac{3\ 013\ 800}{49,5 \cdot 33900} = 1,8$

Продовження таблиці 4.21

1	2	3
10. Фондовіддача виробничих фондів	грн/грн	$\Phi B = \frac{Ц \times B}{O\Phi}$ $\Phi B = \frac{120 * 33900}{2\ 829\ 500} = 1,43 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}$
11. Фондоємкість	грн/грн	$\Phi\epsilon = 1/\Phi B$ $\Phi\epsilon = \frac{1}{1,43} = 0,7 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}$
12. Продуктивність праці	грн/особу	$ПП = B/(Ч_{СП} \times T)$ $ПП = \frac{33900}{8 * 273 * 8} = 1,94 \frac{\text{кг}}{\text{особу}}$
13. Коефіцієнт економічної ефективності		$E = \frac{П}{K}$ $E = \frac{49,5 * 33900}{3\ 013\ 800} = 0,56$

#### 4.6 Концепція бізнес-моделі проєкту та карта бізнес-процесів реалізації проєкту

Таблиця 4.22

Карта бізнес-процесів виконання стартап-проєкту

Назва процесу / стадії реалізації стартап	Бізнес-процеси	Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 4.22

1	2	3	4	5
Розробка ідеї стартапу	Розробка бізнес-плану	Керівництво проекту	1 місяць	1000 грн
	Отримання ліцензії	1000 грн, керівництво проекту	1 місяць	2000 грн
Реалізація ідеї (етап підготовки виробництва)	Оренда приміщення та закупівля обладнання	Виконавчий директор, фінансовий менеджер, 350000 грн.	2 місяці	400000 грн
	Закупівля матеріалів та сировини	Директор, 500000 грн	0,5 місяці	600000 грн
	Формування виробничого цеху	Будівельна компанія, інженер-технолог, начальник цеху, вантажник, водій, 100000 грн	2 місяці	150000 грн
Впровадження у виробництво	Вихід на ринок	Виконавчий директор, менеджер з продажів	1 рік	100000 грн

Продовження таблиці 4.22

1	2	3	4	5
Масова реалізація	Маркетологічні дослідження	Маркетолог, виконавчий директор, 20000 грн	0,5 року	50000 грн
	Розширення масштабів виробництва	Начальник цеху, виконавчий директор, 1500000 грн	10 років	3000000 грн

Таблиця 4.23

## Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи					
	Розробник	Генеральний директор	Апаратник, інженер-технолог	Вантажник, водій	Лаборант	Маркетолог, програміст
1	2	3	4	5	6	7
Розробка ідеї	+	+				
Набір команди	+	+				
Підготовка виробництва	+	+	+	+		

Продовження таблиці 4.23

1	2	3	4	5	6	7
Впровадження у виробництво			+		+	
Масова реалізація				+		+

#### 4.7 Ризики стартап-проекту та методи управління ними

Таблиця 4.24

##### Ризики інноваційної розробки

Назва процесу / стадії реалізації стартап	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
1	2	3	4
Розробка ідеї стартапу	Розробка ідеї	Товарний ризик	Юридичний ризик
	Визначення технічних елементів	Науково-технічний ризик	Організаційний ризик
Реалізація ідеї	Розуміння здатності проекту окупитися	Ризик ліквідності	Майновий ризик
	визначення податків в країні	Податковий ризик	Інформаційний ризик

Продовження таблиці 4.24

1	2	3	4
Реалізація ідеї	Залучення інвесторів	Інвестиційний ризик	Фінансовий ризик
Масова реалізація	Масове виготовлення продукту	Природно-екологічний ризик	Організаційний ризик
	Управління процесами стартапу		Управлінський ризик
	Валідація процесів виробництва		Техніко-технологічний ризик
Закриття або продаж проекту (якщо передбачено)	Дослідження стану економіки та в окремість стартапу	Інфляційний ризик	Ризик зниження фінансових показників
	Дослідження тримання стартапу на плаву	Політико-законодавчий ризик	Ризик банкрутства

Таблиця 4.25

## Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Види ризиків	Назва ризику	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат
1	2	3	4
Зовнішні ризики			
Товарний ризик	Існування ідентичного товару	Середня	Середній
Науково-технічний ризик	Відсутність можливості створення та реалізації продукту	Середня	Високий
Культурно-соціальний, демографічний ризик	Несприйняття товару	Висока	Високий
Ризик ліквідності	Товар довго лежить на складах	Низька	Середній
Податковий ризик	Несвоєчасна сплата податків	Низька	Високий
Інвестиційний ризик	Незацікавленість інвесторів	Висока	Високий
Природно-екологічний ризик	Проблеми з сировиною	Низька	Середній
Інфляційний ризик	Інфляція валюти	Висока	Середній
Політико-законодавчий ризик	Необхідність складного процесу ліцензування	Низька	Високий
Внутрішні ризики			
Юридичний ризик	Помилки в оформленні документації підприємства	Низька	Високий
Організаційний ризик	Низький досвід персоналу	Середня	Середній

Продовження таблиці 4.25

1	2	3	4
Майновий ризик	Відсутність запасних фондів	Середня	Середній
Інформаційний ризик	Відсутність інформованості споживача через нову компанію	Середня	Середній
Фінансовий ризик	Відсутність стартового капіталу	Висока	Високий
Управлінський ризик	Відсутність досвіду в управлінні бізнесом	Висока	Низький
Техніко-технологічний ризик	Необхідність в залученні нового обладнання	Висока	Низький
Ризик зниження фінансових показників	Падіння продажів в компанії	Середня	Середній
Ризик банкрутства	Ризик банкрутства при запуску проекту	Висока	Високий

Таблиця 4.26

## Матриця оцінки ризиків

За впливом ризиків на очікуваний результат		За ймовірністю настання ризиків		
Критерій ризику	Числове значення	Низька ймовірність	Середня ймовірність	Висока ймовірність
1	2	3	4	5
Високий рівень	3	3	6	9

Продовження таблиці 4.26

1	2	3	4	5
Середній рівень впливу	2	2	4	6
Низький рівень впливу	1	1	2	3

Таблиця 4.27

## План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
1	2	3	4	5
Відсутність можливості створення та реалізації продукту	Відмова від неможливих ідей	Керівництво	Початок розробки	Відсутність ризику
Несприйняття товару	Реклама	Маркетологи	Весь період	Зниження ризику
Несвоєчасна сплата податків	Аутсорсинг сплати податків	Аутсорсингова компанія	Весь період	Гарантування відшкодування ризику

Продовження таблиці 4.27

1	2	3	4	5
Незацікавленість інвесторів	Залучення знайомих інвесторів	Керівництво	Початок розробки	Зниження ризику
Інфляція валюти	Створення резервів	Фінансовий відділ	Весь період	Зниження впливу ризику
Необхідність складного процесу ліцензування	Відмова від складного ліцензування	Керівництво	Початок розробки	Відсутність ризику
Помилки в оформленні документації підприємства	Призначення відповідальної особи	Відповідальна особа	Весь період	Гарантування відшкодування ризику
Низький досвід персоналу	Проходження навчання	Керівництво	Весь період	Відсутність ризику
Відсутність інформованості споживача через нову компанію	Реклама	Маркетологи	Весь період	Зниження ризику
Відсутність стартового капіталу	Залучення інвесторів	Керівництво та маркетологи	Початок розробки	Зниження ризику
Відсутність досвіду в бізнесі	Залучення консультантів	Керівництво	Початок розробки	Зниження ризику

Продовження таблиці 4.27

1	2	3	4	5
Необхідність в залученні нового обладнання	Залучення інвесторів	Керівництво та маркетологи	Початок розробки	Зниження ризику
Падіння продажів в компанії	Розширення клієнтської бази	Керівництво	Весь період	Зниження ризику
Ризик банкрутства при запуску проекту	Відмова від ненадійних ідей	Керівництво	Початок розробки	Відсутність ризику

Таблиця 4.28

## Методи управління ризиками

Методи управління ризиками	Приклад методу
1	2
Ухилення від ризику	Відмова від ризику: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Відмова від ненадійних партнерів, постачальників;</li> <li>– Відмова від прийняття ризикованих проектів, рішень доходу;</li> <li>– Запозичення (кредитування)</li> <li>– отримання кредитів та позик, державних дотацій для компенсації збитків та відновлення виробництва;</li> </ul>

Продовження таблиці 4.28

1	2
Попередження (скорочення) ризику	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Зниження частоти збитку;</li> <li>– Зменшення розміру збитків;</li> <li>– Поділ ризику (диференціація і дублювання);</li> <li>– Здобуття додаткової інформації;</li> <li>– Лімітування;</li> <li>– Стратегічне планування діяльності;</li> <li>– Прогнозування зовнішньої економічної ситуації;</li> <li>– Моніторинг соціально-економічного та правового середовища;</li> <li>– Активний цілеспрямований маркетинг;</li> </ul>
Передача ризику	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Аутсорсинг ризику;</li> <li>– Надання гарантій, поручительства;</li> <li>– Укладання договорів факторингу;</li> <li>– Страхування;</li> <li>– Перерозподіл ризику серед групи економічних агентів;</li> <li>– Лізинг;</li> <li>– Спонсорство.</li> </ul>

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Як видно з методики виконання науково-дослідної роботи, в експерименті використовуються горючі та шкідливі речовини та матеріали. Використовується електрична, механічна, теплова енергія.

Науково-дослідна робота була виконана в Інституті продовольчих ресурсів НААН України. Робота виконана з урахуванням вимог охорони праці, пожежної та правил безпеки в надзвичайних ситуаціях.

На основі проведеної атестації робочого місця експериментатора за умовами праці нами розроблені рекомендації щодо їх поліпшення.

### 5.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів при виконанні експериментальної частини НДР. Заходи з охорони праці

#### 5.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з чинним стандартом ДСН 3.3.6.042-99 [105], роботи, які здійснюються у лабораторіях, класифікуються як категорія легких Іб. У таблиці 4.1 наведені оптимальні, допустимі та фактичні рівні параметрів мікроклімату у приміщенні лабораторії. Умови мікроклімату виробничих приміщень відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 і ДБН В.2.2-7-98 [106].

Температура зовнішньої поверхні технологічного обладнання в теплий період року не має перевищувати температуру повітря в лабораторії більше ніж на 2°C.

$$t_{C \text{ поверх}} = t_{\text{пов.}} + 2^{\circ}\text{C},$$
$$t_{C \text{ поверх}} = 22^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C} = 24^{\circ}\text{C}$$

де  $t_{\text{пов.}}$  – оптимальне значення температури повітря робочої зони в теплий період року.

Таблиця 5.1

## Санітарні норми оптимальних параметрів мікроклімату

Температура, °С			Відносна вологість повітря, %			Швидкість руху повітря, м/с		
Опт.	Доп.	Факт.	Опт.	Доп.	Факт.	Опт.	Доп.	Факт.
<i>Категорія робіт: легка Іб</i>								
<i>Холодний період року</i>								
21-23	20-24	19	60-40	75	62	0,1	Не більше 0,2	0,1
<i>Теплий період року</i>								
22-24	21-28	26	60-40	60 при 27°С	55	0,2	0,1-0,3	0,1

Для контролю параметрів мікроклімату використовуються різноманітні вимірювальні засоби:

- температуру повітря вимірюють за допомогою термометра;
- відносну вологість повітря визначають за допомогою психрометра;
- швидкість руху повітря вимірюють за допомогою анемометрів;
- інтенсивність теплового випромінювання контролюють за допомогою актинометра або шляхом вимірювання температури поверхні обладнання з використанням засобів дистанційного вимірювання;
- барометричний тиск вимірюють за допомогою барометра [107].

Приміщення лабораторії обладнані системою центрального водного опалення. Опалювальні прилади мають гладку поверхню, що полегшує їх очищення. У зоні роботи встановлені кондиціонери для забезпечення комфортних умов у жаркі періоди. Проте, під час роботи з біологічним матеріалом кондиціонери вимикаються.

Санітарні характеристики лабораторії наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

## Коротка санітарна характеристика лабораторії

Назва лабораторії	Шкідливі речовини, що виділяються	Група шкідливої речовини і її вплив	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас безпеки шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин	Клас підприємства згідно з СН 245-71	Санітарна група виробничого процесу згідно зі СНП 2.09.04 - 87
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Біотехнологічна лабораторія	Етиловий спирт Дезинфекція обладнання	Загально-токсичні порушення ЦНС	1000	4	Протигаз пром. ППФ 95М ГОСТ Р 5121-97	Свіже повітря, при гострих отруєннях вентиляція легенів	Стаціонарний газоаналізатор БПС	4	VIa

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Пил SiO2 Знаходиться у повітрі	Фіброгенна, канцерогенна дія. Верхні дихальні шляхи, легені (силікоз)	6	3	Протипиллові респіратори, захисні окуляри, спеціальний протипилловий одяг ГОСТ 12.1.005-88	-	Пилоаналізатор	4	VІa

Для лабораторій мікробіологічного профілю передбачено механічну систему загальнообмінної припливної вентиляції та місцеві вентиляційні системи з використанням витяжних шаф. Вони відповідають вимогам СНиП 2.04.05-91 [108], ДСН 3.3.6.042-99 [105] та ДБН В.2.2-7-98 [106].

Фактична температура повітря у лабораторіях Інституту продовольчих ресурсів нижча за оптимальну та підтримується на рівні 16-20°C у холодний період року та 22-24°C у теплий. Це може бути пов'язано з тим, що місцеві теплові мережі відпускають тепло нижче нормативів. Рекомендується адміністрації ІПР НААНУ надіслати лист до адміністрації КИЇВЕНЕРГО з проханням надсилати тепло за нормою.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі не перевищує оптимальних значень, які складають 100 мг/м<sup>3</sup> для етилового спирту та 6 мг/м<sup>3</sup> для

пилу. Фактичні значення гранично допустимої концентрації етилового спирту становлять  $100 \text{ мг/м}^3$ , а для пилу -  $2 \text{ мг/м}^3$ . Таким чином, біотехнологічна лабораторія відповідає вимогам санітарних норм робочого місця.

### 5.1.2 Освітлення

У лабораторних приміщеннях передбачено два джерела освітлення: природне та штучне. Штучне освітлення забезпечується центральною системою, яка забезпечує рівномірне освітлення приміщень. Всі приміщення відповідають вимогам ДБН В.2.5-28:2018 [109] щодо якості освітлення. Кожна кімната оснащена загальним вимикачем, а світильники мають закритий тип, що дозволяє їх вологочутливу обробку.

Лабораторія передбачає системи штучного та аварійного освітлення, а також евакуаційне, розташоване у проходах та сходових клітинах. Для освітлення виробничих приміщень використовуються вологонепроникні та вибухозахищені світильники типу ВЗГ-300 з лампами ДРЛ та ДРИ. Місцеве освітлення забезпечується за допомогою світильників типу ВЗГ-20 з лампами ДРЛ.

Таблиця 5.3

Санітарні норми освітлення приміщень при штучному освітленні і КПО при природному і суміщеному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд роботи	Штучне освітлення, лк				КПО, %			
			Комбіноване		Загальне		Природне, бічне		Суміщене, верхнє і бічне	
			Опт.	Факт.	Опт.	Факт.	Опт.	Факт.	Опт.	Факт.
Середньої точності	0,5-1	IVa	750	740	300	310	1,5	1,5	0,9	1,0

Лабораторія оснащена відповідно до стандартів ДБН В.2.5-28:2018 [109], тому не вимагає подальших рекомендацій.

### **5.1.3 Захист від шуму та вібрації**

Рівні шуму у лабораторних приміщеннях відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 [110] а рівні вібрації - ДСН 3.3.6.039-99 [111]. Основні джерела шуму в лабораторії включають ламінарний бокс, центрифугу Eppendorf Centrifuge 5451C та електричний сухоповітряний термостат ТС-80М. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99, нормативний рівень звуку для приміщень, де виконуються висококваліфіковані роботи, вимірювання та аналізи, становить 60 дБА. У лабораторії фактичний рівень шуму під час виконання робіт дорівнює 55,4 дБА, що не перевищує встановлені санітарні норми у 60 дБА за ДСН 3.3.6.037-99. Рівень вібрації на робочому місці регулюється ДСН 3.3.6.039-99, і в мікробіологічній лабораторії загальна та локальна вібрація відсутні.

Незважаючи на те, що фактичний рівень шуму в лабораторії знаходиться в межах допустимих норм, рекомендується вжити додаткових заходів для його зниження. Це можна зробити шляхом розміщення шумогенеруючого обладнання у приміщеннях зі звукоізоляцією, усунення щілин, використання звукопоглинальних матеріалів та заміни зношених деталей обладнання, які можуть створювати додатковий шум.

### **5.1.4 Випромінювання**

У лабораторії витяжні шафи обладнані ультрафіолетовими стерилізаторами повітря. Також виконуються роботи з УФ-транслюмінатором, які класифікуються як роботи з підвищеною небезпекою згідно з пунктами №4, 33, 40 «Переліку робіт з підвищеною небезпекою», затвердженого Держнаглядом охорони праці від

30.11.1993, №123. Згідно з нормами СН 4557-88 [112], допустима інтенсивність ультрафіолетового випромінювання в діапазоні 220-280 нм становить 0,01 Вт/м<sup>2</sup>.

При роботі з УФ-транслюмінатором використовують захисний екран або спеціальну маску, оскільки ультрафіолетове світло може викликати опіки обличчя та слизових оболонок очей. Щоб зменшити шкідливий вплив ультрафіолетового випромінювання, джерела УФ-променів у витяжних шафах екранують за допомогою флінтгласу.

Крім того, рекомендується використання співробітниками лабораторії мазей, що містять речовини-світлофільтри (наприклад, салол або саліцилово-метиловий спирт) для захисту відкритих ділянок шкіри. Ультрафіолетове випромінювання використовується тільки за відсутності людей у лабораторії, а для проведення санітарної обробки встановлено спеціальний графік.

### **5.1.5 Електробезпека**

Можливі причини ураження людей електричним струмом включають контакт з відкритими струмопровідними частинами обладнання або з елементами, що проводять струм при порушенні ізоляції; ураження кроковою напругою або електричною дугою.

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008 [113], допустимі рівні напруги доторкання та струму, що проходить через тіло людини, становлять: при нормальному режимі електрообладнання  $U = 2$  В,  $I = 0,3$  мА, при аварійному –  $U = 36$  В,  $I = 6$  мА. Електричне обладнання лабораторії підключено до трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з напругою 380/220 В і глухозаземленою нейтраллю.

Величина струму  $I_L$ , що проходить через тіло людини при однофазному дотику, визначають за формулою:

$$I_{л}, \text{мА} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{(R_{л} + R_0)},$$

де  $U_{\phi} = 220$  – фазна напруга, В;

$R_{л} = 2000$  – опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 4$  – опір нейтралі заземлення, Ом.

Напруга дотику  $U_{\text{дот}}$  визначається за формулою:

$$U_{\text{дот}}, \text{В} = I_{л} R_{л}.$$

Для лабораторії значення  $I_{л}$  та  $U_{\text{дот}}$  становлять:

$$I_{л} = \frac{220 \cdot 10^3}{(2000 + 4)} = 109,8 \text{ мА};$$

$$U_{\text{дот}} = 0,1098 \cdot 2000 = 220 \text{ В}.$$

Отже, розраховані значення  $I_{л}$  і  $U_{\text{дот}}$  значно перевищують встановлені нормативні показники. Це вказує на те, що при недотриманні вимог правил ураження електрострумом в лабораторії можливі електротравми.

Безпечна експлуатація електрообладнання забезпечується за допомогою системи організаційних та технічних заходів. Колективні заходи включають занулення, захисне відключення, ізоляцію струмопровідних частин обладнання, використання низької напруги, електричне розділення мереж, захисні огорожі; контроль опору робочої ізоляції, блокування, попереджувальні сигнали, знаки безпеки та попереджувальні плакати. Засоби індивідуального захисту включають діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими ручками, діелектричні калоші,

ковдри та ізолюючі підставки. Для запобігання ураження електричним струмом проводиться інструктаж колективу з охорони праці.

В якості захисту від ураження електричною енергією розраховано занулення. До умови забезпечення вимикальної здатності занулення належить:

$$I_{\text{к.з.}} \geq 3I_{\text{пн.вст}}^n,$$

де  $I_{\text{к.з.}}$  – сила струму короткого замикання;

$I_{\text{пн.вст}}$  – сила струму це номінальний струм пристрою захисту (наприклад, автоматичного вимикача або запобіжника).

$n$  – це показник, який залежить від типу пристрою захисту і специфіки його роботи (у більшості випадків дорівнює 1).

Визначаємо номінальний струм електродвигуна:

$$I_{\text{ел.дв.}}^{\text{н}} = \frac{1000P}{\sqrt{3}U_{\text{н}} \cos \alpha} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 17,1 \text{ А},$$

де  $P$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$U_{\text{н}}$  - номінальна напруга, В;

$\cos \alpha$  - коефіцієнт потужності.

Значення зовнішнього індуктивного опору петлі фаза-нуль для розрахунку береться 0,6 Ом/км.

Пусковий струм двигуна дорівнює:

$$I_{\text{ел.дв.}}^{\text{пус}} = 7,5I_{\text{н}} = 7,5 \cdot 17,1 = 128,2 \text{ А},$$

де  $I_h$  - це струм холостого ходу, тобто струм, який споживається електричним двигуном при відсутності навантаження або при холостому ході.

Розраховуємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{\text{пл.вс.}}^{\text{н}} = \frac{I_{\text{ел.дв.}}^{\text{пус}}}{\alpha} = \frac{128,2}{2} = 64,1 \text{ А},$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт режиму роботи електродвигуна;  $\alpha = 2$  при нечастих пусках двигуна.

Визначаємо очікуване значення  $I_{\text{к.з.}}$ :

$$I_{\text{к.з.}} \geq 3I_{\text{пл.вс.}}^{\text{н}} = 3 \cdot 64,1 = 192,3 \text{ А}.$$

Обираємо стандартне значення перетину нульового дроту  $4 \times 10$  мм і визначаємо густину струму  $\delta$ :

$$\delta = \frac{I_{\text{к.з.}}}{\alpha} = \frac{192,3}{4 \cdot 40} = 1,6 \text{ А/мм}^2.$$

За табличними даними знаходимо активні і індуктивні опори сталевих провідників. Для цього задаємося перетином і довжиною нульового  $I_n$  і фазового  $I_\phi$  сталевих провідників:

$I_n$  - 50 м; перетин  $4 \times 40$  мм;  $S = 160 \text{ мм}^2$ ;

$I_\phi$  - 100 м; перетин  $\Phi = 8$  мм;  $d = 50,27$  мм.

Перетин нульового провідника і його матеріал вибирається при умові, що повна провідність нульового провідника була не менше ніж 50% повній провідності фазового дроту:

$$\frac{1}{R_{\text{H}} + X_{\text{H}}} \geq \frac{R_{\text{Ф}} + X_{\text{Ф}}}{2},$$

де  $R_{\text{H}}$  та  $X_{\text{H}}$  – активний та реактивний опори нульового провідника;

$R_{\text{Ф}}$  та  $X_{\text{Ф}}$  – активний та реактивний опори фазового провідника.

Активний опір фазового і активного опору нульового провідника вибирається залежно від площі перетину  $r$  і густини струму  $J$ :

$$R_{\text{Ф}} = r \cdot J_{\text{Ф}} = 6,4 \cdot 0,1 = 0,64 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{H}} = r \cdot J_{\text{H}} = 1,81 \cdot 0,05 = 0,09 \text{ Ом}.$$

Визначаємо внутрішні індуктивні опори фазового і індуктивного провідників  $X_{\text{H}}$  і  $X_{\text{Ф}}$ :

$$X_{\text{Ф}} = X_{\text{w}} \cdot l_{\text{Ф}} = 3,84 \cdot 0,1 = 0,38 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{H}} = X_{\text{w}} \cdot l_{\text{H}} = 1,08 \cdot 0,05 = 0,054 \text{ Ом},$$

де  $X_{\text{w}}$  - індуктивний опір провідника, Ом;

$l$  - довжина провідника, км.

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль  $X_1 = 0,6 \text{ Ом/км}$ . Загальна довжина петлі фаза-нуль  $1,5 \cdot 100 = 150 \text{ м} = 0,15 \text{ км}$ . Тоді:

$$X_1 = 0,6 \cdot 0,15 = 0,09 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо опір петлі фаза-нуль по залежності:

$$Z_T = \sqrt{(R_\phi + R_H)^2 + (X_\phi + X_H + X_1)^2}$$

$$= \sqrt{(0,064 + 0,009)^2 + (0,38 + 0,054 + 0,09)^2} = 0,778 \text{ Ом},$$

де  $Z_T$  - опір трансформатора, Ом.

Виконуємо перевірку умови надійного спрацьовування захисту:

$$I_{к.з.} \geq 3I_{пл.вс.}^n$$

$$462 \text{ А} \geq 192,3 \text{ А}.$$

Умови вимикальної здатності занулення виконуються успішно і метод занулення, як захист від ураження електрикою, може бути використаний успішно.

## 5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.2.1 Безпека роботи в біотехнологічній лабораторії

В лабораторіях мікробіологічного профілю важливо забезпечити безпеку робіт відповідно до вимог Правил влаштування і безпеки роботи в лабораторіях мікробіологічного профілю, які визначені у Державних санітарних правилах 9.9.5.-080-02 [114].

Під час виконання робіт у лабораторії працівники можуть бути піддані впливу різних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- біологічних, до яких належать віруси, мікроорганізми, такі як бактерії, гриби, а також тварини, люди та їхні продукти життєдіяльності, культури клітин і тканин та інші;

- хімічних, наприклад, реактивів, дезінфекційних засобів та інших хімічних речовин з різними властивостями, зокрема, канцерогени, подразнюючі речовини, мутагени, алергени та інші;

- механічних: обладнання, що може призвести до травм, таке як обладнання під тиском, центрифуги, лабораторне скло, ріжучий та колючий інструменти та інше;

- фізичних: випромінювання, електричний струм, недостатня освітленість, відхилення вологості та температури, підвищений рівень шуму та інші фактори;

- людських, таких як: нервово-психічний стрес, фізичне перевантаження та інші;

- пожежна безпека.

Ці фактори потребують відповідних заходів з безпеки, щоб запобігти можливим негативним наслідкам для працівників та забезпечити їхнє безпечне працевлаштування в лабораторії.

Рівні концентрацій шкідливих виробничих факторів повинні відповідати чинним санітарним нормам. Лабораторія обладнана ламінарним боксом для роботи з біологічними матеріалами, тому працівники мають використовувати індивідуальні засоби захисту, такі як бавовняні халати та рукавички. При роботі зі скляним посудом існує ризик отримання травм через можливі тріщини, розколи та відбиті краї. Також є ризик хімічних опіків через контакт небезпечних речовин зі шкірою та термічних опіків при використанні пальника.

До самостійної роботи у лабораторії допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли вступний та первинний інструктаж з охорони праці, інструктаж з пожежної безпеки, медичний огляд та мають спеціальну освіту. Лабораторія має паспорти на кожну одиницю обладнання від підприємства-виробника, а на робочих місцях розміщені інструкції з експлуатації з урахуванням вимог біологічної безпеки. Робота з усім устаткуванням має проводитись відповідно до інструкцій з використання та зупинятися за наявності несправностей у техніці.

Для запобігання отруєнням всі ємності повинні мати етикетку з назвою реактиву, його хімічною формулою, датою виготовлення та інформацією про токсичність. Відходи хімічних реактивів та органічних розчинників зберігаються у спеціально призначених контейнерах. Посуд, що залишається після проведення експериментів, має спеціально навчений персонал.

Роботу з отруйними речовинами та біологічним матеріалом проводять у гумових рукавицях та захисних окулярах. Під час експерименту робочі поверхні та нітрилові рукавички дезінфікуються спеціальними розчинами.

У приміщенні лабораторії на видному місці розташована укомплектована аптечка з засобами першої медичної допомоги. Мінімальна кількість персоналу, необхідна для проведення небезпечних експериментів або робіт у нічний час, становить дві особи.

### 5.2.2 Атестація робочого місця

Під час виконання експериментальної частини НДР була проведена атестація робочого місця. Карта умов праці наведена у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

#### Карта умов праці на робочому місці

Установа: Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Дільниця: Бактеріологічна лабораторія

Виконавець: Науменко О.В., Гончар Є.Р.

Фактори виробничого середовища	Норматив ГДК	Фактичне значення	Ступінь шкідливості фактору X, бали	Тривалість за зміну, Т	Шкідливість фактична (X <sub>факт</sub> ), бали
1	2	3	4	5	6

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	
<i>Шкідливі речовини, мг/м<sup>3</sup></i>						
4 клас небезпечності	етанол	1000	Експрес-оцінка	1	0,1	0,1
<i>Мікроклімат у приміщенні</i>						
Освітлення, лк		300	270	1	0,5	0,5
Температура, °С		20-25	21	-	0,5	-
Відносна вологість, %		75	62	-	1	-
Швидкість руху повітря, м/с		0,1-0,2	0,1	-	1	-
Шум, дБА		60	64,5	1	0,1	0,1
<i>Важкість праці</i>						
Динамічна робота		37-63	38	-	-	-
Статистичне навантаження		18001-43000	18200	-	-	-
<i>Напруженість праці</i>						
Увага, %		51-75	70	1	1	1

Сума значень факторів робочого середовища – 1,95 балів.

Згідно з результатами атестації, умови праці є шкідливими, а робоче місце потребує доопрацювання, заходи для якого згадані у відповідних параграфах розділу. Через виявлені небезпечні та шкідливі виробничі фактори на робочому місці в

лабораторії є обґрунтована необхідність нарахування додаткових виплат до заробітної плати працівників у розмірі 4%.

### 5.2.3 Пожежна безпека

Основною причиною пожеж у лабораторії є порушення методики проведення експериментів НДР, а також коротке замикання в електромережі або несправність електрообладнання.

Для захисту від потенційних джерел займання застосовуються такі заходи: для захисту силових мереж від короткого замикання та перенавантаження використовуються пристрої автоматичного захисного вимкнення або плавкі запобіжники; в обладнанні, що працює з етиловим спиртом, використовуються негорючі матеріали; електропроводка розташовується подалі від джерел тепла і захищається від фізичних впливів за допомогою труб, що запобігає тепловим і механічним пошкодженням.

Для запобігання пожежам вживаються наступні заходи:

- Приміщення з різними рівнями пожежної небезпеки розділені протипожежними перегородками з гіпсокартону, заповненими мінеральними плитами, що забезпечують вогнестійкість на 1,25 години.
- У коридорах на шляхах евакуації персоналу встановлені протидимові та протипожежні перегородки.
- Пожежні крани розташовані у пожежних шафах, які знаходяться у нішах на шляхах евакуації персоналу.
- Лабораторія оснащена вуглекислотними вогнегасниками типу ВВ-5.
- Приміщення лабораторії обладнані протипожежною сигналізацією.
- Робочі столи вкриті вогнестійким матеріалом і мають бортики, які запобігають розливанню горючих рідин на підлогу.
- Світильники зроблені у безпечному від вибухів та пожеж виконанні.

- Ламінарний бокс виготовлений з вогнестійкого матеріалу.
- Для будівлі передбачено захист від прямих ударів блискавки за допомогою стрижневого групового блискавковідводу.

У таблиці 5.5 наведено показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів, що використовуються в лабораторії. Джерела займання включають електричні іскри, що виникають при пошкодженні ізоляції або накопиченні заряду статичної електрики, та полум'я пальника.

Таблиця 5.5

## Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Біотехнологічна лабораторія	Найменування будівлі, установи	
	Речовини (хімічна формула) і матеріали	
Етиловий спирт	Агрегатний стан речовини при	
безб. рід.	Тип речовини	
ЛЗР	Показники пожежо- і вибухонебезпеки	
13	T <sub>спал</sub>	Показники пожежо- і вибухонебезпеки
80	T <sub>зап</sub>	
404	T <sub>самозап.</sub>	
3-6	% об'ємних	Границі запалювання
19,0	мг/м <sup>3</sup>	
IIA	категорія	Вибухонебезпечність суміші
T2	група	
ВВ-5, ВП-14	Вогнегасні засоби	
В	Категорія приміщень ОНТП 24-86	
0	Клас приміщень і зовнішніх установок ПБЕ	
I-Б	Категорія об'єкту і тип зони захисту пристрою блискавко захисту згідно СН 305-77	

Продовження таблиці 5.5

Перекис	Гетинакс	Деревина	Картон	Папір
Безб. рід.	Безб. рід.	тв.	тв.	тв.
ЛЗР	ВЗР	горить	горить	горить
73	120	222	300	230
45	285	345	32	35
460	480	-	-	-
1-5	-	-	-	-
-	-	-	-	-
ПА	-	-	-	-
T2	-	-	-	-
ВВ-5	ВВ-5	Вода, пісок	Вода, пісок	Вода, пісок

Примітка: ВВ – вуглекислотний вогнегасник типу ВВ; ВП – порошковий вогнегасник типу ВП.

## ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації було виділено, ідентифіковано та охарактеризовано штами дріжджів, виділені зі спонтанних житніх заквасок, для створення нової ефективної хлібопекарської закваски.

1. Виконано огляд наукової літератури щодо сучасного стану досліджень хлібопекарських заквасок та ролі дріжджів у їх складі. Виявлено, що найпоширенішими видами дріжджів, які асоціюються з мікрофлорою заквасок, є *Saccharomyces cerevisiae* і *Kazachstania humilis*; дріжджі виконують багато функцій у ферментаційних процесах та на подальших стадіях приготування хліба.

2. Проведено скринінг трьох спонтанних житніх заквасок, з яких було виділено 27 потенційних штамів дріжджів, серед яких було обрано 4 найбільш активних штами для подальшої роботи: два – із спонтанних житніх заквасок Київського регіону з  $8,9 \text{ lgKYO/cm}^3$  та  $8,7 \text{ lgKYO/cm}^3$ , по одному – із спонтанних заквасок Івано-Франківського та Одеського регіонів з  $7,8 \text{ lgKYO/cm}^3$  та  $7,9 \text{ lgKYO/cm}^3$ , відповідно.

3. Проведено ідентифікацію 4 активних штамів дріжджів за їх морфологічними, культуральними, фізіолого-біохімічними особливостями і методом ПЛР-ідентифікації. Зокрема, показано, що зразки штамів зброджували більшість досліджених вуглеводів із значним виділенням вуглекислого газу, а саме: глюкозу, сахарозу, мальтозу, рафінозу та галактозу. У результаті виявлено, що виділені штами належать до одного виду, а саме *Saccharomyces cerevisiae*.

4. Виявлено, що штами проявляли життєздатність за температури  $37^\circ\text{C}$  та осмотичного стресу – вмісту глюкози 50% у агаризованому середовищі, однак не росли на середовищі без вітамінів. Також зразки штамів проявляли антагоністичні властивості щодо *Bacillus subtilis* (зона пригнічення росту 12-15 мм) і *Candida albicans* (зона пригнічення росту 5 мм).

5. Проведено дослідження заквасок з внесенням виділених штамів, під час якого виявлено, що випробувані закваски мали вищу титровану кислотність (15,6 – 18,4 град), ніж закваска з пивними дріжджами (15,0 град), однак нижчу, ніж спонтанна закваска (18,8 град). Тим не менш, вони мали кращу підйомну силу (особливо, зразки штамів №1 і №4 – 50 і 55 хвилин, відповідно). Також було визначено, що найвища швидкість наростання кислотності закваски із внесеним зразком штаму №4 була у разі додавання підживлення (заміною частини закваски свіжою сумішшю) як мінімум 20% від маси.

Показано, що наростання кислотності тіста із застосуванням закваски з виділеним зразком штаму №4 відбувалося швидше і більше – до 7,8 град, підйомна сила збільшилась від 73 хвилин для контролю до 68-58 хвилин у зразках, а тривалість вистоювання – зменшилась (60 хвилин для контролю і 56-50 хвилин у зразках закваски). Встановлено, що найкращі характеристики по всіх показниках були у найбільш густої закваски з вологістю 48,8% ( $DY = 149$ ).

Готовий хліб мав більший питомий об'єм, пористість та кислотність, поліпшені органолептичні характеристики, які були найкращі – теж для зразка хліба з найгустішої закваски. Його питомий об'єм складав 1,76 см<sup>3</sup>/г (контроль – 1,45 см<sup>3</sup>/г), пористість – 62% (на противагу 58% у контролі), кислотність готового продукту – 5,8 град (контроль – 2,3 град). Його органолептичні показники були оцінені найвище – 45 із 45 балів, а у контрольного зразка – 42 бали.

Серед виробів різної рецептури зразок №2 з додаванням 35% мас. закваски і 4% дріжджів мав найбільший питомий об'єм – 1,9 см<sup>3</sup>/г та пористість – 65%, однак меншу кислотність за зразок №3 (4,4 град та 5,5 град). Визначено, що включення комерційних пекарських дріжджів у рецептуру може поліпшити фізико-хімічні показники хліба, а також сприяти пришвидшенню технологічного процесу.

6. Розроблено стартап-проект сухої закваски з використанням виділених штамів дріжджів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Aghalari Z., Dahms H.-U., Sillanpää M. Evaluation of nutrients in bread: a systematic review. *Journal of Health, Population and Nutrition*. 2022. Vol. 41, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s41043-022-00329-3>.
2. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review / K. Arora et al. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 108. P. 71–83. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008>.
3. Defined co-cultures of yeast and bacteria modify the aroma, crumb and sensory properties of bread / M. Winters та ін. *Journal of Applied Microbiology*. 2019. T. 127, № 3. С. 778–793. URL: <https://doi.org/10.1111/jam>.
4. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges—A review / S. Ma et al. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. P. 130038. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130038>
5. Antifungal activity of *Meyerozyma guilliermondii*: Identification of active compounds synthesized during dough fermentation and their effect on long-term storage of wheat bread / R. Coda et al. *Food Microbiology*. 2013. Vol. 33, no. 2. P. 243–251. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.09.023>
6. De Vuyst L, Van Kerrebroeck S, Leroy F. Microbial Ecology and Process Technology of Sourdough Fermentation. *Advances in Applied Microbiology*. 2017. Vol. 100. P. 49–160. URL: <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2017.02.003>.
7. Samuel D. Investigation of Ancient Egyptian Baking and Brewing Methods by Correlative Microscopy. *Science*. 1996. Vol. 273, no. 5274. P. 488–490. URL: <https://doi.org/10.1126/science.273.5274.488>

8. History and Social Aspects of Sourdough / S. Cappelle et al. Handbook on Sourdough Biotechnology. Cham, 2023. P. 1–13. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-23084-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-23084-4_1)
9. Rosell C. M., Bajerska J., Sheikha A. F. E. Bread and Its Fortification. Taylor & Francis Group, 2021.
10. Biodiversity, ecological determinants, and metabolic exploitation of sourdough microbiota / L. De Vuyst et al. Food Microbiology. 2009. Vol. 26, no. 7. P. 666–675. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.012>.
11. Hughes J., Grafenauer S. J. The slow rise of sourdough: a nutrition audit of the bread category highlights whole grain. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2023. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.1080/09637486.2023.2213858>
12. Fermentative Foods: Microbiology, Biochemistry, Potential Human Health Benefits and Public Health Issues / C. Voudarou et al. Foods. 2020. Vol. 10, no. 1. P. 69. URL: <https://doi.org/10.3390/foods10010069>
13. Effects of mixed fermentation of different lactic acid bacteria and yeast on phytic acid degradation and flavor compounds in sourdough / L. Fang et al. LWT. 2023. P. 114438. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114438>
14. Nutritional benefits of sourdoughs: A systematic review / L. Ribet et al. Advances in Nutrition. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.003>.
15. Consumption of sourdough bread and changes in the glycemic control and satiety: A systematic review / M. E. Rolim et al. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2022. P. 1–16. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2108756>.
16. Sourdough on quinoa and buckwheat gluten-free breads: Evaluation of autochthonous starter fermentation on bread nutritional and technological

- properties / R. P. Lancetti et al. *International Journal of Food Science & Technology*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15661>.
17. Knowledge of and behaviors toward a gluten-free diet among women at a health sciences university / F. Alkhalifa et al. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2023.07.012>
  18. Arendt E. K., Shwaiki L. N., Zannini E. Sourdough and Gluten-Free Products. *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Cham, 2023. P. 325–350. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-23084-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-23084-4_11)
  19. Toward Sourdough Microbiome Data: A Review of Science and Patents / G. Albagli et al. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 2. P. 420. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12020420>.
  20. Ripari V., Gänzle M. G., Berardi E. Evolution of sourdough microbiota in spontaneous sourdoughs started with different plant materials. *International Journal of Food Microbiology*. 2016. Vol. 232. P. 35–42. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.025>.
  21. Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing / F. B. Siepmann et al. *Food and Bioprocess Technology*. 2017. Vol. 11, no. 2. P. 242–270. URL: <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1968-2>.
  22. The Online Library | The Quest for Sourdough. Quest for sourdough. URL: <https://www.questforsourdough.com/library> (дата звернення: 09.04.2024).
  23. *Handbook on Sourdough Biotechnology* / ed. by M. Gobbetti, M. Gänzle. Cham : Springer International Publishing, 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-23084-4>
  24. De Vuyst L., Comasio A., Kerrebroeck S. V. Sourdough production: fermentation strategies, microbial ecology, and use of non-flour ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. P. 1–33. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1976100>

25. Processing strategies to improve the breadmaking potential of whole-grain wheat and non-wheat flours / T. Dapčević-Hadnađev et al. *Discover Food*. 2022. Vol. 2, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00012-w>
26. Gluten-free baking: Combating the challenges - A review / F. Naqash et al. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 66. P. 98–107. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
27. Influences of Ingredients and Bakers on the Bacteria and Fungi in Sourdough Starters and Bread / A. T. Reese et al. *mSphere*. 2020. Vol. 5, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1128/msphere.00950-19>
28. A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research / M. D. Calvert et al. *PeerJ*. 2021. Vol. 9. P. e11389. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj.11389>
29. Biodiversity and technological properties of yeasts from Turkish sourdough / M. Arici et al. *Food Science and Biotechnology*. 2017. URL: <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0282-0>
30. Martín-García A., Riu-Aumatell M., López-Tamames E. Influence of Process Parameters on Sourdough Microbiota, Physical Properties and Sensory Profile. *Food Reviews International*. 2021. P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1906698>
31. Influence of Temperature and Backslopping Time on the Microbiota of a Type I Propagated Laboratory Wheat Sourdough Fermentation / G. Vrancken et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2011. Vol. 77, no. 8. P. 2716–2726. URL: <https://doi.org/10.1128/aem.02470-10>
32. Plessas S. Innovations in Sourdough Bread Making. *Fermentation*. 2021. Vol. 7, no. 1. P. 29. URL: <https://doi.org/10.3390/fermentation7010029>
33. Wholemeal wheat flours drive the microbiome and functional features of wheat sourdoughs / M. De Angelis et al. *International Journal of Food Microbiology*.

2019. Vol. 302. P. 35–46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.009>
34. Chavan R. S., Chavan S. R. Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2011. Vol. 10, no. 3. P. 169–182. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x>
35. Studies on Organic Acids and Minerals Content of Sourdough Naans Made from Different Extraction Rate Wheat Flours and Starter Cultures / G. Mueen-ud-D et al. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2009. Vol. 8, no. 6. P. 877–881. URL: <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.877.881>
36. Sourdough Microbiome Comparison and Benefits / S. W. Lau et al. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9, no. 7. P. 1355. URL: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071355>
37. Rye – the nutritional and technological evaluation in Czech cereal technology – A review: Grain and flours / M. Sluková et al. *Czech Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 39, No. 1. P. 3–8. URL: <https://doi.org/10.17221/203/2020-cjfs>
38. Gänzle M. G. Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food Microbiology*. 2014. Vol. 37. P. 2–10. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.007>
39. Németh R., Tömösközi S. Rye: Current state and future trends in research and applications. *Acta Alimentaria*. 2021. Vol. 50, no. 4. P. 620–640. URL: <https://doi.org/10.1556/066.2021.00162>
40. The diversity and function of sourdough starter microbiomes / E. A. Landis et al. *eLife*. 2021. Vol. 10. URL: <https://doi.org/10.7554/elife.61644>
41. Neiman A. M. Ascospore Formation in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2005. Vol. 69, no. 4. P. 565–584. URL: <https://doi.org/10.1128/mmbr.69.4.565-584.2005>

42. Yeast diversity of sourdoughs and associated metabolic properties and functionalities / L. De Vuyst et al. *International Journal of Food Microbiology*. 2016. Vol. 239. P. 26–34. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.018>
43. Sourdough microbial community dynamics: An analysis during French organic bread-making processes / E. Lhomme et al. *Food Microbiology*. 2016. Vol. 53. P. 41–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.014>
44. Yeast species composition differs between artisan bakery and spontaneous laboratory sourdoughs / G. Vrancken et al. *FEMS Yeast Research*. 2010. Vol. 10, no. 4. P. 471–481. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2010.00621.x>
45. Role of lactic acid bacteria and yeasts in sourdough fermentation during breadmaking: Evaluation of postbiotic-like components and health benefits / O. Pérez-Alvarado et al. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.969460>
46. Ethanol at Levels Produced by *Saccharomyces cerevisiae* during Wheat Dough Fermentation Has a Strong Impact on Dough Properties / V. B. Jayaram et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62, no. 38. P. 9326–9335. URL: <https://doi.org/10.1021/jf502547a>
47. Study of the Fermentation Characteristics of Non-Conventional Yeast Strains in Sweet Dough / E. Timmermans et al. *Foods*. 2023. Vol. 12, no. 4. P. 830. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12040830>
48. Rai A. K., Jeyaram K. *Role of Yeasts in Food Fermentation. Yeast Diversity in Human Welfare*. Singapore, 2017. P. 83–113. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-2621-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-10-2621-8_4)
49. Influence of commercial baker's yeasts on bread aroma profiles / A. N. Birch et al. *Food Research International*. 2013. Vol. 52, no. 1. P. 160–166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.011>

50. Production of volatiles relation to bread aroma in flour-based fermentation with yeast / R. Niçin et al. *Food Chemistry*. 2022. Vol. 378. P. 132125. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132125>
51. Sieuwerts S., Bron P. A., Smid E. J. Mutually stimulating interactions between lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae* in sourdough fermentation. *LWT*. 2018. Vol. 90. P. 201–206. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.022>
52. Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread / F. Batifoulier et al. *Journal of Cereal Science*. 2005. Vol. 42, no. 1. P. 101–108. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.03.003>
53. Demirgul F., Simsek O., Sagdic O. Amino acid, mineral, vitamin B contents and bioactivities of extracts of yeasts isolated from sourdough. *Food Bioscience*. 2022. Vol. 50. P. 102040. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102040>
54. Biotechnological Production of Vitamin B2-Enriched Bread and Pasta / V. Capozzi et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. Vol. 59, no. 14. P. 8013–8020. URL: <https://doi.org/10.1021/jf201519h>
55. Montemurro M., Coda R., Rizzello C. Recent Advances in the Use of Sourdough Biotechnology in Pasta Making. *Foods*. 2019. Vol. 8, no. 4. P. 129. URL: <https://doi.org/10.3390/foods8040129>
56. Wang T., He F., Chen G. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *Journal of Functional Foods*. 2014. Vol. 7. P. 101–111. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.033>
57. Effects of Solid-State Yeast Treatment on the Antioxidant Properties and Protein and Fiber Compositions of Common Hard Wheat Bran / J. Moore et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 55, no. 25. P. 10173–10182. URL: <https://doi.org/10.1021/jf071590o>

58. Sensory and antioxidant properties and in-vitro digestibility of gluten-free sourdough made with selected starter cultures / A. O. Olojede et al. *LWT*. 2020. Vol. 129. P. 109576. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109576>
59. Dietary improvement of the iron statute of the rats with experimental anemia / R. STURZA et al. *One Health & Risk Management*. 2021. Vol. 2, no. 1. P. 13–21. URL: <https://doi.org/10.38045/ohrm.2021.1.02>
60. In vitro bioaccessibility and bioavailability of iron from breads fortified with microencapsulated iron / M. A. Bryszewska et al. *LWT*. 2019. Vol. 99. P. 431–437. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.071>
61. Chaoui A., Faid M., Belahsen R. Making bread with sourdough improves iron bioavailability from reconstituted fortified wheat flour in mice. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2006. Vol. 20, no. 4. P. 217–220. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2006.04.002>
62. Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats / H. W. Lopez et al. *Nutrition*. 2003. Vol. 19, no. 6. P. 524–530. URL: [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(02\)01079-1](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(02)01079-1)
63. Yeasts isolated from Brazilian fermented foods in the protection against infection by pathogenic food bacteria / A. G. T. Menezes et al. *Microbial Pathogenesis*. 2020. Vol. 140. P. 103969. URL: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.103969>
64. Piotrowska M. Microbiological Decontamination of Mycotoxins: Opportunities and Limitations. *Toxins*. 2021. Vol. 13, no. 11. P. 819. URL: <https://doi.org/10.3390/toxins13110819>
65. Antifungal Activity of *Wickerhamomyces anomalus* and *Lactobacillus plantarum* during Sourdough Fermentation: Identification of Novel Compounds and Long-Term Effect during Storage of Wheat Bread / R. Coda et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2011. Vol. 77, no. 10. P. 3484–3492. URL: <https://doi.org/10.1128/aem.02669-10>

66. Preservation of non-Saccharomyces yeasts: Current technologies and challenges / L. Casas-Godoy et al. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. Vol. 20, no. 4. P. 3464–3503. URL: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12760>
67. Garcia-Vaquero M., Rocha J. M. F. *Sourdough Innovations*. Boca Raton : CRC Press, 2023. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003141143>
68. Lactic Acid Bacteria in Durum Wheat Flour Are Endophytic Components of the Plant during Its Entire Life Cycle / F. Minervini et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2015. Vol. 81, no. 19. P. 6736–6748. URL: <https://doi.org/10.1128/aem.01852-15>
69. Ecological parameters influencing microbial diversity and stability of traditional sourdough / F. Minervini et al. *International Journal of Food Microbiology*. 2014. Vol. 171. P. 136–146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.021>
70. ДСТУ 8791:2018. Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови. На заміну ГОСТ 7045-90; чинний від 2019-06-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
71. ГСТУ 46.004-99. Борошно пшеничне. Технічні умови. На заміну ГОСТ 26574-85; чинний від 1999-08-15. Вид. офіц. Київ, 1999.
72. ДСТУ 4812:2007. Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови. Чинний від 2009-01-01. Вид. офіц. Київ, 2007. 17 с.
73. ДСТУ 3583:2015. Сіль кухонна. Загальні технічні умови. З поправкою. На заміну ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 13830-97); чинний від 2017-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
74. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. На заміну ДСТУ 4492:2005; чинний від 2019-01-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
75. ДСТУ 4623:2023. Цукор. Технічні умови. На заміну ДСТУ 4623:2006/ГОСТ 31361-2008; чинний від 2023-11-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ».

76. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Чинний від 2022-04-01. Вид. офіц.
77. агар Сусло (Wort agar) для мікробіології (105448), Мерк. ТОВ «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ». URL: <https://shop.hlr.ua/ua/agar-suslo-wort-agar-merck-84006.html> (дата звернення: 10.04.2024).
78. Середовище Сабуро (щільних №2), Фармактів. ТОВ «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ». URL: <https://shop.hlr.ua/ua/sreda-saburo-agarizovannaya-2-farmaktiv-10774.html> (дата звернення: 10.04.2024).
79. ДСТУ 3139:2015. Пивоваріння. Терміни та визначення понять. Зі зміною № 1. На заміну ДСТУ 3139-95 ; чинний від 2015-11-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
80. Hefe-Stickstoff-Basis NutriSelect® Plus, suitable for microbiology | Sigma-Aldrich. Merck | Germany. URL: <https://www.sigmaaldrich.com/UA/en/product/sial/51483> (дата звернення: 10.04.2024).
81. Слюсаренко Т.П. Лабораторний практикум з мікробіології харчових виробництв. москва: Легка та харчова промисловість, 1984. 208 р.
82. Hefe-Kohle-Basis suitable for microbiology, NutriSelect® Basic | Sigma-Aldrich. Merck | Germany. URL: <https://www.sigmaaldrich.com/UA/en/product/sigma/y3627> (дата звернення: 10.04.2024).
83. Methods for Isolation, Phenotypic Characterization and Maintenance of Yeasts / С. Р. Kurtzman et al. The Yeasts. 2011. P. 87–110. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-52149-1.00007-0>
84. Koch A. L. Growth Measurement. Methods for General and Molecular Microbiology. Washington, DC, USA, 2014. P. 172–199. URL: <https://doi.org/10.1128/9781555817497.ch9>

85. Вивчення специфічної активності антифунгальних лікарських засобів. Методичні рекомендації / ДФЦ МОЗ України; уклад.: Ю. Л. Волянський, І. С. Гриценко, В. П. Ширококов та ін. Київ. 2018. 38 с.
86. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: навчальний посібник/ за ред. чл. – кор. НААН В.І. Дробот - К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 341 с.
87. ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників» .
88. Прилад Журавльова УОП-01 - купити за найкращою ціною в Києві від компанії “Термолаб” - 126894261. “Термолаб”. URL: <https://thermolab.net.ua/ua/p126894261-pribor-zhuravleva-uop.html> (дата звернення: 10.04.2024).
89. Ali Z., Bhaskar S. Basic statistical tools in research and data analysis. Indian Journal of Anaesthesia. 2016. Vol. 60, no. 9. P. 662. URL: <https://doi.org/10.4103/0019-5049.190623>
90. Identification and characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from West African sorghum beer / A. van der Aa Kühle et al. Yeast. 2001. Vol. 18, no. 11. P. 1069–1079. URL: <https://doi.org/10.1002/yea.756>
91. Yeasts: A Taxonomic Study / T. Boekhout et al. Elsevier Science & Technology Books, 2011. 2354 p.
92. Siverio J. M. Assimilation of nitrate by yeasts. FEMS Microbiology Reviews. 2002. Vol. 26, no. 3. P. 277–284. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00615.x>
93. Ljungdahl P. O., Daignan-Fornier B. Regulation of Amino Acid, Nucleotide, and Phosphate Metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*. Genetics. 2012. Vol. 190, no. 3. P. 885–929. URL: <https://doi.org/10.1534/genetics.111.133306>

94. The Molecular biology of the yeast *Saccharomyces*: Metabolism and gene expression / ed. by S. J. N, J. E. W, B. J. R. Cold Spring Harbor, N.Y : Cold Spring Harbor Laboratory, 1982. 680 p.
95. Technological characterisation and probiotic traits of yeasts isolated from Sha'a, a Cameroonian maize-based traditional fermented beverage / L. Tchamani Piame et al. *Heliyon*. 2022. Vol. 8, no. 10. P. e10850. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10850>
96. Nucleotide BLAST: Search nucleotide databases using a nucleotide query. BLAST: Basic Local Alignment Search Tool. URL: [https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE\\_TYPE=BlastSearch](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch) (дата звернення: 10.04.2024).
97. Yeast cell responses and survival during periodic osmotic stress are controlled by glucose availability / F. Duveau et al. *eLife*. 2024. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.7554/elife.88750.3>
98. Effect of cell cycle position on thermotolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. / J. Plesset et al. *Journal of Bacteriology*. 1987. Vol. 169, no. 2. P. 779–784. URL: <https://doi.org/10.1128/jb.169.2.779-784.1987>
99. Vitamin requirements and biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* / T. Perli et al. *Yeast*. 2020. Vol. 37, no. 4. P. 283–304. URL: <https://doi.org/10.1002/yea.3461>
100. Chemische Analyse von Sauerteig: pH-Wert und titrierbare Gesamtsäure (TTA). Germany | Metrohm. URL: [https://www.metrohm.com/de\\_de/discover/blog/20-21/chemische-analyse-von-sauerteig-pH-Wert-und-titrierbare-gesamtsaeure.html](https://www.metrohm.com/de_de/discover/blog/20-21/chemische-analyse-von-sauerteig-pH-Wert-und-titrierbare-gesamtsaeure.html) (дата звернення: 14.04.2024).
101. Genome-Wide Identification of Genes Involved in General Acid Stress and Fluoride Toxicity in *Saccharomyces cerevisiae* / N. R. Johnston et al. *Frontiers in Microbiology*. 2020. Vol. 11. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01410>

102. Technological and acid stress performance of yeast isolates from industrial sourdough / I. E. Sánchez-Adriá et al. LWT. 2023. Vol. 184. P. 114957. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114957>
103. Effect of the refreshment on the liquid sourdough preparation / A. Falciano et al. Italian Journal of Food Science. 2022. Vol. 34, no. 3. P. 99–104. URL: <https://doi.org/10.15586/ijfs.v34i3.2217>
104. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: Руслана, 1998. – 416 с.
105. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 1999. 35 с.
106. ДБН В.2.2-7-98. Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я. На заміну СН 535-81 ; чинний від 2001-01-04. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2001. 11 с.
107. Контроль умов праці: навч. посіб. / В.І. Голінько ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка» . – Дніпро : НТУ «ДП», 2018. – 156 с.
108. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. На заміну СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція и кондиціювання. Крім розділу 5 та додатка 22 ; чинний від 2014-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.
109. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-03-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018.
110. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 1999.
111. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 1999.

112. СН 4557-88. Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях. Чинний від 1988-02-23. Вид. офіц. 1988.
113. ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів. На заміну ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів ; чинний від 2008-10-01. Вид. офіц. 2008.
114. ДСП 9.9.5.-080-02. Державні санітарні правила та норми, гігієнічні нормативи. Правила влаштування і безпеки роботи в лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю. Чинний від 2002-01-28. Вид. офіц. 2002.