

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет медико-фармацевтичних технологій
Кафедра біотехнології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СУХОЇ ЗАКВАСКИ ДЛЯ
КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ»**

Виконав : здобувачка вищої освіти групи БТ621(3,10д)-01
спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія
освітньої програми Біотехнологія

Анна ДВІНСЬКИХ

Керівник: Завідувачка кафедри біотехнології, д.фарм.н, проф.
Наталя ХОХЛЕНКОВА

Рецензент: Доцент закладу вищої освіти кафедри біотехнології,
біофізики та аналітичної хімії Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут»,
к.б.н., доц. Ірина БЄЛИХ

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі запропоновано організацію вітчизняного виробництва сухої закваски для кондитерських виробів тривалого зберігання на основі двох штамів *Saccharomyces cerevisiae*. Розроблено технологічну та біологічну схеми виробництва, складено опис техпроцесу, виконані матеріальні розрахунки, складено апаратурну схему. Обґрунтовано використання сублиматора моделі Zirbus Sublimator 1500 для висушування закваски. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, графічних матеріалів, висновків, списку літератури з 39 джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 81 сторінка, містить 5 рисунків, 14 таблиць та 2 креслення формату А1.

Ключові слова: *Saccharomyces cerevisiae*, закваска, ліофілізація, культивування, живильне середовище, трегалоза, інулін.

ANNOTATION

The qualification work proposes the organization of domestic production of dry sourdough for long-term storage confectionery products based on two strains of *Saccharomyces cerevisiae*. A technological and biological production scheme has been developed, a description of the technical process has been compiled, material calculations have been made, and an equipment diagram has been compiled. The use of a sublimator of the Zirbus Sublimator 1500 model for drying sourdough has been justified. The qualification work consists of an introduction, four chapters, graphical materials, a conclusion, a list of used literature from 39 items and appendices. The total volume of work is 81 pages, 5 figures, 14 tables, 2 A1 format drawings.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, starter, lyophilization, cultivation, nutrient medium, trehalose, inulin.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналітичний огляд.....	7
2 Характеристика готового продукту, сировини, матеріалів, напівпродуктів.....	22
2.1 Характеристика готового продукту.....	22
2.2 Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів	25
2.3 Характеристика біологічного об'єкту.....	29
3 Технологічна частина.....	32
3.1 Розрахунок матеріального балансу.....	32
3.2 Розрахунок і вибір технологічного обладнання (із кресленням основного апарату).....	36
3.3 Опис технологічного процесу.....	45
3.4 Схеми виробництва (зі специфікацією обладнання).....	57
3.5 Критичні параметри виробництва.....	67
3.6 Екологічні аспекти виробництва.....	72
Висновок.....	75
Список використаної літератури.....	77
Додатки.....	82

					<i>162.01.02.00 000 ПЗ</i>			
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Двінських А.В.			<i>Організація виробництва сухої закваски для кондитерських виробів тривалого зберігання</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Хохленкова Н.В.					2	83
Н. контр.					<i>НФаУ Кафедра біотехнології</i>			
Затвердив		Хохленкова Н.В.			<i>Пояснювальна записка</i>			

ВСТУП

Актуальність теми обумовлена необхідністю створення ефективних технологій виробництва сухих заквасок, які б відповідали сучасним вимогам ринку, забезпечували стабільну якість продукції та були економічно доцільними у промислових умовах. Крім того, розвиток біотехнологій відкриває нові можливості для керування процесами ферментації та формування заданих властивостей продукту.

Зростаюча зацікавленість у створенні сухих заквасок із пролонгованою дією в Україні пояснюється насамперед різким підвищенням вартості імпортової продукції, зокрема *Lesaffre SAF-Instant* та *Lallemand Livendo*, упродовж 2025–2026 років. Це пов'язано з коливаннями валютного курсу євро, ускладненнями логістичних ланцюгів і загальним подорожчанням сировини на світових ринках. У таких умовах українські кондитерські компанії — «Рошен», «Світ ласощів», «АВК» — орієнтуються на зменшення виробничих витрат без втрати якісних характеристик продукції, особливо з огляду на активне зростання експорту, який у 2025 році перевищив 370 млн доларів США. Водночас наявність власної сировинної бази, включаючи мелясу та кукурудзяні екстракти, а також локальних штамів *Saccharomyces cerevisiae* (зокрема X-12 і «Львівські»), у поєднанні з використанням ефективних кріо- та осмопротекторів, таких як трегалоза й інулін, формує підґрунтя для успішного розвитку вітчизняного виробництва та зниження залежності від імпорту.

Сучасний розвиток харчової промисловості характеризується активним впровадженням інноваційних біотехнологічних рішень, спрямованих на підвищення якості продукції, її безпечності та подовження термінів зберігання. Особливого значення набуває створення функціональних інгредієнтів, які здатні не лише забезпечувати необхідні технологічні властивості, але й покращувати споживчі характеристики готових виробів. Одним із таких інгредієнтів є хлібопекарські закваски.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Закваски відіграють важливу роль у формуванні структури, смаку, аромату та мікробіологічної стабільності хлібобулочних і кондитерських виробів. Використання заквасок дозволяє зменшити застосування хімічних добавок, підвищити біологічну цінність продукції та забезпечити її натуральність. У контексті сучасних вимог до якості та безпечності харчових продуктів особливо актуальним є розроблення заквасок із пролонгованою дією.

Суша хлібопекарська закваска пролонгованої дії є перспективним продуктом, що поєднує в собі переваги традиційних заквасок і сучасних технологій стабілізації мікроорганізмів. Завдяки використанню методів сушіння та спеціально підібраних штамів мікроорганізмів забезпечується тривале збереження їхньої життєздатності та активності. Це дозволяє використовувати такі закваски у виробництві кондитерських виробів тривалого зберігання, де особливо важливими є стабільність якості та тривалий термін придатності продукції.

Метою дипломної роботи є організація виробництва сухої хлібопекарської закваски пролонгованої дії для кондитерських виробів тривалого зберігання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:**

- провести аналітичний огляд сучасних технологій виробництва заквасок;
- обґрунтувати вибір біологічних об'єктів та сировини;
- дослідити процес біосинтезу цільового продукту;
- розробити технологічну схему виробництва;
- виконати матеріальні розрахунки;
- здійснити підбір технологічного обладнання;
- визначити основні параметри технологічного процесу;
- оцінити екологічні аспекти виробництва.

Об'єктом дослідження є процес виробництва сухої хлібопекарської закваски.

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Предметом дослідження є біотехнологічні та технологічні параметри отримання закваски пролонгованої дії.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості впровадження розробленої технології на підприємствах харчової промисловості для виробництва конкурентоспроможної продукції з покращеними якісними характеристиками.

Таким чином, розробка та організація виробництва сухої закваски пролонгованої дії є актуальним напрямом розвитку сучасної біотехнології та харчової промисловості, що відповідає світовим тенденціям підвищення якості та безпечності харчових продуктів.

За темою роботи опубліковано тези:

Двінських А. В. Роль захисних агентів та пребіотиків при виробництві сухих дріжджів / Двінських А. В., Хохленкова Н. В. // Проблеми та досягнення сучасної біотехнології: мат. VI міжнар. наук.-практ. конф. (27 березня 2026 р., м. Харків). –Х. : НФаУ, 2026. – С. 196-197.

Результати роботи представлено на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей у секції «Біотехнології та біоінженерія» в межах XXXII міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та студентів «Актуальні питання створення нових лікарських засобів», 15-17 квітня 2026 р., м. Харків. Конкурсна робота «Обґрунтування складу та технології сухої закваски для кондитерських виробів тривалого зберігання» посіла I місце.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Сучасний стан виробництва хлібопекарських заквасок.

Протягом останніх десятиліть світовий ринок хлібобулочної продукції зазнав суттєвих трансформацій, що зумовлені впливом соціально-економічних факторів, стрімким розвитком технологій та зростанням обізнаності споживачів щодо принципів здорового харчування. Класичні вироби з пшеничного борошна дедалі частіше модернізуються або частково замінюються продуктами, що відповідають сучасним вимогам до збалансованого харчування, містять функціональні інгредієнти та характеризуються натуральним складом. Серед ключових тенденцій ринку варто відзначити зростання попиту на продукцію з підвищеною харчовою цінністю, зменшеним вмістом солі, цукрів і насичених жирів, а також активне впровадження натуральних заквасок як альтернативи синтетичним розпушувачам [3, 9, 27, 30, 39].

У відповідь на ці виклики виробники активно впроваджують сучасні технологічні рішення, спрямовані на збагачення хлібобулочних виробів біологічно цінними компонентами. До таких належать білки, харчові волокна, мінеральні речовини, антиоксиданти та пребіотики. Значного поширення набули інгредієнти з альтернативної рослинної сировини, зокрема зернобобових культур (нуту, сочевиці, гороху), насіння олійних рослин (льону, амаранту), фруктові порошки, висівки, а також продукти переробки ягід, трав і плодів. Використання подібних добавок не лише підвищує вміст вітамінів і мінералів, але й позитивно впливає на технологічні властивості тіста, покращуючи його структуру, вологоутримувальну здатність, а також ароматичні та колірні характеристики готових виробів [7, 11, 16, 18, 29].

Однією з провідних тенденцій розвитку галузі є функціоналізація харчових продуктів, яка передбачає надання їм додаткових оздоровчих або

									162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

профілактичних властивостей. Така продукція розробляється з урахуванням специфічних потреб різних груп споживачів, включаючи людей із цукровим діабетом, непереносимістю глютену, а також тих, хто дотримується низькокалорійного або збалансованого раціону з підвищеним вмістом харчових волокон і мікронутрієнтів. Частка подібних виробів на ринку постійно зростає, що підтверджується аналітичними даними міжнародних галузевих організацій [6, 7, 16, 29].

Водночас спостерігається підвищений інтерес до використання технологій природного бродіння. Застосування заквасок, які являють собою симбіоз молочнокислих бактерій і дріжджів, сприяє покращенню смакових і ароматичних характеристик продукції, підвищує біодоступність поживних речовин, знижує глікемічний індекс та подовжує термін зберігання без використання штучних консервантів [12, 13-15]. У сучасних умовах промислового виробництва такі закваски все частіше використовуються у вигляді стандартизованих, активних або стабілізованих форм, що дозволяє ефективно інтегрувати традиційні підходи у високотехнологічні виробничі процеси.

Паралельно розвивається напрям створення комбінованих рецептур із використанням як традиційних, так і альтернативних видів борошна. Результати сучасних досліджень свідчать, що поєднання пшеничного борошна з цільнозерновими компонентами, висівками, а також гречаним, вівсяним чи фруктовим борошном сприяє підвищенню вмісту харчових волокон та антиоксидантної активності готових виробів [7, 11, 16].

Одним із перспективних інноваційних рішень у хлібопекарській галузі є застосування борошна типу «манітоба», яке характеризується високою силою клейковини (W 350–400 од.). Завдяки цим властивостям воно ефективно поєднується із заквасками, забезпечуючи формування виробів із добре розвиненою пористою структурою, еластичною м'якушкою та вираженими ароматичними характеристиками [18].

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Український ринок хлібобулочних виробів у 2025 році характеризується поступовою стабілізацією та ознаками часткового відновлення, незважаючи на вплив воєнних факторів, міграційних процесів і зростання вартості сировини та енергоресурсів. Згідно з даними профільних галузевих об'єднань, у першій половині 2025 року обсяги промислового виробництва хлібобулочної продукції зменшилися приблизно на 10 % у порівнянні з аналогічним періодом попереднього року. Водночас у грошовому вираженні ринок демонструє зростання: очікувана місткість до кінця 2025 року становить близько 33,6 млрд грн, що приблизно на 15 % більше, ніж у 2024 році. Така динаміка пояснюється насамперед інфляційними процесами, підвищенням цін на продукцію (у межах 5–20 % залежно від категорії), а також активізацією зовнішніх поставок [23, 33, 36-38].

Упродовж 2025 року українські виробники значно посилили свої позиції на зовнішніх ринках: експорт хлібобулочних виробів досяг рекордного рівня — близько 372 млн доларів США [39]. Хоча імпорт також демонструє тенденцію до зростання (очікувано до 6,3 млрд грн проти 5,5 млрд грн роком раніше), обсяги експорту суттєво перевищують імпорتنі поставки [33, 38].

Разом із тим сегмент хлібопекарських дріжджів зазнає тривалого скорочення: якщо на початку 2000-х років обсяги ринку сягали близько 99 тис. т, то у 2024–2025 роках вони знизилися приблизно до 35 тис. т. Це пов'язано зі змінами у споживчих уподобаннях — зменшенням попиту на традиційний хліб, зростанням популярності бездріжджових виробів і заморожених напівфабрикатів, а також спрощенням рецептур. Зокрема, частка хліба простої рецептури зросла до близько 50 % у 2025 році проти 44 % у 2024 році [21].

Водночас стабільний попит зберігається у сегменті кондитерських виробів тривалого зберігання (пряники, здобне печиво, кекси, панеттоне), де активно використовуються спеціалізовані сухі дріжджові закваски з підвищеною стійкістю до осмотичних і температурних навантажень.

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ					

Таблиця 1.1 - Тенденції розвитку ринку хлібобулочних виробів і дріжджів в Україні (2023–2025 рр., із прогнозом на 2026 р.)

Показник	2023	2024	2025 (факт/оцінка)	2026 (прогноз)	Джерело
Місткість ринку хлібобулочної продукції, млрд грн	~28–30	~29–30	33,6	35–37	[18, 24, 25, 29]
Динаміка виробництва, %	–	–	–10 % (за I півріччя)	очікується стабілізація	[24, 29]
Обсяг експорту хлібобулочних виробів, млн дол. США	–	–	~372 (за рік)	тенденція до зростання	[31]
Обсяг імпорту хлібобулочних виробів, млрд грн	~3,5–5	5,5	6,3	–	[23, 29]
Ринок хлібопекарських дріжджів, тис. т	~40	~35–37	~35	~34–36	[17]

Таким чином, сучасний етап розвитку хлібопекарської промисловості характеризується гармонійним поєднанням традиційних підходів і новітніх технологічних рішень. З одного боку, відбувається повернення до природних процесів ферментації, з іншого — активно впроваджуються функціональні інгредієнти, спрямовані на підвищення якості, харчової та біологічної цінності продукції. У зв'язку з цим дослідження можливостей застосування заквасок у поєднанні з альтернативними видами борошна, такими як манітоба, черемхове та ферментоване борошно, є актуальним напрямом, що має важливе наукове та практичне значення для розвитку сучасної харчової промисловості України.

1.2 Функції заквасок для виробництва хлібобулочних виробів.

Закваска являє собою складну симбіотичну мікробну систему, основу якої формують молочнокислі бактерії (переважно представники родів *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*) та дріжджові культури

подовження терміну придатності продукції без використання штучних консервантів [1, 6, 10].

Результати сучасних наукових досліджень свідчать, що хліб, виготовлений із застосуванням закваски, характеризується нижчим глікемічним індексом порівняно з продукцією на основі пресованих дріжджів. Це пов'язано з уповільненим засвоєнням вуглеводів, частковою трансформацією крохмалю під час ферментації, а також впливом органічних кислот на метаболізм глюкози. Додатково встановлено, що такі вироби мають підвищену антиоксидантну активність, оскільки в процесі бродіння утворюються сполуки, здатні нейтралізувати вільні радикали [10, 12-14].

У процесі ферментації відбувається часткове розщеплення білків пшениці, зокрема гліадину, який належить до потенційно алергенних компонентів. Це може сприяти зниженню ризику проявів, пов'язаних із чутливістю до глютену. Завдяки таким властивостям хліб, виготовлений із застосуванням заквасок, розглядається як більш функціональний продукт, придатний для споживання широкими групами населення.

Отже, використання заквасок у технології хлібопечення є одним із найбільш ефективних підходів до підвищення харчової, біологічної та технологічної цінності продукції. Такий підхід поєднує традиційні методи ферментації з сучасними досягненнями біотехнології. Подальші дослідження, спрямовані на вивчення складу заквасок, особливостей мікробних культур і оптимальних умов ферментації, відкривають широкі можливості для створення нових інноваційних технологій виробництва функціональних хлібобулочних виробів.

1.3. Особливості сухих заквасок та їх застосування у кондитерській промисловості, у výroбах тривалого зберігання

Сухі закваски являють собою висококонцентровані зневоднені мікробіологічні препарати, створені на основі чистих культур молочнокислих бактерій, а в окремих випадках — у поєднанні з дріжджами. Вони широко

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ				

застосовуються у кондитерській промисловості як ефективний інструмент керування процесами ферментації, регулювання кислотності середовища та формування стабільних смако-ароматичних характеристик продукції. Завдяки сучасним методам біотехнологічного культивування та стабілізації мікроорганізмів сухі закваски забезпечують високий рівень стандартизації технологічних процесів і дозволяють отримувати продукцію з прогнозованими властивостями [1, 5].

Однією з ключових переваг сухих заквасок є їх тривалий термін зберігання, що досягається завдяки низькому вмісту вологи. У процесі зневоднення активність води значно знижується, що призводить до переходу мікроорганізмів у стан анабіозу. У такому стані клітини зберігають життєздатність протягом тривалого часу — від кількох місяців до року і більше — за умови дотримання відповідних умов зберігання. Це значно спрощує логістику, дозволяє створювати виробничі запаси та знижує ризики втрати активності культури під час транспортування.

Важливою характеристикою сухих заквасок є простота їх використання у виробничих умовах. На відміну від традиційних рідких або густих заквасок, які потребують постійного догляду та регулярного підживлення, сухі препарати вводяться у технологічний процес після попередньої регідратації. Для цього їх розчиняють у воді, молоці або іншому поживному середовищі з подальшим витриманням при оптимальній температурі, що забезпечує відновлення метаболічної активності мікроорганізмів. Такий підхід значно спрощує виробничий цикл і знижує трудомісткість процесу [1, 5, 13].

Суттєвою перевагою є можливість контролювання процесу ферментації. Оскільки сухі закваски містять чітко визначені штами мікроорганізмів із заданими технологічними характеристиками, це дозволяє регулювати швидкість накопичення органічних кислот, інтенсивність газоутворення та формування ароматичних сполук. У результаті забезпечується стабільність якості продукції від партії до партії, що є

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

особливо важливим для підприємств кондитерської промисловості з високими вимогами до стандартизації [15, 31].

Ще одним важливим аспектом є мікробіологічна безпечність сухих заквасок. Використання чистих культур, отриманих у контрольованих лабораторних умовах, практично виключає наявність сторонньої мікрофлори, включаючи патогенні та псевдопатогенні мікроорганізми. Це значно знижує ризики контамінації продукції та сприяє дотриманню санітарно-гігієнічних вимог виробництва.

Ключові характеристики сухих заквасок та їх значення для технологічного процесу наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Основні характеристики сухих заквасок

Показник	Характеристика	Технологічне значення
Вологість	3–5%	Забезпечує тривалий термін зберігання
Термін зберігання	До кількох місяців	Зручність логістики та запасів
Мікробіологічний склад	Чисті культури МКБ та/або дріжджів	Стабільність процесу ферментації
Активність після відновлення	Висока	Швидкий запуск технологічного процесу
Безпечність	Відсутність сторонньої мікрофлори	Високий рівень гігієни виробництва

У кондитерській промисловості сухі закваски застосовуються у різних технологічних напрямках. Одним із основних є регулювання кислотності та формування смако-ароматичних властивостей продукції. Це особливо актуально при виробництві сирних десертів, кремів, кисломолочних напівфабрикатів і фруктово-молочних начинок, де баланс кислотності відіграє ключову роль у формуванні органолептичних показників. Крім того, зниження рН середовища сприяє пригніченню розвитку небажаної мікрофлори, що забезпечує додатковий консервувальний ефект.

Сухі закваски також позитивно впливають на технологічні властивості тіста та напівфабрикатів. Вони сприяють покращенню реологічних

характеристик, підвищенню еластичності та пластичності, зменшенню крихкості готових виробів. У процесі ферментації утворюються метаболіти, які уповільнюють ретроградацію крохмалю, що дозволяє сповільнити процес черствіння і подовжити термін зберігання продукції [5, 10, 12].

Окремим напрямом є використання сухих заквасок у виробництві спеціалізованих кондитерських виробів, таких як сирні десерти, кремові начинки, фруктові-молочні композиції, а також напівфабрикати для екструдованих і пресованих продуктів. У цих випадках закваски виконують не лише технологічну, але й функціональну роль, підвищуючи біологічну цінність продукції за рахунок синтезу вітамінів, органічних кислот та інших біологічно активних речовин [11, 14].

Особливості використання сухих заквасок у кондитерській промисловості узагальнено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Напрями використання сухих заквасок у кондитерській промисловості

Напрямок використання	Опис	Ефект
Формування смаку та аромату	Використання у десертах, сирних výroбах, начинках	Покращення органолептики
Підкислення середовища	Регулювання рН	Гальмування розвитку патогенів
Консервація	Зниження активності води і кислотність	Подовження терміну зберігання
Поліпшення тіста	Вплив на реологічні властивості	Еластичність, зменшення крихкості
Функціональні продукти	Використання у спеціалізованих výroбах	Підвищення біологічної цінності

Ефективність використання сухих заквасок значною мірою залежить від дотримання технологічних параметрів їх застосування. Дозування повинно відповідати рекомендаціям виробника, оскільки як недостатня, так і надмірна кількість закваски може негативно вплинути на хід ферментації. Важливим є також дотримання оптимального температурного режиму активації, який зазвичай знаходиться в межах 20–37 °С. При цих умовах

1.4. Технології пролонгації активності заквасок.

Забезпечення тривалої життєздатності та стабільної функціональної активності мікроорганізмів заквасок є одним із ключових завдань сучасної харчової біотехнології. Пролонгація активності заквасок передбачає використання комплексу фізичних, фізико-хімічних і біотехнологічних методів, спрямованих на уповільнення або тимчасове припинення метаболічних процесів клітин без порушення їх життєздатності та здатності до подальшої регенерації.

Застосування технологій пролонгації дозволяє:

- забезпечити стабільність мікробіологічного складу закваски;
- знизити ризики контамінації сторонньою мікрофлорою;
- оптимізувати логістичні процеси (транспортування, зберігання);
- стандартизувати технологічні параметри виробництва;
- підвищити економічну ефективність підприємства.

Сучасні методи пролонгації активності заквасок базуються на регулюванні таких факторів, як вологість, температура, доступ кисню та поживних речовин [1, 5, 13-15].

Термічне зневоднення та сушіння

Одним із найбільш поширених способів пролонгації є видалення вологи з біомаси мікроорганізмів, що призводить до переходу клітин у стан анабіозу. Зниження активності води (a_w) до критичних значень (0,2–0,3) практично зупиняє біохімічні реакції та ріст мікроорганізмів. Порівняння основних методів сушіння біомаси представлено в табл. 1.5.

Сублимаційне сушіння є найбільш ефективним методом, оскільки дозволяє зберегти до 90–95% життєздатних клітин. Для додаткового захисту мікроорганізмів використовують кріо- та ліопротектори (лактоза, сахароза, гліцерин, білкові гідролізати), які знижують точку замерзання, перешкоджають утворенню великих кристалів льоду або стабілізують клітинні мембрани [5, 30].

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 1.5 - Основні методи сушіння

Метод	Суть процесу	Переваги	Недоліки
Конвективне	Видалення вологи гарячим повітрям	Простота реалізації	Часткова денатурація білків, втрата частини життєздатних клітин
Розпилювальне	Диспергування середовища у потоці гарячого повітря	Швидкість, масштабованість	Втрата частини клітин
Сублімаційне (ліофілізація)	Заморожування та подальше видалення вологи шляхом вакуумного висушування	Максимальне збереження клітин	Висока вартість та енергоємність

Після сушіння закваски переходять у стабільний стан і можуть зберігатися до 1–2 років без суттєвої втрати активності [5, 7, 30].

Охолодження та зберігання при низьких температурах

Зниження температури є ефективним методом тимчасового гальмування метаболічної активності мікроорганізмів. При температурі 0–4 °C швидкість ферментативних процесів значно зменшується, що дозволяє зберігати рідкі або напіврідкі закваски без істотних змін їх властивостей.

Особливості методу:

- уповільнення споживання поживних речовин;
- зменшення швидкості накопичення метаболітів (кислот);
- збереження активності клітин при подальшій активації.

Для підтримання життєздатності закваски застосовують періодичне підживлення (refreshment), яке включає внесення свіжого субстрату [5, 7].

Основні критерії та їх значення для зберігання при низькій температурі наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Ключові параметри зберігання при низькій температурі

Параметр	Значення	Вплив
Температура	0–4 °C	Уповільнення метаболізму
Тривалість	3–14 діб	Залежить від складу закваски
pH	3,5–4,5	Стабілізація мікрофлори

Замороження та ліофілізація

Глибоке замороження ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче) дозволяє практично повністю призупинити життєдіяльність мікроорганізмів. При цьому важливим є швидке заморожування, яке запобігає утворенню великих кристалів льоду, що можуть пошкоджувати клітини.

Переваги методу:

- тривалий термін зберігання (місяці);
- мінімальні втрати активності;
- можливість транспортування на великі відстані.

Ліофілізація поєднує заморожування та сушіння у вакуумі, що дозволяє отримати продукт із максимальною стабільністю. Такі закваски можуть зберігатися кілька років за умови низької вологості та герметичного пакування [5, 12, 31].

Регулярна активація та підживлення заквасок

У виробничих умовах важливим методом підтримання активності є періодичне відновлення (активація) заквасок. Це дозволяє підтримувати високу ферментативну активність і стабільний склад [5, 12, 31].

Основні етапи:

1. Відбір частини активної закваски
2. Додавання свіжого поживного середовища
3. Інкубація при оптимальній температурі ($25\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$)
4. Досягнення піку активності

Переваги:

- підтримання стабільного мікробіологічного складу;
- запобігання дегенерації культури;
- підвищення технологічної ефективності.

Сучасні інноваційні підходи до пролонгації

Окрім традиційних методів, активно розвиваються нові технології [5, 12, 31]:

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОГО ПРОДУКТУ, СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ, НАПІВПРОДУКТІВ

2.1 Характеристика готового продукту

Найменування продукту: Суха хлібопекарська закваска «DuoLeaven Pro».

Призначення. Закваска призначена для використання в технології виробництва кондитерських виробів тривалого зберігання (пряники, здобне печиво, кекси в фользі, панеттоне тощо). Вона забезпечує характерний дріжджовий аромат, м'яку пористу структуру та подовження свіжості виробів. Рекомендована доза внесення — 0,1–0,5 % до маси борошна.

Склад продукту (масова частка, %): суха біомаса дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* (комбінація штамів X-12 та «Львівські» у співвідношенні 1:1) — 88 %, трегалоза — 8 %, інулін — 4 %.

Органолептичні показники:

Зовнішній вигляд — дрібний сипкий порошок без грудок і сторонніх включень;

Колір — від кремового до світло-бежевого;

Смак і запах — характерний дріжджовий, без сторонніх присмаків і запахів.

Фізико-хімічні показники:

Масова частка вологи, %, не більше 6,0;

Підйомна сила, хв 25–30;

Осмостійкість. Стабільна газоутворювальна активність у середовищі з вмістом цукру 20–30 %.

Мікробіологічні показники:

Кількість життєздатних клітин дріжджів (*S. cerevisiae*), КУО/г, не менше — $1,0 \times 10^{10}$, у тому числі:

S. cerevisiae X-12 — не менше $5,0 \times 10^9$ КУО/г;

S. cerevisiae «Львівські» — не менше $5,0 \times 10^9$ КУО/г.

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ				

Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більше — $1,0 \times 10^4$;

Патогенні мікроорганізми (у тому числі бактерії роду *Salmonella*) — відсутні в 25 г;

Бактерії групи кишкових паличок (*E. coli*) — відсутні в 1 г.

Термін придатності та умови зберігання. Термін придатності готового продукту становить 12–18 місяців за умови зберігання в герметичній упаковці при температурі від +4 °С до +20 °С та відносній вологості повітря не більше 75 %.

Упаковка та маркування. Продукт фасують у вакуумні багатошарові поліетиленові пакети масою нетто 0,5 кг. Маркування здійснюється відповідно до вимог Технічного регламенту з маркування харчових продуктів. На упаковці зазначається: найменування продукту, склад (штами *Saccharomyces cerevisiae* X-12 та «Львівські»), трегалоза, інулін), умови зберігання, термін придатності, рекомендації щодо застосування та дані виробника.

Запропоновані показники якості відповідають сучасним вимогам харчової промисловості до сухих дріжджових заквасок і забезпечують конкурентоспроможність продукту порівняно з імпортними аналогами (Lesaffre SAF-Instant, Lallemand).

Харчова та енергетична цінність сухої закваски пролонгованої дії визначається її компонентним складом, зокрема наявністю білкових сполук мікробного походження, ліпідів, а також вуглеводів, представлених носіями та стабілізаторами (мальтодекстрин, лактоза тощо).

Закваска використовується у невеликих дозах, тому її внесок у загальну харчову цінність готового продукту є обмеженим, однак вона істотно впливає на біологічну цінність завдяки синтезу вітамінів, органічних кислот та ферментів у процесі ферментації.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Енергетична цінність продукту становить 355 ккал на 100 г, що відповідає середнім показникам для концентрованих сухих біотехнологічних препаратів. Для упаковки масою 500 г цей показник становить 1775 ккал.

В табл. 2.1 та 2.2 наведено вітамінний та мінеральний склад закваски «DuoLeaven Pro».

Таблиця 2.1 - Вітамінний склад продукту

Вітамін	На 100 г продукту	На 1 упаковку (500 г)
Вітамін В1 (тіамін), мг	0,35	1,75
Вітамін В2 (рибофлавін), мг	0,45	2,25
Вітамін В6 (піридоксин), мг	0,50	2,50
Вітамін В12, мкг	0,80	4,00
Ніацин (РР), мг	3,50	17,50
Фолієва кислота, мкг	90,0	450,0

Таблиця 2.2 - Мінеральний склад продукту

Мінеральний елемент	На 100 г продукту	На 1 упаковку (500 г)
Кальцій (Ca), мг	120,0	600,0
Магній (Mg), мг	45,0	225,0
Калій (K), мг	300,0	1500,0
Натрій (Na), мг	80,0	400,0
Фосфор (P), мг	150,0	750,0
Залізо (Fe), мг	2,5	12,5
Цинк (Zn), мг	1,8	9,0

Вітамінний склад сухої закваски пролонгованої дії формується внаслідок життєдіяльності молочнокислих бактерій і дріжджів, які здатні синтезувати вітаміни групи В. Найбільше значення мають тіамін, рибофлавін, піридоксин і фолієва кислота, які беруть участь у регуляції обміну речовин і позитивно впливають на харчову цінність кінцевого продукту.

Мінеральний склад представлений макро- та мікроелементами, що походять як із живильного середовища, так і з компонентів-носіїв. Найбільш вагомими є калій, кальцій і фосфор, які відіграють важливу роль у

фізіологічних процесах організму людини. Наявність заліза та цинку додатково підвищує біологічну цінність продукту.

Слід зазначити, що незважаючи на відносно невеликі дози внесення закваски у рецептуру, її використання сприяє збагаченню готових кондитерських виробів біологічно активними речовинами, що особливо важливо при виробництві функціональних продуктів харчування.

2.2 Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Сировина, матеріали та напівпродукти, що використовуються при виробництві сухої хлібопекарської закваски пролонгованої дії, повинні відповідати вимогам чинної нормативно-технічної документації (ДСТУ, ГОСТ, ДФУ, ЄФ) та забезпечувати стабільність технологічного процесу, високу якість і безпечність готового продукту [22, 31, 34].

Основна сировина включає компоненти поживного середовища для культивування мікроорганізмів, допоміжна — речовини для забезпечення технологічного процесу, матеріали — засоби для фасування та допоміжних операцій, а напівпродукти — проміжні продукти технологічного процесу. Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів наведена у таблиці 2.3. Таблиця 2.3 - Характеристика сировини, матеріалів, напівпродуктів, що використовуються при виробництві сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro».

Найменування	Категорія та номер НТД	Показники НТД, обов'язкові для перевірки	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина:			
Виробничий штам <i>S. cerevisiae</i> X-12	Інституту біології клітини НАН України, паспорт культури [26]	Активність, кількість КУО/г, відповідність м/о	Компонент закваски

1	2	3	4
Амонію сульфат	CAS 7783-20-2, BASF, паспорт постачальника	Зовнішній вигляд, масова частка основної речовини, нітрогену, води, загальної сірки, нерозчинних твердих домішок, вільної кислоти, заліза, хлору, важких металів, мікробіологічна чистота	Джерело асимільованого азоту в живильному середовищі
Калію фосфат однозаміщений	CAS 7778-77-0, Бельгія, паспорт постачальника	Зовнішній вигляд, масова частка P_2O_5 , K_2O , втрати при висушуванні, нерозчинні у воді речовини, мікробіологічна чистота	Буферний агент в живильному середовищі
Магнію сульфат	CAS 7487-88-9, Франція, паспорт постачальника	Чистота, масова частка $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, нерозчинних у воді речовин, нітратів, фосфатів, хлоридів, амонійних солей, заліза, кальція, мангану, миш'яку, важких металів, цинку, кислотність, лужність	Джерело іонів магнію в живильному середовищі
Вода очищена	ДФУ 2 вид., доп. 2, ст. 129	Опис, нітрати, вміст загального органічного вуглецю або речовини, що окиснюються, питома електропровідність, мікробіологічна чистота	Розчинник, основа середовища
2. Допоміжна сировина:			
Вода питна	ДСанПіН 2.2.4-171-10	Запах, смак, прозорість, жорсткість, мікробіологічні та хімічні показники безпечності	Для санітарної обробки обладнання
Водню пероксид	ОСТ 301-02-205-99, марка мед. ГОСТ 177-88, змін. №1, №3	Зовнішній вигляд, масова частка пероксиду водню.	Для приготування дезінфікуючого розчину
Мийні та дезінфекційні засоби	НТД виробника, дозвіл до застосування	Зовнішній вигляд, концентрація робочих розчинів, ефективність дезінфекції	Для санітарної обробки

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Спирт етиловий ректифікований	ДСТУ 4221:2003 «Вищої очистки»	Опис, колір, смак, запах, об'ємна частка етилового спирту.	Для приготування дезінфікуючого розчину
3. Матеріали:			
Вакуумні пакети	Сертифікат постачальника	Маркування, розміри	Для упаковки
Коробки картонні	Сертифікат постачальника	Маркування, розміри	Для упаковки
4. Проміжні продукти:			
Живильне середовище	Методика міжопераційного контролю	pH, стерильність	Стадія ТП 2
Посівний матеріал	Те ж	Відповідність ознакам штамів при мікроскопіюванні, відсутність сторонньої мікрофлори, концентрація клітин	Стадія ТП 3
Культуральна рідина	Те ж	Концентрація клітин, життєздатність клітин, концентрація етанолу, чистота культури	Стадія ТП 4
Концентрат і штамів <i>S. cerevisiae</i>	Те ж	Масова частка сухої речовини в концентраті, життєздатність клітин після концентрування, ефективність розділення	Стадія ТП 5
Закваска волога	Те ж	Вміст сухої речовини дріжджів в різних точках збірника, концентрація життєздатних клітин, життєздатність клітин	Стадія ТП 6
Закваска висушена	Те ж	Масова частка вологи, життєздатність клітин після регідратації, підйомна сила	Стадія ТП 7
Пакети з закваскою	Те ж	Маса нетто в одному пакеті, вологість, герметичність упаковки, якість маркування	Стадія ТП 8

2.3 Характеристика біологічного об'єкту

Біологічним об'єктом дослідження є дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae* — типовий представник еукаріотичних мікроорганізмів, який широко використовується в харчовій біотехнології як хлібопекарські дріжджі.

Морфологія. *S. cerevisiae* — це одноклітинний гриб, клітини овальної, еліпсоїдної або сферичної форми, розміром 5–10 мкм у діаметрі. Клітина оточена міцною багат шаровою клітинною стінкою, яка складається переважно з β -глюканів (50–60 %), маннопротеїнів (30–40 %) та хітину (1–3 %). Хітин локалізується переважно в рубцях брунькування.

Основний спосіб розмноження — брунькування. На материнській клітині утворюється брунька, яка збільшується в розмірі, після чого відбувається поділ ядра і відокремлення дочірньої клітини. На материнській клітині залишається характерний рубець брунькування (рис. 2.1). У несприятливих умовах (дефіцит поживних речовин) може утворювати псевдогіфи [2, 26].

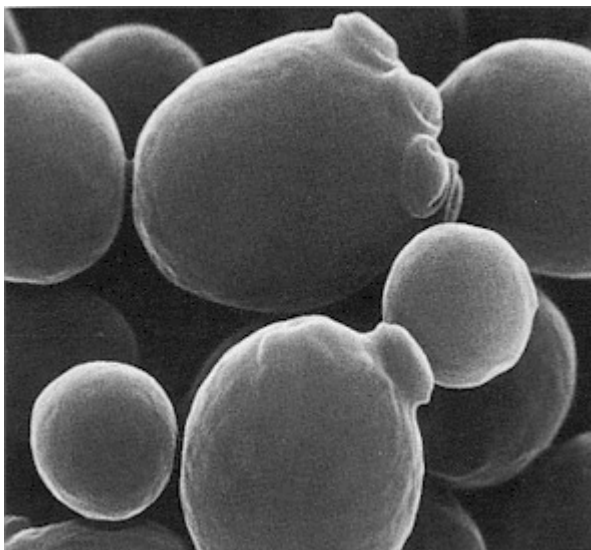


Рис. 2.1 Електронна мікрофотографія брунькуючих дріжджових клітин [2].

Фізіологія. *S. cerevisiae* є факультативним анаеробом. Оптимальна температура росту становить 28–32 °С (максимальна 40–45 °С для деяких штамів). Оптимальне значення рН середовища 4,5–5,5.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дріжджі добре ростуть на середовищах з простим вуглеводним джерелом (глюкоза, мальтоза, сахароза, трегалоза). Не здатні утилізувати лактозу та целобіозу. Потребують джерел азоту (амонійні солі, амінокислоти, сечовина), фосфору, сірки, калію, магнію, заліза та вітамінів (біотин, пантотенова кислота). Важливою фізіологічною особливістю є ефект Кребтрі: навіть в аеробних умовах при високій концентрації глюкози віддають перевагу бродінню з утворенням етанолу та CO₂, а не диханню [2, 26].

Біохімічні властивості. *S. cerevisiae* характеризується високою бродильною активністю. У процесі анаеробного метаболізму (алкогольне бродіння) глюкоза перетворюється на етанол і вуглекислий газ за рівнянням:



У аеробних умовах відбувається повне окиснення субстрату до CO₂ та H₂O з утворенням значної кількості біомаси.

Дріжджі синтезують низку важливих ферментів: інвертазу, мальтазу, зімазу, гексокіназу тощо. Вони здатні накопичувати трегалозу як запасну речовину та фактор стійкості до осмотичного та температурного стресу. Під час бродіння утворюють вторинні метаболіти (вищі спирти, естери, альдегіди), які формують ароматичний профіль готових виробів [2, 26].

Розробка високоефективної сухої закваски для кондитерських виробів тривалого зберігання базується на раціональному підборі штамів *Saccharomyces cerevisiae*, що забезпечують синергетичний ефект життєздатності, функціональної активності та стабільності протягом 12–18 місяців.

Комбінована закваска формується з двох штамів *S. cerevisiae* — X-12 (колекція Інституту біології клітини НАН України) та «Львівські» (Enzym Group), що гарантує стабільність постачання та відповідність українським стандартам виробництва.

Штам X-12 характеризується високою газоутворювальною активністю (підйомна сила 28–32 хв у стандартному тесті), середньою осмостійкістю (толерантність до 20–25% сахарози), що є критичним для кондитерських

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

виробів з високим вмістом цукру, та вираженим ароматичним профілем (синтез естерів ізоамілацетату, гераніолу та вищих спиртів). Обґрунтування: у дозах 0,1–0,5% від маси борошна штаб забезпечує м'яку пористість структури кексів, пряників та бісквітів без надмірного здуття, зберігаючи при цьому тонкий дріжджовий аромат після тривалого зберігання. Штаб добре адаптований до мелясних середовищ, має стабільну життєздатність після сушіння [2, 26].

Штаб «Львівські» від Enzym Group доповнює технологічні властивості стабільною підйомною силою (25–35 хв), адаптацією до мелясних та крохмальних середовищ, високою репродуктивною активністю та промисловою надійністю. Цей штаб відібраний для безперервних ферментаційних циклів, що мінімізує варіабельність партій.

Для максимізації стабільності запропоновано співвідношення 1:1. Обґрунтування: біотехнологічний синергізм проявляється у підвищеній осмо- та термостійкості (витримка 40–50 хв при 38–42 °С під час випікання), збереженні мальтазної активності після дегідратації ($\geq 85\%$), а також стабільному синтезі ароматичних сполук. Така комбінація перевершатиме монокультури орієнтовно на 15–20% за комплексним показником якості [2, 3, 21, 25, 26].

Висновок до розділу 2:

У розділі 2 наведено комплексну характеристику готового продукту — сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro», її сировини, матеріалів та біологічного об'єкта. Визначено оптимальний склад продукту, нормативні вимоги до якості, основні фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники. Детально охарактеризовано штами *S. cerevisiae* X-12 та «Львівські» як біологічний об'єкт.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок матеріального балансу

Таблиця 3.1 – Матеріальний баланс серії виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г.

Найменування	Вміст осн. речовини, % Волога, %	Витрачено та отримано				
		Маса, кг			Об'єм, л	Кількість, шт
		загальна	Основної речовини	Кг/моль		
1	2	3	4	5	6	7
Витрачено на стадії ДР 3. Приготування живильних середовищ						
<i>А. Сировини:</i>						
Бурякова меляса	50 (розведення 1:1)	6 429,0	3 214,5			
Кукурудзяний екстракт (концентрований)	100	132,9	132,9			
Амонію сульфат ((NH ₄) ₂ SO ₄)	99, вол. 0,2	77,3	76,5			
Калій фосфат однозаміщений (KH ₂ PO ₄)	99, вол. 0,2	43,3	42,9			
Магнію сульфат (MgSO ₄ ·7H ₂ O)	99, вол. 1	11,3	11,1			
Вода очищена		14 736,2	17952,1		До 21 430	
Всього:		21 430,0	21 430,0		21 430	
Отримано на стадії ДР 3						
<i>Б. Напівпродуктів:</i>						
Живильне середовище, в т.ч.		21 000,0	21 000,0		21 000,0	
- бурякова меляса	50 (розведення 1:1)		3150,0			
- кукурудзяний екстракт (концентрований)	100		130,0			

1	2	3	4	5	6	7
Витрачено на стадії ТП 4. Роздільна ферментація штамів.						
<i>Б. Нанівпродуктів:</i>						
Живильне середовище		20000,0			20000,0	
Посівний матеріал <i>S. cerevisiae</i> X-12		500,0			500,0	
Посівний матеріал <i>S. cerevisiae</i> «Львівські»		500,0			500,0	
Всього:		21000,0			21000,0	
Отримано на стадії ТП 4						
<i>Б. Нанівпродуктів:</i>						
Культуральна рідина <i>S. cerevisiae</i> X-12		9920,0				
Культуральна рідина <i>S. cerevisiae</i> «Львівські»		9920,0				
<i>В. Відходів:</i>						
<i>Г. Втрат: 5,5%</i>						
Випаровування при аерації	2%	420				
Залишки в трубопроводах і арматурі	1,5%	320				
Втрати при піногасінні	1%	210				
Залишки на поверхнях ферментера	1%	210				
Всього:		21000,0			21000,0	
Витрачено на стадії ТП 5. Концентрування біомаси						
<i>Б. Нанівпродуктів:</i>						
Культуральна рідина <i>S. cerevisiae</i> X-12		9920,0				
Культуральна рідина <i>S. cerevisiae</i> «Львівські»		9920,0				
Всього:		19840,0				
Отримано на стадії ТП 5						
<i>Б. Нанівпродуктів:</i>						
Дріжджовий концентрат <i>S. cerevisiae</i> X-12 (біомаса)		763,0				
Дріжджовий концентрат <i>S. cerevisiae</i> «Львівські» (біомаса)		763,0				
<i>В. Відходів:</i>						
<i>Г. Втрат:</i>						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

1	2	3	4	5	6	7
Культуральна рідина		18195,0				
Технологічні (залишки на обладнанні, піноутворення)		119,0				
Всього:		19840,0				
Витрачено на стадії ТП 6. Приготування закваски з захисними агентами						
<i>Б. Напівпродуктів:</i>						
Дріжджовий концентрат <i>S. cerevisiae</i> X-12 (біомаса)		763,0				
Дріжджовий концентрат <i>S. cerevisiae</i> «Львівські» (біомаса)		763,0				
<i>А. Сировини:</i>						
Трегалоза		24,4				
Інулін		12,2				
Всього:		1562,6				
Отримано на стадії ТП 7						
<i>Б. Напівпродуктів:</i>						
Закваска волога		1546,0				
<i>В. Відходів:</i>						
<i>Г. Втрат:</i>						
Технологічні		16,6				
Всього:		1562,6				
Витрачено на стадії ТП 7. Ліофільне висушування закваски						
<i>Б. Напівпродуктів:</i>						
Закваска волога		1546,0				
Всього:		1546,0				
Отримано на стадії ТП 7						
<i>Б. Напівпродуктів:</i>						
Закваска висушена		304,5				
<i>В. Відходів:</i>						
<i>Г. Втрат:</i>						
Волога (випаровування)		1232,2				
Технологічні (механічні, пил)		9,3				
Всього:		1546,0				
Витрачено на стадії ПМВ 8. Фасування та пакування готового продукту						
<i>Б. Напівпродуктів:</i>						
Закваска висушена		304,5				
<i>В. Матеріалів:</i>						

їх заповнення, а пакувального автомата — на його погодинній продуктивності та часі роботи протягом зміни [35].

3.2.1 Ваги електронні КП 6 та КП 7

Оскільки для приготування однієї партії живильного середовища об'ємом 21 430 л потрібно відмірювати як багатотонні об'єми сировини, так і порівняно невеликі наважки солей, використовувати одні ваги технологічно неможливо. Для забезпечення точності процес розділили між двома апаратами:

Ваги КП 6 марки «ЗЕВС ВПЕ Економ МВ6» призначені для зважування бурякової меляси, маса якої на серію становить 3 214,5 кг, в розведенні 1:1 – 6 420,0 кг. Для цього безпосередньо під гвинтовий насос Н 9 встановили промислові платформні тензометричні ваги з найбільшою границею зважування (НГЗ) 5000 кг та дискретністю 1,0 кг. Це дозволяє точно дозувати мелясу під час її перекачування з бункера.

Ваги КП марки 74BDU300-Б-1010 використовуються для точного відважування сухих компонентів середовища та захисних агентів. Маса наважок становить:

- Кукурудзяний екстракт - 132,9 кг;
- Амонію сульфат - 77,3 кг;
- Калію фосфат однозаміщений - 43,3 кг;
- Магнію сульфат - 11,3 кг;
- Трегалоза - 24,4 кг;
- Інулін - 12,2 кг.

Для цих речовин обрано платформні ваги з меншою межею НГЗ (300 кг) та високою точністю (дискретність 10 г), щоб уникнути похибок при дозуванні мікрокомпонентів.

Отже, комплектація дільниці двома типами ваг (КП 6 для великотоннажної меляси та КП 7 для сухих компонентів і захисних агентів) повністю задовольняє вимоги технологічного процесу щодо точності та швидкості зважування компонентів.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

3.2.2 Реактор приготування та стерилізації живильного середовища Р 8

У цьому апараті готують та стерилізують *in-situ* живильне середовище. Об'єм рідкої суміші перед тепловою обробкою (з урахуванням майбутнього випаровування води під час стерилізації) становить

$$V = 21\,430 \text{ л або } 21,43 \text{ м}^3.$$

Для апаратів періодичної дії розрахункова місткість ємності ($V_{\text{заг}}$) визначається через фактичний об'єм середовища (V) та нормативний коефіцієнт заповнення ($K_{\text{зан}}$), який для реакторів-змішувачів під час стерилізації та кипіння має становити не більше 0,75–0,85:

$$V_{\text{заг}} = V / K_{\text{зан}} = 21430 / 0,85 = 25\,211 \text{ л} = 25,2 \text{ м}^3$$

Орієнтуючись на стандартний ряд біотехнологічного обладнання, вибираємо один реактор марки РС-25 (за схемою Р 8) із номінальним загальним об'ємом 25 м³ (25 000 л), який укомплектований якірною мішалкою та паровою сорочкою.

Перевіримо фактичний коефіцієнт заповнення для обраної ємності:

$$K_{\text{зан}} = V / V_{\text{заг}} = 0,86$$

Таке незначне відхилення від середнього нормативу є цілком припустимим для стадії приготування та стерилізації середовищ у промислових умовах.

Отже, місткість та конструктивні характеристики реактора Р 8 об'ємом 25 м³ дозволяють ефективно готувати та стерилізувати необхідну кількість живильного середовища для однієї виробничої серії.

3.2.3 Засівний апарат Р 15 (IV генерація посівного матеріалу)

Для вирощування IV генерації чистих культур використовуються наявні на ділянці два засівні апарати Р 15 марки ЗА-750, кожний із загальним об'ємом 750 л та номінальним робочим об'ємом 500 л. Дріжджі *S. cerevisiae* штамів Х-12 та «Львівські» вирощують окремо, тому розрахунок робимо для одного такого апарату.

У ємність заливають 500 л стерильного середовища і додають 25 л маточної культури III генерації (що відповідає стандартному 5% засеву).

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Разом об'єм рідини в апараті становить:

$$500 + 25 = 525 \text{ л}$$

Розрахуємо, яким буде коефіцієнт заповнення апарату Р 15 під час роботи:

$$K_{\text{зан.факт}} = 525 / 750 = 0,70 \text{ (або 70 \%)}$$

Для мікробіологічних процесів, де рідина постійно продувається повітрям (інтенсивність аерації тут складає 0,8–1,0 VVM), заповнення на 70% є оптимальним. Залишається 30% вільного простору (сепараційна зона), що захищає від захлинання лінії та винесення піни. Тобто апарат Р 15 повністю підходить.

Отже, об'єм наявних на підприємстві двох засівних апаратів Р 15 є цілком достатнім для роздільного одержання необхідної кількості посівного матеріалу IV генерації для обох штамів.

3.2.4 Ферментер Р 17 (Основна ферментація)

Головне культивування біомаси обох штамів відбувається паралельно у двох окремих ферментерах Р 17. Кожен апарат має загальну місткість 15 м^3 і розрахований на робочий об'єм середовища 10 м^3 .

Перед початком процесу в апарат подають 10 м^3 (10 000 л) стерильного середовища та вносять 500 л вирощеного посівного матеріалу IV генерації (5% від об'єму). Загальна кількість рідини на старті ферментації:

$$V = 10000 + 500 = 10500 \text{ л} = 10,5 \text{ м}^3$$

Враховуючи високий рівень подачі повітря на стадії промислової біоферментації (аерація 1,0–1,2 VVM) та ризик значного піноутворення дріжджів, коефіцієнт заповнення апарату має бути в межах $K_{\text{зан}} = 0,60\text{--}0,70$. Розрахуємо необхідну повну місткість ферментера:

$$V_{\phi} = V / K_{\text{зан}} = 10,5 / 0,70 = 15,0 \text{ м}^3$$

Обрано два промислові ферментери марки FJG 15000L (з схемою Р 17) загальним об'ємом 15 м^3 кожен. Фактичний коефіцієнт заповнення становить:

$$K_{\text{зан.факт}} = 10,5 / 15,0 = 0,70 \text{ (або 70\%)}$$

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Отже, параметри та об'єми двох ферментерів Р 17 повністю відповідають вимогам стадії основного аеробного культивування біомаси штамів Х-12 та «Львівські».

3.2.5 Фасувно-паковна машина ГФ 28

Стадія пакування готової сухої закваски є періодично-дискретною операцією. Закваска дозується шнеком у вакуумні пакети по 0,5 кг. Виходячи з об'єму висушеної готової продукції, вага сухої речовини з однієї серії становить 300 кг.

Знайдемо, скільки всього пакетів виходить за одну партію ($M_{зм}$):

$$M_{зм} = 300 \text{ кг} / 0,5 \text{ кг/пакет} = 600 \text{ пакетів}$$

Для розрахунку обладнання безперервної дії (автомат фасування) визначимо необхідну кількість одиниць (N) за формулою [35]:

$$N = M_{зм} / (T_{\text{еф.р}} \times m) \quad (3.1)$$

де:

$M_{зм} = 600$ шт (кількість пакетів);

$T_{\text{еф.р}} = 2,0$ год (чистий закладений час на роботу автомата, щоб сухий гігроскопічний порошок не натягував вологу з повітря);

m — технічна швидкість роботи машини (приймаємо для шнекового дозатора з вакуумуванням швидкість 15 пакетів на хвилину, що дає $15 \times 60 = 900$ пакетів/год).

Проведемо розрахунок:

$$N = 600 / (2,0 \times 900) = 600 / 1800 = 0,33 \text{ од.}$$

Оскільки розрахункове значення менше одиниці ($0,33 \leq 1$), встановлюємо 1 одиницю фасувно-пакової машини ГФ 28.

Тепер порахуємо точний час (T_p), який машина витратить безпосередньо на фасування цих 600 пакетів [35]:

$$T_p = M_{зм} / (m \times n) \quad (3.2)$$

$T_p = 600 / (900 \times 1) = 0,67$ год (або 40 хвилин)

Визначимо коефіцієнт ефективності використання фасувального автомата ($K_{\text{еф.вик}}$) з урахуванням часу на підготовчо-заготівельні роботи,

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ				

санітарну обробку та налаштування датчиків вакуумування ($T_{н.з} = 1,5$ год) за умови 8-годинної робочої зміни ($T_{зм} = 8$ год) [35]:

$$K_{\text{еф.вик}} = (T_p + T_{н.з}) / T_{зм} \quad (3.3)$$

$$K_{\text{еф.вик}} = (0,67 + 1,5) / 8 = 0,27$$

Отже, продуктивність фасувально-пакової машини ГФ 28 марки DXDF-500A дозволяє оперативно та герметично упакувати всю партію сухого продукту під вакуумом всього за 40 хвилин чистого часу, виключаючи ризик зволоження сухої закваски.

Таким чином, на основі виконаних технологічних розрахунків, розрахунку матеріального балансу партії готової продукції (300 кг сухої закваски на зміну) та аналізу технічних характеристик апаратів обґрунтовано вибір і придатність основного обладнання для лінії виробництва «DuoLeaven Pro».

Проведені розрахунки коефіцієнтів заповнення для ємнісних апаратів :

- Реактор Р 8 — $K_{\text{зап}} = 0,857$
- Засівні апарати Р 15 — $K_{\text{зап}} = 0,70$
- Ферментери Р 17 — $K_{\text{зап}} = 0,70$

підтвердили їх повну відповідність галузевим стандартам біотехнологічних і мікробіологічних виробництв, що гарантує стабільне протікання процесів приготування середовищ та аеробного вирощування дріжджової біомаси без піновиносу. Розрахунок роботи пакувального обладнання показав, що однієї фасувально-пакової машини ГФ 28 із технічною швидкістю 15 пакетів/хв цілком достатньо для фасування серії (коефіцієнт ефективного використання складає 0,27), при цьому чистий час пакування не перевищує 40 хвилин, що захищає гігроскопічний готовий продукт від контакту з навколишнім повітрям. Створена схема та підібране обладнання забезпечують надійне, безпечне і високопродуктивне функціонування всієї технологічної лінії.

									162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						41

3.2.6. Розрахунок основного апарату – сублиматора моделі Zirbus Sublimator 1500.

В технологічному процесі передбачено висушування вологої закваски методом ліофілізації. Для підбору моделі установки користувались вихідними даними:

- кількість закваски з захисними агентами, що надходить на сушку 1540 кг,
- масова частка сухої речовини в вологій заквасці: $\approx 19,6\%$,
- очікувана маса сухої закваски після сушіння: 304,5 кг,
- кінцева масова частка вологи в готовому продукті: 5,0 %.

Розрахуємо масу води, яка буде випарована при сушінні:

Маса сухої речовини в готовому продукті:

$$304,5 \text{ кг} \times (100\% - 5\%) = 304,5 \times 0,95 = 289,275 \text{ кг}$$

Маса води, що залишилася в готовому продукті:

$$304,5 \text{ кг} - 289,275 \text{ кг} = 15,225 \text{ кг}$$

Маса води, що видаляється під час сушіння:

$$1540 \text{ кг} - 304,5 \text{ кг} = 1235,5 \text{ кг}.$$

Отже, після змішування дріжджового концентрату з трегалозою та інуліном у суміші міститься приблизно 1235 кг води, яка підлягає видаленню при сублимації. Для ефективного сушіння потрібна установка, здатна видаляти 1200–1300 кг вологи за цикл.

Розрахуємо необхідну площу та кількість піддонів:

Рекомендована товщина шару продукту 12 мм (0,012 м).

Густина вологої закваски ≈ 1 кг/л (приймаємо для розрахунку).

Об'єм вологої суміші: 1540 кг \approx 1540 літрів = 1,54 м³.

Розрахунок необхідної площі робимо за формулою:

$$\text{Площа} = \text{Об'єм} / \text{Товщина шару} = 1,54 \text{ м}^3 / 0,012 \text{ м} = 128,33 \text{ м}^2.$$

При розмірі стандартного піддона 600 × 800 мм площа одного піддона становить 0,48 м².

$$\text{Кількість піддонів} = 128,33 \text{ м}^2 / 0,48 \text{ м}^2 \approx 267 \text{ піддонів}.$$

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

За оглядом пропозицій ринку запропоновано встановити на ділянці промисловий субліматор Zirbus Sublimator 1500 виробництва компанії «Zirbus technology GmbH» (Німеччина), який має корисну площу полиць 150 м², що дозволяє розмістити \approx 312 піддонів (600 × 800 мм), має продуктивність 1200–1800 кг вологої продукції за цикл.

Це забезпечує необхідну продуктивність і відповідає об'єму серії.

Отже, субліматор Zirbus Sublimator 1500 є оптимальним для сушіння 1540 кг вологої закваски з отриманням 304,5 кг сухого продукту «DuoLeaven Pro».

Технічні характеристики субліматора моделі Zirbus Sublimator 1500:

- корисна площа полиць, м² 150
- продуктивність за цикл: 1200–1800 кг вологої продукції
- кількість полиць, шт.: 19–21
- розмір піддону, мм: 600x800
- робочий вакуум, Па 1–8
- температура полиць, °С: від –60 (заморожування) до +80 (вторинне сушіння)
- температура конденсатора, °С: до –85
- потужність холодильної установки, кВт: 2×45–60
- габаритні розміри, мм: 8500× 2700×3500.

Загальний вигляд субліматора наведено на рис. 3.1.

Таблиця 3.2 - Перелік складових частин субліматора моделі Zirbus Sublimator 1500

Фор	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
			1	Камера субліматора	1	
			2	Люк завантаження-вивантаження	1	
			3	Оглядове вікно	2	
			4	Технічний блок	1	
			5	Корпус субліматора	1	

3.3 Опис технологічного процесу

Технологічний процес виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г складається зі стадій:

- ДР 1. Санітарна підготовка виробництва.
- ТП 2. Приготування живильного середовища.
- ТП 3. Отримання посівного матеріалу.
- ТП 4. Роздільна ферментація штамів.
- ТП 5. Концентрування біомаси.
- ТП 6. Приготування закваски з захисними агентами.
- ТП 7. Ліофільне висушування закваски.
- ПМВ 8. Фасування, маркування та упаковка готового продукту.

Стадія ДР 1. Санітарна підготовка виробництва.

Санітарна підготовка виробництва є першою і однією з найважливіших стадій технологічного процесу. Вона спрямована на забезпечення мікробіологічної чистоти виробничих приміщень, обладнання та персоналу відповідно до вимог GMP (Good Manufacturing Practice) та принципів HACCP [22, 34].

Підготовка проводиться перед кожним технологічним циклом і включає підготовку повітря, приміщень, обладнання та персоналу.

Підготовка повітря.

Повітря, яке подається у виробничі приміщення, проходить багатоступеневу фільтрацію. Використовуються грубі, тонкі та HEPA-фільтри (H13–H14), які забезпечують затримку частинок розміром від 0,3 мкм. У чистих зонах (ферментація та фасування) підтримується позитивний надлишковий тиск (10–20 Па) для запобігання надходженню неочищеного повітря. Клас чистоти повітря в зонах, де відбувається відкрита робота з культуральною рідиною (ферментація, концентрування біомаси) - не нижче ISO 7 (Клас С), у менш критичних зонах (підготовка середовища, фасування в

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

закритій упаковці тощо) — ISO 8 (Клас D). Контролюють забруднення повітря механічними частинками та мікробну контамінацію повітря. (К 1.1)

Підготовка приміщень.

Виконується вологе прибирання з використанням мийних та дезінфікуючих засобів, дозволених у харчовому виробництві. Особлива увага приділяється «критичним зонам» — ферментаційному цеху, зоні ліофілізації та фасувальній дільниці. Проводиться обробка стін, підлоги, стель та повітроводів. Контролюють мікробіологічну чистоту поверхонь виробничих приміщень (К 1.2).

Підготовка обладнання.

Усе технологічне обладнання (ферментери, реактори-змішувачі, центрифуги, сублимаційні установки, фасувальні автомати) піддається розбиранню (за необхідності), механічному очищенню, миттю та дезінфекції. Після дезінфекції проводиться контрольна промивка стерильною водою. Контролюють залишкові концентрації дезінфектантів на внутрішніх поверхнях.

Стерилізують паром під тиском (121 °С, 0,11 МПа). Контролюють мікробіологічну чистоту технологічного обладнання та інвентарю (К 1.3).

Підготовка персоналу.

Працівники проходять санітарну обробку, одягають чистий спеціальний одяг (комбінезони, шапочки, маски, рукавички, бахіли). Проводиться інструктаж з дотримання санітарно-гігієнічних норм. Контролюють чистоту рук (рукавичок) персоналу, що працює у виробничих приміщеннях (К 1.4).

Проводять також контроль мікробної контамінації технологічного одягу працівників «чистих приміщень» (К 1.5).

Усі роботи з санітарної підготовки обов'язково документуються в Журналі санітарної обробки обладнання та Журналі прибирання приміщень відповідно до вимог НАССР. Виконання стадії фіксується в технологічному паспорті партії. Лише після отримання позитивних результатів контролю санітарної підготовки дозволяється перехід до стадії ДР 2.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Стадія ТП 2. Отримання живильного середовища.

Операція ТП 2.1. Приготування живильного середовища.

Перед початком стадії проводиться вхідний контроль сировини відповідно до вимог НАССР. Перевіряється наявність супровідних документів (сертифікат якості, декларація відповідності, протокол аналізу), відповідність фізико-хімічних та мікробіологічних показників нормативним вимогам. Сировина, що пройшла вхідний контроль, отримує дозвіл до використання у виробництві, про що робиться відмітка в журналі вхідного контролю (К 2.1.1).

Всі компоненти живильного середовища надходять на ділянку приготування живильного середовища зі складу, окрім меляси. Меляса перед використанням має бути підготована. Сира бурякова меляса зазвичай має рН 6,5–8,5 (лужна). Оптимальний рН для росту *Saccharomyces cerevisiae* становить 4,8–5,2. Якщо рН розбавленої меляси буде нижче 5,0 — існує ризик часткового гідролізу цукрів і утворення інгібіторів росту. Якщо рН вище 7,0 — створюються сприятливі умови для розвитку сторонньої мікрофлори до стерилізації.

На ділянці підготовки меляси її розбавляють очищеною водою у співвідношенні 1:1, нагрівають до 55 ± 5 °С, перемішують і фільтрують для видалення механічних домішок. Контролюють вміст редуруючих речовин (48–52 %), рН (5,5–6,5) та відсутність сторонніх включень (К 2.1.2).

На одну партію 300 кг сухої закваски «DuoLeaven Pro» необхідно приготувати 21 000 л стерильного живильного середовища, з яких 20 000 л — для основної ферментації та 1 000 л — для отримання посівного матеріалу. З урахуванням втрат при приготуванні та стерилізації середовища (випаровування, залишки в трубопроводах, реакторі тощо, близько 2%) необхідно збільшити кількість сировини на об'єм 21 430 л.

Технолог або майстер зміни розраховує кількість кожного виду сировини в 100% численні та фактичну масу (з урахуванням вмісту основної речовини та вологи). Результати наведено в табл. 3.3.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 3.3 – Склад живильного середовища

Компонент	На 1 л, г	На 21 430 л, кг (теоретична маса)	Масова частка, %
Бурякова меляса (редуючі речовини 48–52 %)	150	3 214,5	15,0
Кукурудзяний екстракт (концентрований)	6,2	132,9	0,62
Амонію сульфат ((NH ₄) ₂ SO ₄)	3,57	76,5	0,36
Калій фосфат однозаміщений (KH ₂ PO ₄)	2,0	42,9	0,20
Магнію сульфат (MgSO ₄ ·7H ₂ O)	0,52	11,1	0,05
Вода очищена	—	до 21 430 л	—
Всього	—	21 430	100

Зважування компонентів виконують у маркованих ємностях (поліетиленових бочках та нержавіючих збірниках 3 1 – 3 5). Мелясу зважують на вагах КП 6. Інші компоненти — на вагах КП 7.

У реактор для приготування середовища Р 8 з паровою сорочкою та якірною мішалкою завантажують 17 000 л води очищеної з ділянки водопідготовки. Вмикають мішалку (60–80 об/хв) і нагрівають до 45±5 °С (К 2.1.3).

Мелясу подають у реактор гвинтовим насосом Н 9 через лічильник рідини. Решту компонентів завантажують через верхній люк реактора. Контролюють вагу компонентів (К 2.1.4).

Після завантаження всіх компонентів перемішують 25–30 хвилин до повної однорідності, доводять об'єм до 21 430 л і коригують рН до 4,8–5,2 кислотою фосфорною або розчином аміаку (К 2.1.5).

Операція ТП 2.2. Стерилізація живильного середовища.

Середовище стерилізують безпосередньо в цьому ж реакторі Р 8 (in-situ) при температурі 121 °С і тиску 0,11 МПа протягом 25 хвилин. Після стерилізації охолоджують до 30±2 °С подачею розсолу у сорочку реактора (К 2.2.1).

Контролюють стерильність середовища (К 2.2.2).

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ				

орбітальному шейкері ГФ 13 при 30 ± 1 °С та 180–200 об/хв протягом 16–20 годин. Отримують 1,25 л культури кожного штаму (К 3.2.1).

Контроль: рН 4,6–5,0, концентрація клітин $8\text{--}12 \times 10^8$ КУО/мл, чистота культури (К 3.2.2).

ТП 3.3. Отримання III генерації посівного матеріалу.

Культуру генерації II (1,25 л) використовують для засіву одного інокулятора Р 14 об'ємом 50 л (робочий об'єм 25 л середовища). Засів становить 5 %. Культивування проводять при температурі 30 ± 1 °С, аерації 1,0–1,5 VVM, рН 4,8–5,2 (автоматична корекція) протягом 12–14 годин. Отримують 25 л культури кожного штаму (К 3.3.1).

Контроль: концентрація клітин не менше $1,2 \times 10^9$ КУО/мл, відсутність контамінації (К 3.3.2).

ТП 3.4. Отримання IV генерації посівного матеріалу.

Культури генерації III кожного штаму (по 25 л) використовують для засіву засівних апаратів Р 15 об'ємом 750 л (робочий об'єм 500 л середовища). Засів становить 5 %. Культивування проводять при 30 ± 1 °С, аерації 0,8–1,0 VVM, рН 4,8–5,2 протягом 10–12 годин (К 3.4.1) до концентрації $1,5\text{--}2,0 \times 10^9$ КУО/мл (К 3.4.2). Отримують по 500 л посівного матеріалу генерації IV кожного штаму (загальний об'єм — 1000 л).

Готовий посівний матеріал обох штамів передають насосом Н 16 на стадію ТП 4 для внесення в основний ферментер.

Стадія ТП 4. Роздільна ферментація штамів.

Стадія є ключовою в технологічному процесі і передбачає нарощування біомаси штамів *S. cerevisiae* X-12 та «Львівські» в умовах глибинного аеробного культивування. Культивування штамів проводиться роздільно в двох ферментерах, оскільки ці штами мають трохи різні фізіологічні особливості (швидкість росту, осмотійкість, вимоги до аерації). Окреме культивування дозволяє точніше контролювати їхнє співвідношення 1:1 у готовому продукті, знижує ризик конкурентної взаємодії між штамми. Такий

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

спосіб відповідає класичній промисловій практиці виробництва комбінованих дріжджових заквасок.

Для забезпечення загального об'єму 20 000 л культуральної рідини використовують два ферментери по 15 м³ (робочий об'єм по 10 000 л кожен).

У кожен з двох ферментерів Р 17 завантажують по 10 000 л стерильного живильного середовища, підготовленого на стадії ТП 2.

У перший ферментер Р 17 вносять 500 л посівного матеріалу генерації IV штаму Х-12 (засів 5 %). У другий ферментер вносять 500 л посівного матеріалу генерації IV штаму «Львівські» (засів 5 %) (К 4.1.1).

Умови культивування (однакові для обох штамів): температура: 30±1 °С, рН: 4,8–5,2 (автоматична корекція 10% розчином амонію гідроксиду або фосфорної кислоти), аерація: 1,0–1,2 VVM (об'єм повітря на об'єм середовища за хвилину), розчинений кисень (DO) — не нижче 20–30 % від насичення; надлишковий тиск у ферментері: 0,02–0,05 МПа, тривалість культивування: 14–18 годин (до кінця експоненціальної фази та початку стаціонарної) (К 4.1.2)

Контрольні точки для проміжного продукту (К 4.1.3):

- концентрація клітин (кінцева має бути 14–16 г/л сухої біомаси);
- життєздатність клітин (>95 %);
- концентрація етанолу (не більше 0,5–1,0 %);
- чистота культури - відсутність контамінації сторонньою мікрофлорою.

Отримують по 9920 л зрілої культуральної рідини в кожному ферментері Р 17.

Після закінчення культивування культуральну рідину охолоджують до 10–12 °С за допомогою охолоджуючого змішувача та сорочки ферментера Р 17 (К 4.1.4). Охолодження необхідне для пригнічення метаболізму дріжджів, збереження їх життєздатності та запобігання автолізу перед стадією концентрування.

Усі параметри процесу (температура, рН, аерація, DO, час культивування) фіксуються в технологічному журналі ферментації. Після

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

завершення стадії оформлюється протокол серії, в якому вказують дату та час культивування, використані штами і середовища, ключові параметри процесу, зазначаються фактичні показники культури (концентрація біомаси, життєздатність, чистота). Перехід на наступну стадію дозволяється тільки після затвердження результатів лабораторією.

За допомогою насосу Н 18 вміст ферментерів Р 17 передають на Стадію ТП 5. Концентрування біомаси.

Стадія ТП 5. Концентрування біомаси.

На стадії здійснюється виділення біомаси дріжджів з культуральної рідини та отримання дріжджового концентрату (крема) з вмістом сухої речовини 18–22 % для подальшого змішування із захисними агентами та ліофілізації.

Охолоджену до 10–12 °С культуральну рідину (по 9 920 л з кожного ферментера) насосом Н 18 подають на сепараторну центрифугу ГФ 19.

Концентрування культуральної рідини проводять на одному сепараторі ГФ 19 у дві стадії. Спочатку обробляють культуральну рідину штаму X-12, потім — після повного СІР-миття сепаратора — культуральну рідину штаму «Львівські». Така послідовність виключає можливість перехресного забруднення між штамами.

Кожну суспензію пропускають через сепаратор двічі:

Перший прохід — попереднє концентрування до 8–12 % сухої речовини;

Другий прохід — фінальне концентрування до 18–22 % сухої речовини.

Режим центрифугування контролюють за параметрами: температура культуральної рідини 10–12 °С, частота обертання ротора 4500–5500 об/хв, фактор розділення 8000–12000 g, температура концентрату на виході (не вище 15 °С), (К 5.1.1).

Культуральна рідина концентрується у 12–14 разів. При середній концентрації біомаси після ферментації 15 г/л сухої речовини отримують дріжджовий концентрат з масовою часткою сухої речовини 18–22 % (180–

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Вмикають мішалку (25–35 об/хв). При безперервному перемішуванні поступово вносять наважку трегалози 24,4 кг та інуліну 12,2 кг. Перемішування проводять протягом 30–40 хвилин до отримання однорідної маси (візуально). Вагу маси контролюють за допомогою тензOMETричного датчику збірника З 24 (К 6.1.3).

Після завершення перемішування проводять контроль якості вологої закваски за показниками: вміст сухої речовини дріжджів в різних точках збірника 18–22 %, концентрація життєздатних клітин не менше $1,8 \times 10^{10}$ КУО/г, життєздатність клітин — не нижче 94–96 %, рН 4,7–5,1 (К 6.1.4).

Отриману вологу закваску направляють на стадію ТП 7 Ліофільне висушування закваски.

Стадія ТП 7. Ліофільне висушування закваски.

На стадії відбувається видалення вологи з дріжджової суміші з захисними агентами методом сублімаційного сушіння (ліофілізації). Цей метод забезпечує високу виживаність клітин дріжджів (не менше 90–95 %) та стабільність готового продукту протягом тривалого зберігання.

Операція ТП 7.1. Розлив закваски на піддони.

Вологу закваску з захисними агентами зі збірника З 24 (температура 8–12 °С) подають через стерильний трубопровід на розливну станцію ГФ 25, розташовану в чистій зоні (клас В). Піддони заповнюють рівномірним шаром 10–15 мм. Заповнені піддони транспортують у камеру субліматора Х 26 (К 7.1.1).

Операція ТП 7.2. Висушування.

Процес висушування включає 3 етапи: заморожування, первинне сушіння (сублімація) та вторинне висушування (десорбція).

Заморожування. Піддони з продуктом в камері субліматора Х 26 охолоджують до температури (–45)–(–50) °С зі швидкістю 1–2 °С/хв. (К 7.2.1). Волога заморожується навколо клітин, переходить в стан льоду.

Первинне сушіння. У камері створюють вакуум 1–8 Па. Температуру полиць поступово підвищують та підтримують у межах (–15)–(–20) °С.

										Арк.
										54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Тривалість первинного сушіння становить 24–36 год. (К 7.2.2). Вільна волога видаляється шляхом безпосереднього переходу льоду в пару, яка надходить в конденсатор.

Вторинне сушіння. Після видалення вільної вологи температуру полиць підвищують до 25-30 °С. Тривалість вторинного сушіння 8–12 год. (К 7.2.3).

Загальна тривалість циклу сушіння: 36–52 години.

У висушеній заквасці контролюють масову частку вологи (4,0–6,0 %), життєздатність клітин після регідратації (не менше 90 %), підйомну силу (25–30 хв) (К 7.2.4).

Усі параметри циклу сушіння автоматично реєструються системою керування субліматора та дублюються в технологічному журналі ліофілізації і паспорті партії.

Після завершення циклу ліофілізації висушену закваску вивантажують з піддонів у проміжні збірники сухого продукту З 27 з конічним днищем для полегшення вивантаження сипучого продукту. Сухий продукт має крихку структуру і легко розламується на частинки розміром 0,5–3 мм при вивантаженні та фасуванні. Додаткове механічне подрібнення не проводиться. Висушену закваску передають на стадію ТП 8 Фасування, маркування та упаковка готового продукту.

Стадія ПМВ 8. Фасування, маркування та упаковка готового продукту.

Стадія є заключною в технологічному процесі і призначена для дозування, фасування, маркування та герметичної упаковки сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro».

Роботу проводять в чистій зоні класу С. Обладнання проходить СІР-миття та дезінфекцію перед початком роботи. Персонал працює в спеціальному одязі, масках та рукавичках.

Суху закваску «DuoLeaven Pro» з проміжних збірників З 27 завантажують у бункер фасувно-пакової машини ГФ 28. Бункер обладнаний вібратором для забезпечення рівномірної подачі продукту.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Налаштовують дозування та інші параметри фасовки на пульті управління. Періодично, 3-4 рази за зміну перевіряють масу наповненого пакета, яка має бути 500 ± 5 г (К 8.1.1)

Шнековий дозатор відмірює порцію сухої закваски в пакет, відбувається наповнення продуктом.

Після наповнення пакет вакуумується, а потім запаюється термозапаювальним пристроєм при температурі $180-220$ °С. На пакеті формується «насічка» для легкого розкриття.

На кожен пакет наноситься маркування за допомогою термодатера: назва продукту, маса нетто, дата виготовлення, номер серії, термін придатності, умови зберігання, штрих-код.

На стадії контролюють: масу нетто в одному пакеті (500 ± 5 г), вологість готового продукту (не більше 6,0 %), герметичність упаковки (вакуумний тест), якість маркування (читабельність, відповідність номеру серії та дати) (К 8.1.2).

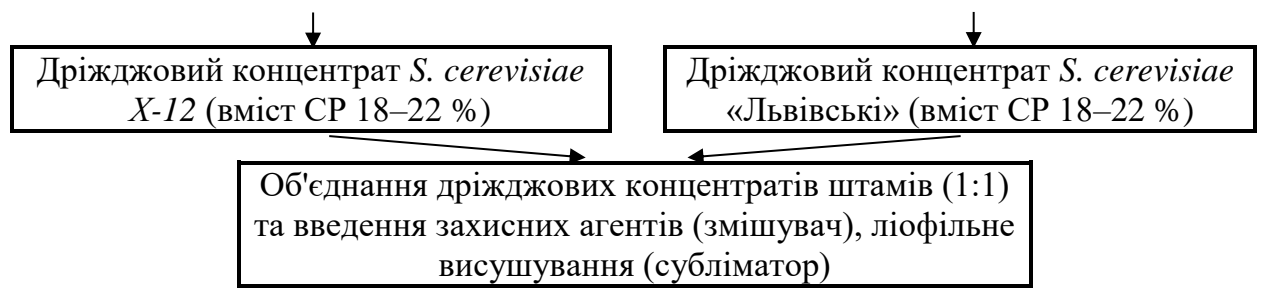
Групову упаковку пакетів в коробки здійснюють на столі ГФ 29. Від кожної серії закваски відбирають пробу на контроль за всіма показниками НТД (К 8.1.3).

Усі операції стадії фіксуються в технологічному журналі фасування та оформляються протоколом серії. Кожна серія отримує номер та дату виготовлення.

Готова продукція направляється на склад карантинного зберігання до отримання результатів контролю.

Зберігають суху хлібопекарську закваску «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г в сухому, чистому складському приміщенні.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження рис. 3.2 – Біологічна схема виробництва сухої закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г.

Технологічну схему виробництва сухої закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г представлено на рисунку 3.3.

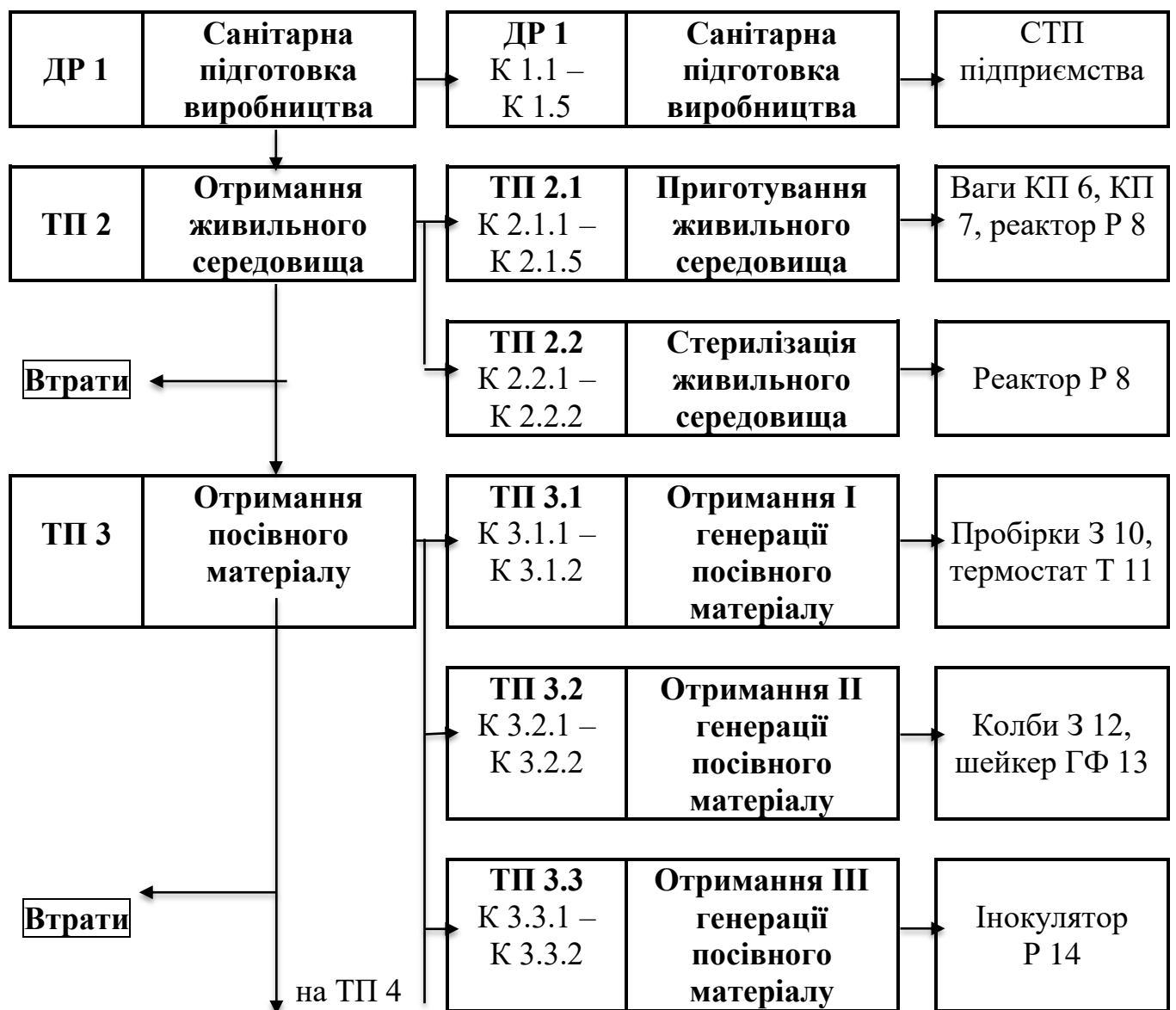
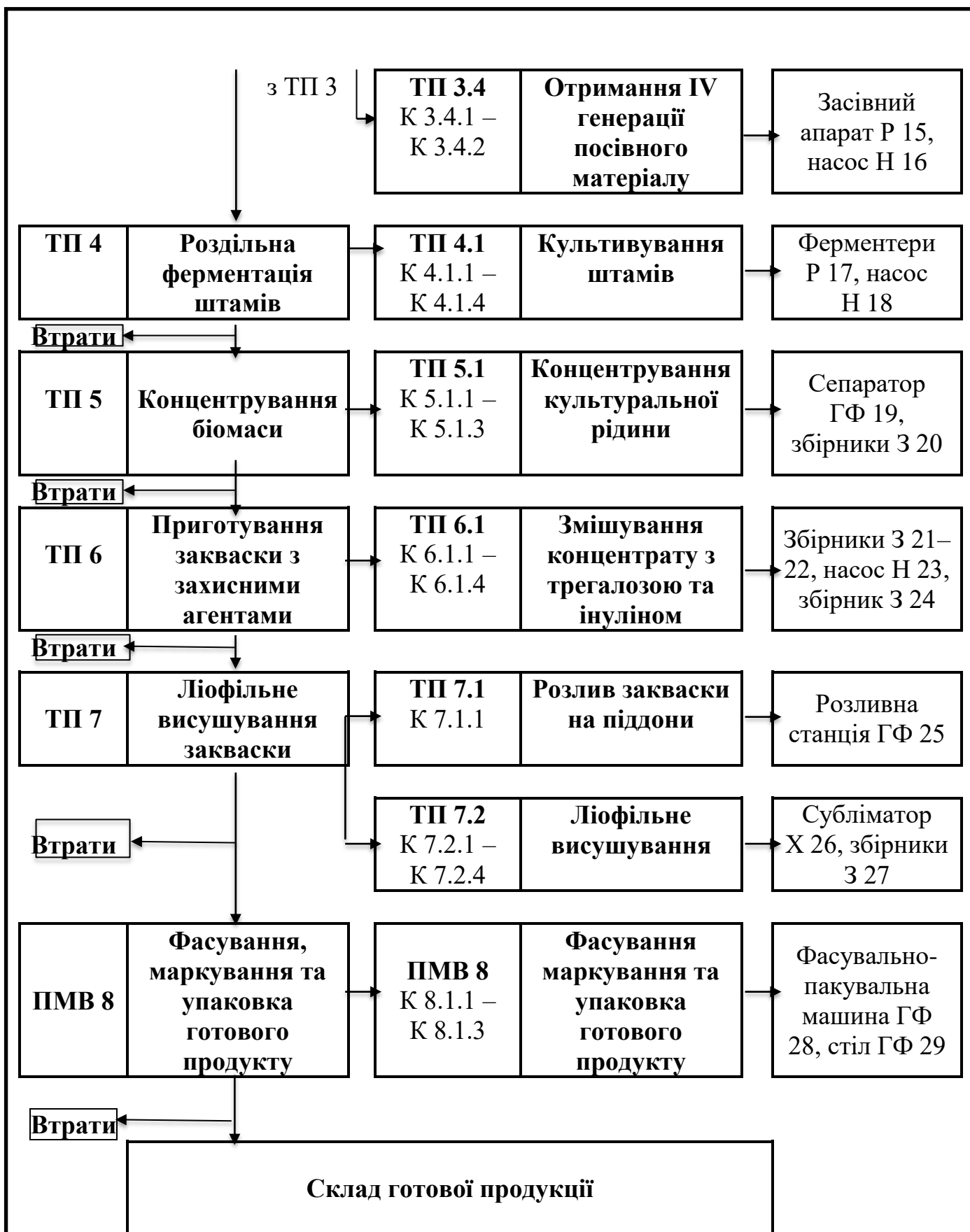


Рис. 3.3 – Технологічна схема виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г.



Продовження рис. 3.3 – Технологічна схема виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г.

Апаратурну схему виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г наведено на рис. 3.4.

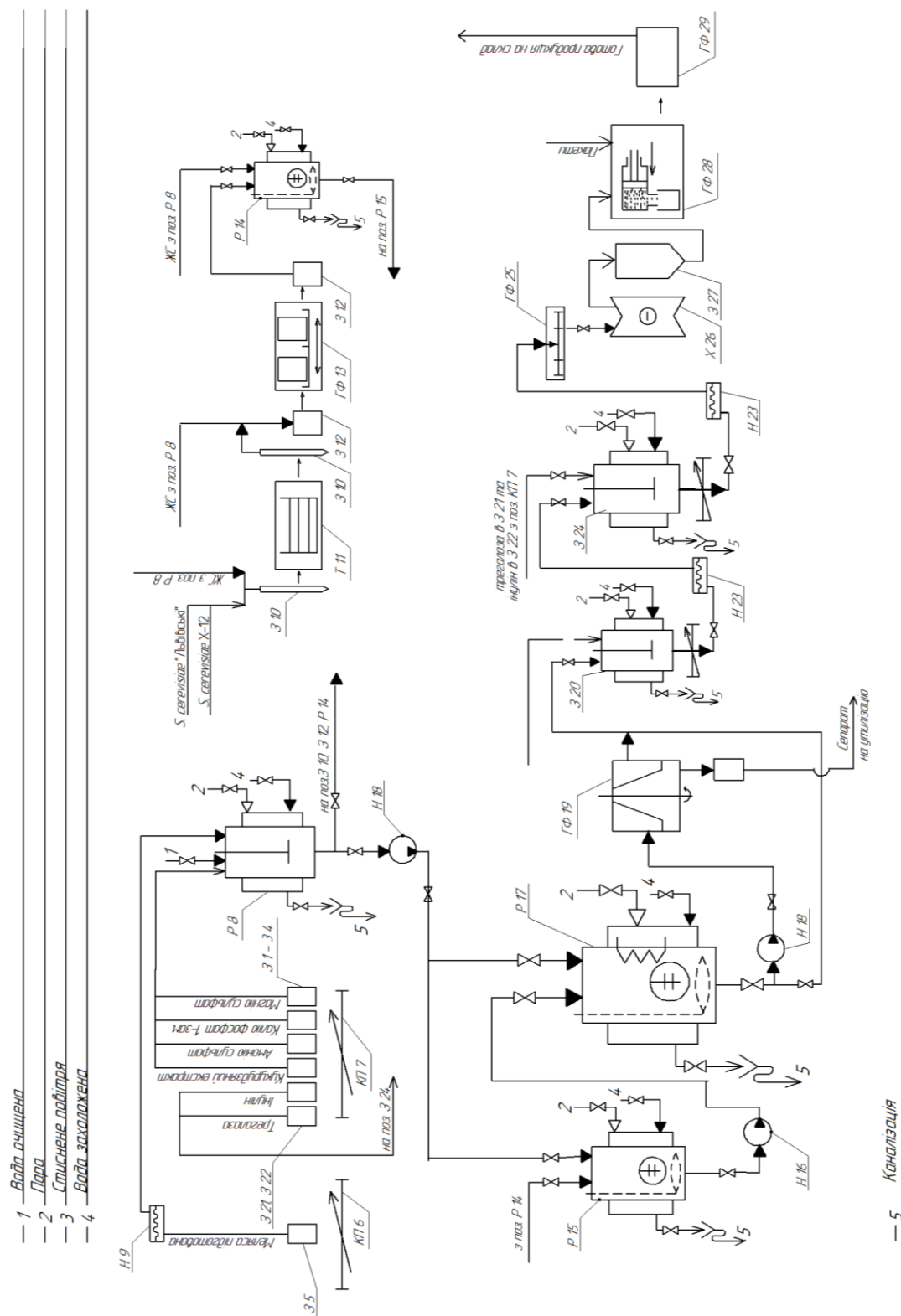


Рис. 3.4 – Апаратурна схема виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г.

Специфікація обладнання виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г представлена у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Специфікація обладнання дільниці з виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» у вакуумних пакетах по 500 г.

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса, кг	Примітка (матеріал)
1	2	3	4	5	6
3 1 - 3 4		Ємність для зважування нержавістальна. Ємність 30 л, 60 л, 100 л	5	5-50	Н/сталь AISI 304 12X18H10T
3 5, 3 21, 3 22		Ємність для зважування поліетиленова. Ємність 100, 250, 500 л	6	5-30	поліетилен
КП 6	ЗЕВС ВРЕ Економ МВ6	Платформні ваги. Діапазон, кг 40–5000. Ціна поділки, кг 2. Тип дисплея світлодіодний, Розмір платформи, мм 1000x1000. Габаритні розміри, мм : 1200x1500x80 мм. Виробник: ТМ ЗЕВС, Україна	1	350	н/сталь AISI 316L (платформа)
КП 7	4BDU30 0-Б-1010	Платформні ваги. Діапазон, кг 2–300. Ціна поділки, кг 0,1. Тип дисплея світлодіодний, Розмір платформи, мм 1000x1000. Габаритні розміри, мм : 1000x1000x80 мм. Виробник: ТМ AXIS, Україна	1	120	н/сталь AISI 316L (платформа)
Р 8	РС-25	Реактор для приготування середовища. Робочий (повний) об'єм, м ³ 25 (30). Робочий тиск у корпусі, МПа (-1)-0,3. Робочий тиск у сорочці, МПа до 0,6. Робоча температура: до +150 °С. Тип мішалки: якірна з частотним регулюванням (15–80 об/хв). Потужність приводу мішалки: 15–22 кВт. Поверхня теплообміну (сорочка): 35–40 м ² . Верхній люк-лаз діам. 500–600 мм. Нижній зливний штуцер; 2 оглядових вікна.	1	1050 0	н/сталь AISI 316L

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ				

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
		Габаритні розміри, мм: діаметр 2800, висота 7500–8500. Виробник: ТОВ «Ензиммаш» (Україна, м. Львів)			
Н 9	1В 20/5- 16/5	Насос. Гвинтовий. Продуктивність 5–20 м ³ /год, потужність приводу 5,5 кВт, Напір до 0,5 МПа. Макс. в'язкість до 20 000 мПа·с. Габаритні розміри, мм: 1450× 450×650. Виробник ТОВ «Ливгідромаш», Україна	1	300	н/сталь AISI 316L
3 10		Пробірки Скляні 16x150 мм. Постачальник: Лабстар, Україна	10		термостійке скло
Т 11	ТС-1/80 СПУ	Термостат. Потужність, Вт, не більше 300. Температурні межі термостатування, °С 5-60. Макс. відхилення температури у будь-якій точці робочої камери від середньої, °С ±0,4. Розміри робочої камери, мм: 400x406x500. Габаритні розміри, мм: 512x525x721. Виробник: ТОВ «Робус-Днепр», Україна.	4	48	Н/сталь 12Х18Н10Т
3 12		Колби Ерленмейєра. Місткість 1 л. Постачальник: Лабстар, Україна	10		скло
ГФ 13	ES-20/83	Орбітальний шейкер-інкубатор. Кількість колб: до 12 по 1 л. Діаметр орбіти, мм: 20–30. Діапазон швидкості, об/хв. 50– 250. Діапазон температури, °С 25-60. Потужність, кВт 0,3–0,5. Габаритні розміри, мм: 590× 525×520. Виробник: ТОВ «Екрос», Україна	2	51	Н/сталь AISI 316 L (платформа)
Р 14	Ф-50	Інокулятор. Вертикальний, з подвійною сорочкою, мішалкою, еліптичною кришкою з затискачами,	2	115	Н/сталь AISI 316 L

										Арк.
										62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ					

1	2	3	4	5	6
		вакуумування. Пакувальна ємність, мл(г) 100-500. Продуктивність, пакетів/хв. 15-30. Потужність, кВт 4. Довжина пакета, мм: 50-250. Ширина пакета, мм: 50-200. Ширина запайки 10 см. Габаритні розміри, мм: 1370x870x2700. Виробник: компанія «Clever Machinery», Китай			
ГФ 29		Стіл для пакування. Габаритні розміри, мм: 1700x700x800.	2	50	н/сталь 13X19H8T

3.5 Критичні параметри виробництва

Таблиця 3.5 – Контроль критичних стадій і проміжної продукції виробництва сухої хлібопекарської закваски «DuoLeaven Pro» на основі виробничих штамів *Saccharomyces cerevisiae* X-12 та *Saccharomyces cerevisiae* «Львівські»

Номер	Критичні точки (критичні стадії, операції)	Критичні параметри і критичні характеристики якості	Одиниця виміру	Критерій прийнятності
1	2	3	4	5
Стадія ДР 1. Санітарна підготовка виробництва				
К 1.1	Операція 1.1 Підготовка повітря	Мікробіологічний моніторинг повітря	КУО/м ³	C – ≤ 100 D – ≤ 200
		Вміст механічних частинок у повітрі («оснащений стан») ≥0,5 мкм / ≥5 мкм	шт./м ³	C – 352000 / 2930 D – 3520000/ 29300
		Надлишковий тиск у чистих зонах	Па	10 – 20
К 1.2	Операція 1.2 Підготовка приміщень	Мікробіологічна чистота поверхонь виробничих приміщень	КУО/пл астина	C – ≤ 25 D – ≤ 50

										Арк.
										67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ					

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
К 1.3	Операція 1.3 Підготовка обладнання	Контроль залишкових концентрацій дезінфектантів	—	Відсутність залишків
		Режим стерилізації обладнання (пара під тиском)	°С МПа	121 0,11
		Мікробіологічна чистота обладнання та інвентарю	КУО/плас тина	C – ≤ 25 D – ≤ 50
К 1.4	Операція 1.4 Підготовка персоналу	Контроль чистоти рук персоналу	КУО/рука вичка	Відповідно до вимог GMP для класів C/D
К 1.5		Мікробна контамінація технологічного одягу	КУО/плас тина	Відповідно до вимог GMP для Класу C/D
Стадія ТП 2. Отримання живильного середовища				
К 2.1.1	Операція ТП 2.1 Приготуванн я живильного середовища	Вхідний контроль сировини	—	Наявність сертифікатів якості, декларація відповідності, протокол аналізу
К 2.1.2	Підготовка меляси	Температура води на розбавлення (1:1)	°С	55 ± 5
		Вміст редуруючих речовин (РР)	%	48 – 52
		Значення рН розбавленої меляси	рН	5,5 – 6,5
		Сторонні включення	—	Відсутні
К 2.1.3	Приготуванн я середовища	Кількість води	л	17000
		Температура води в реакторі Р 8	°С	45 ± 5
		Швидкість мішалки	об./хв.	60 – 80
К 2.1.4	Контроль компонентів	Маса компонентів: Бурякова меляса Кукурудзяний екстракт Амонію сульфат Калій фосфат 1-зам. Магнію сульфат	кг	3 214,5 132,9 76,5 42,9 11,1

162.01.02.00 000 ПЗ

Арк.

68

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
К 3.4.1	Операція ТП 3.4 Отримання IV генерації посівного матеріалу	Параметри в апаратах Р 15: об'єм / температура / аерація / час	л °С VVM год.	500 30 ± 1 0,8 – 1,0 10 – 12
		Значення рН (авто- матична корекція)	од. рН	4,8 – 5,2
		Об'єм отриманого посівного матеріалу кожного штаму	л	500 (разом — 1000)
К 3.4.2		Контроль якості генерації IV: – Кінцева концентрація клітин	КУО/мл	1,5 – 2,0 × 10 ⁹
Стадія ТП 4. Роздільна ферментація штамів				
К 4.1.1	Підготовка до ферментації	Об'єм живильного середовища	л	10000
		Об'єм посівного матеріалу	л / %	500 / 5%
К 4.1.2	Операція ТП 4.1	Температура культивування	°С	30 ± 1
		рН	од. рН	4,8 – 5,2
		Аерація середовища	VVM	1,0 – 1,2
		Розчинений кисень	%	20 – 30
		Надлишковий тиск	МПа	0,02 – 0,05
К 4.1.3	Культивуван ня штамів	Тривалість культивування	год.	14 – 18
		Концентрація сухої біомаси	г/л	14 – 16
		Життєздатність клітин	%	>95
		Концентрація етанолу	%	≤1,0
К 4.1.4		Чистота культури	—	Відсутність контамінації
		Температура охолодження	°С	10 – 12
Стадія ТП 5. Концентрування біомаси				
К 5.1.1	Концентрува ння КР на сепараторі ГФ 19	Температура КР на вході	°С	10 – 12
		Частота ротора	об./хв.	4500 – 5500
		Фактор розділення	g	8000 – 12000

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

162.01.02.00 000 ПЗ

Арк.

70

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
		Температура концентрату	°С	≤15
К 5.1.2	Отримання ретентату	Маса дріжджового концентрату	кг	763×2
К 5.1.3	Контроль концентрату	Масова частка сухої речовини	%	18 – 22
		Життєздатність клітин	%	≥92
		Залишкова біомаса	г/л	≤1,0
Стадія ТП 6. Приготування закваски із захисними агентами				
К 6.1.1	Вхідний контроль	Вхідний контроль трегалози та інуліну	—	Відповідність НТД
К 6.1.2	Змішування концентратів	Співвідношення штамів	—	1:1
		Температура суміші	°С	8 – 12
К 6.1.3	Внесення захисних агентів	Маса трегалози	кг	24,4
		Маса інуліну	кг	12,2
		Швидкість перемішування	об./хв.	25 – 35
		Тривалість перемішування	хв.	30 – 40
К 6.1.4	Контроль вологості закваски	Вміст сухої речовини	%	18 – 22
		Концентрація життєздатних клітин	КУО/г	≥1,8×10 ¹⁰
		Життєздатність клітин	%	94 – 96
		Значення рН	од. рН	4,7 – 5,1
Стадія ТП 7. Ліофільне висушування закваски				
К 7.1.1	Операція ТП 7.1 Розлив закваски на піддони	Товщина шару	мм	10 – 15
		Температура закваски	°С	8-12
К 7.2.1	Операція ТП 7.2 Висушування Етап 1. Заморожування	Температура охолодження	°С	від (– 45) до (– 50)
		Швидкість охолодження	°С/хв.	1 – 2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

162.01.02.00 000 ПЗ

Арк.

71

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
К 7.2.2	Етап 2. Первинне сушіння	Рівень вакууму	Па	1 – 8
		Температура полиць	°С	від (– 15) до (– 20)
		Тривалість сублімації	год.	24 – 36
К 7.2.3	Етап 3. Вторинне сушіння	Температура полиць	°С	25 – 30
		Тривалість десорбції	год.	8 – 12
К 7.2.4	Контроль сухої закваски	Масова частка вологи	%	4,0 – 6,0
		Життєздатність клітин	%	≥90
		Підйомна сила закваски	хв.	25 – 30
Стадія ПМВ 8. Фасування, маркування та упаковка				
К 8.1.1	Фасування та пакування продукту	Маса нетто	г	500 ±5
		Температура термозапаювання	°С	180 – 220
		Періодичність контролю	—	3-4 рази/змiна
К 8.1.2	Контроль процесу фасування та маркування	Вологість продукту	%	≤6,0
		Герметичність упаковки	—	Витримує вакуумний тест
		Якість маркування	—	Читабельність та відповідність серії
К 8.1.3	Контроль готового продукту	Контроль за всіма показниками НТД	—	Відповідність вимогам НТД

3.6 Екологічні аспекти виробництва

Виробництво сухої хлібопекарської закваски пролонгованої дії, як і будь-яке біотехнологічне виробництво, супроводжується утворенням певних видів відходів і впливом на навколишнє середовище. Основним завданням сучасного підприємства є мінімізація негативного впливу на довкілля шляхом впровадження ресурсозберігаючих технологій, раціонального використання сировини та ефективної системи поводження з відходами [17, 19, 28].

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.02.00 000 ПЗ				

Екологічні аспекти даного виробництва пов'язані передусім із використанням водних ресурсів, енергоспоживанням, утворенням рідких і твердих відходів, а також викидами у повітря. Особливістю біотехнологічних процесів є відносно низький рівень токсичності відходів, проте вони можуть містити значну кількість органічних речовин, що потребує відповідної очистки перед утилізацією або скиданням.

У процесі виробництва утворюються такі основні види відходів [17, 19, 28]:

Рідкі відходи представлені промивними водами після миття обладнання, залишками поживних середовищ, культуральною рідиною після відділення біомаси, а також конденсатом після сушіння. Ці стоки характеризуються підвищеним вмістом органічних речовин, біохімічним споживанням кисню (БСК) та можуть містити залишки мікроорганізмів. Перед скиданням у каналізацію вони підлягають обов'язковому очищенню, яке може включати механічну фільтрацію, біологічне очищення та, за необхідності, знезараження.

Тверді відходи включають залишки сировини, відпрацьовані фільтрувальні матеріали, осади після очищення стічних вод, а також пакувальні матеріали. Частина таких відходів може бути використана повторно або направлена на переробку. Зокрема, органічні залишки можуть застосовуватись як сировина для кормових добавок або компостування.

Газоподібні викиди у даному виробництві є мінімальними та переважно представлені водяною парою, що утворюється під час сушіння, а також незначною кількістю вуглекислого газу, який виділяється в процесі ферментації. За умови правильної організації виробництва ці викиди не становлять суттєвої загрози довкіллю, однак можуть потребувати вентиляції та локальної очистки.

Важливим аспектом є **раціональне використання води та енергії**. У виробництві доцільно впроваджувати замкнені системи водопостачання, повторне використання технічної води, а також енергоефективне обладнання.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Наприклад, тепло, що виділяється при роботі обладнання або під час сушіння, може бути частково рекупероване і використане для підігріву середовища.

Особливу увагу слід приділяти санітарній обробці обладнання (СІР-мийка), яка повинна здійснюватися із мінімальним використанням мийних засобів та води без втрати ефективності. Використання сучасних біорозкладних мийних засобів дозволяє зменшити навантаження на очисні споруди [22].

Утилізація відходів повинна здійснюватися відповідно до чинних екологічних норм і стандартів. *Рідкі відходи* після очищення можуть скидатися у централізовану каналізаційну систему або повторно використовуватися у технічних цілях. *Тверді відходи* сортуються та направляються на переробку або утилізацію спеціалізованими підприємствами. Пакувальні матеріали (папір, полімери) підлягають вторинній переробці. З метою зниження екологічного навантаження доцільно впроваджувати принципи «чистого виробництва», які передбачають мінімізацію утворення відходів ще на стадії проектування технології. До таких заходів належать оптимізація рецептур, зменшення втрат сировини, використання безвідходних або маловідходних технологій, а також автоматизація процесів [17, 19].

Таким чином, виробництво сухої закваски пролонгованої дії може бути організоване з мінімальним впливом на навколишнє середовище за умови впровадження сучасних технологічних рішень, ефективної системи очищення відходів та раціонального використання ресурсів. Це забезпечує екологічну безпечність виробництва та його відповідність принципам сталого розвитку.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було вирішено комплекс наукових і практичних завдань, спрямованих на обґрунтування та проектування сучасного біотехнологічного виробництва.

Проведено аналітичний огляд літературних джерел, який показав, що сучасна хлібопекарська та кондитерська галузі активно розвиваються у напрямі використання сухих заквасок пролонгованої дії як функціональних інгредієнтів, для використання у виробництві виробів із тривалим терміном зберігання.

У роботі надано детальну характеристику готового продукту — сухої закваски, яка відзначається високою стабільністю, низькою вологістю, тривалим терміном зберігання та здатністю забезпечувати прогнозовані технологічні властивості у процесі використання. Обґрунтовано склад сировини, матеріалів і допоміжних компонентів, а також наведено характеристику біологічних об'єктів — двох штамів дріжджів *S. cerevisiae* (X-12 та «Львівські»), що формують функціональні властивості закваски.

Розроблено технологічну частину, яка включає опис процесу виробництва, побудову технологічної схеми та розрахунок матеріального балансу. Встановлено необхідну кількість сировини, допоміжних матеріалів і готової продукції, що дозволяє оцінити ефективність виробництва та рівень технологічних втрат. Проведено обґрунтований вибір технологічного обладнання, зокрема ферментера, сушильних установок та допоміжних апаратів, які забезпечують оптимальні умови культивування мікроорганізмів і збереження їх життєздатності. Обґрунтовано використання як одного з ключових апаратів сублиматора моделі Zirbus Sublimator 1500.

Розроблено схеми виробництва: біологічну, технологічну та апаратурну, які відображають послідовність основних операцій. Запропонована організація виробництва відповідає сучасним вимогам до

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

біотехнологічних підприємств і може бути впроваджена у промислових умовах.

Розглянуто екологічні аспекти виробництва, зокрема питання утворення та утилізації відходів, раціонального використання ресурсів і зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Результати свідчать про доцільність і перспективність організації виробництва сухої хлібопекарської закваски пролонгованої дії. Запропоновані технологічні рішення забезпечують отримання продукції високої якості, стабільних властивостей і тривалого терміну зберігання, що є важливим для сучасної хлібопекарської промисловості.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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. DOI: 10.7717/peerj.11389.
2. Ejikeugwu Ch. *Saccharomyces cerevisiae*: Morphology, Physiology, and Biotechnological Applications of an Ancient and Modern Yeast. July 11, 2023. *Microbiology Class*. URL: <https://microbiologyclass.net/saccharomyces-cerevisiae/> (Date of access: 09.04.2026).
3. Enzym Group. *Latifundist.com*. URL: <https://latifundist.com/kompanii/2502-enzym-group> (дата звернення: 18.02.2026).
4. Exploring the Microbial Community of Traditional Sourdoughs to Select Yeasts and Lactic Acid Bacteria / G. Iosca et al. *Proceedings*. 2020. Vol. 66(1). P. 3. DOI: 10.3390/proceedings2020066003/.
5. Handbook on Sourdough Biotechnology / eds. M. Gobbetti, M. Gänzle. 2nd ed. Cham : Springer, 2023. 397 p. DOI: 10.1007/978-3-031-23084-4.
6. Hernández-Figueroa R. H., López-Malo A., Mani-López E. Sourdough Fermentation and Gluten Reduction: A Biotechnological Approach for Gluten-Related Disorders. *Microbiology Research*. 2025. Vol. 16(7). P. 161. DOI: 10.3390/microbiolres16070161.
7. How cereal flours, starters, enzymes, and process parameters affect the in vitro digestibility of sourdough bread / A. Costantini et al. *Food Research International*. 2022. Vol. 159. P. 111614. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111614.
8. Lesaffre Ukraine : офіційний сайт. 2026. URL: <https://lesaffre.ua> (дата звернення: 18.12.2025).
9. Maiboroda H. The study of consumer behavior in the market of bakery products in the conditions of brand management. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2021. Vol. 2(2). P. 34–39. DOI: 10.30525/2661-5150/2021-2-6.

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

19. Васільцова О. В. Екологічні аспекти функціонування хлібопекарських підприємств України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 17. С. 61–66. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/17_2018/13.pdf (дата звернення: 15.01.2026).
20. Визначення впливу ферментів та закваски молочнокислих бактерій на якість пшенично-конопляного хліба / С. Гунько та ін. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2025. Т. 5, № 11(137). С. 60–70. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337473.
21. Від хліба до біотехнологій: тренди нової ери дріжджів. *Enzym Group*. 2025. URL: <https://enzymgroup.com/uk/articles/from-bread-to-biotechnology-trends-in-the-new-era-of-yeast> (дата звернення: 21.12.2025).
22. ДСТУ ISO 22000:2007. Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005,IDT). Чинний від 2007.08.01. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 30 с.
23. Ємкість хлібобулочного ринку України стабілізувалася і в грошах у 2025 р. на 15% перевершить 2021 р. – думка. *Interfax-Україна*. 2025. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/1098211.html> (дата звернення: 21.12.2025).
24. Закупівлі дріжджів 2025–2026. *Zakupivli.pro: майданчик державних та комерційних закупівель*. URL: <https://zakupivli.pro/gov/tenders> (дата звернення: 15.01.2026).
25. Звіт про управління ПрАТ «Компанія Ензим» за 2024 рік (з оновленнями 2025). *Enzym Group*. 2025. URL: <https://enzymgroup.com/media/934/download/Management%20report%20PrJSC%20Enzym%20Company%202024.pdf?v=1> (дата звернення: 18.02.2026).
26. Інститут біології клітини Національної академії наук України : офіційний сайт. 2026. URL: <https://www.cellbiol.lviv.ua/> (дата звернення: 09.01.2026).

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

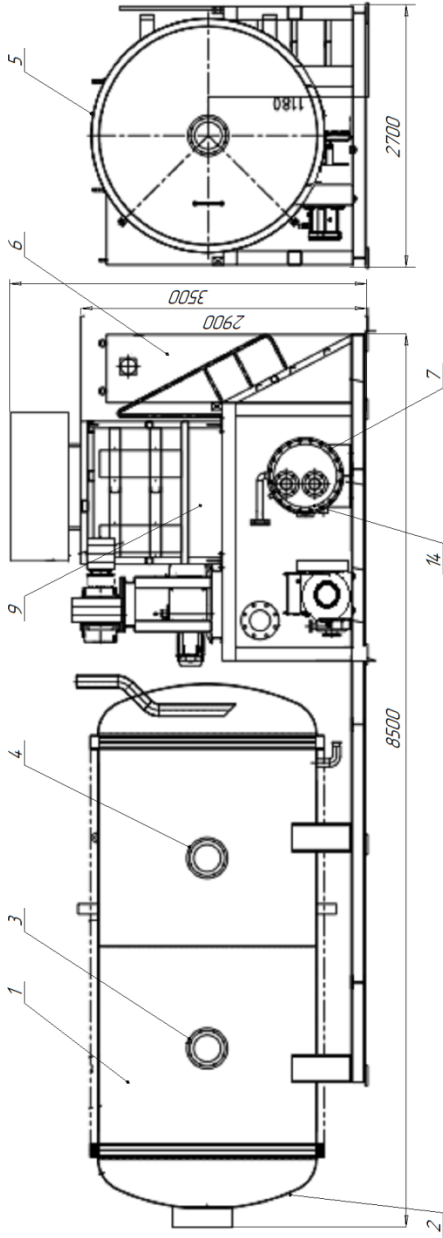
біоінженерія» ОП «Біотехнологія» / О. С. Калюжная та ін. Харків :
НФаУ, 2024. 128 с.

36. Ринок хлібобулочних виробів України у 2025 році зросте до 33,6 млрд грн. *E-land*. 2025. URL: <https://www.e-land.ua/news/item/rynok-khlibobulochnykh-vyrobiv-ukrayiny-u-2025-rotsi-zroste-do-33-6-mlrd-hrn> (дата звернення: 18.01.2026).
37. Ринок хлібобулочних виробів України у 2025 році зросте до 33,6 млрд грн. *AgroPortal.ua*. 2025. URL: <https://agroportal.ua/news/ukraina/rynok-hlibobulochnih-vyrobiv-ukrajini-cogorich-dosyagne-33-6-mlrd-grn> (дата звернення: 21.02.2026).
38. Український ринок хлібобулочних виробів цього року досягне 33,6 млрд грн. *АПК-Інформ*. 2025. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1550768> (дата звернення: 16.01.2026).
39. Як змінився український експорт товарів за 12 місяців 2025 року. *Дія. Бізнес*. 2026. URL: <https://business.diaa.gov.ua/news/yak-zminyvsia-ukrainskyi-eksport-tovariv-za-12-misiatsiv-2025-roku> (дата звернення: 10.02.2026).

					162.01.02.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

ДОДАТКИ

162.0102.00.000.B3

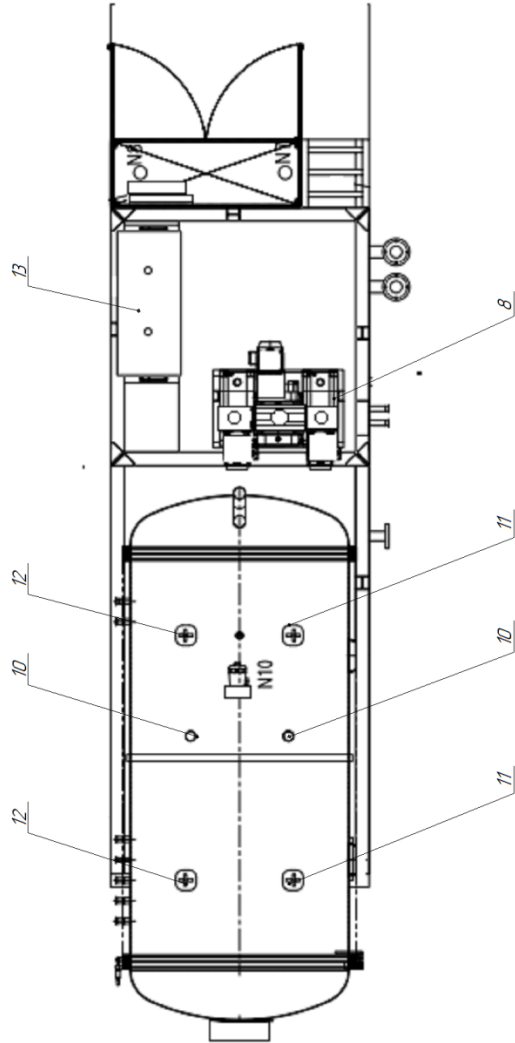


Перелік складових частин

Зона	Позивка	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Корпус сфінктера	1	
2			Аж закріплення-вдвітання	1	
3			Орляда фіча	2	
4			Температ. датчик	1	
5			Корпус сфінктера	1	
6			Електромагнітний шарнір	1	
7			Корпус сфінктера	4	
8			Система управління	1	
9			Датчик температури	1	
10			Датчик температури	20	
11			Датчик температури	20	
12			Система управління	1	
13			Датчик температури	1	
14			Датчик температури	1	

Характеристика приладу

Корисна площа, м ²	150
Кількість полиць, шт.	19-21
Розмір полиць, мм	600x800
Продуктивність, кг/швили	1200-1800 заморожені
Робочий вага, кг	1-9
Температура, °C	-60 - -80
Температура конденсату, °C	до -80
Потужність, кВт	2x45-60
Висота, мм	до 6500
Ширина, мм	до 4500
Глибина, мм	до 3800
Місце кат.	2000
Об'єм, м ³	1000
Виробник	Гітас Technology GmbH



162.0102.00.000.B3	
Датум	19.01.2019
№ документа	110
Вид документа	Чертеж
Галузь	Холодильники
Масштаб	1:1
Вид	Нарис
Код документа	Код БТ

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

MINISTRY OF HEALTH OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF PHARMACY
DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY

**ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ
СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ**

**PROBLEMS AND ACHIEVEMENTS
OF MODERN BIOTECHNOLOGY**

**Матеріали
VI міжнародної науково-практичної
конференції**

**Materials
of the VI International Scientific and Practical
Conference**

**ХАРКІВ
KHARKIV
2026**

антимікробний захист структури шкіряних матеріалів. Перспективним є також застосування нанокомпозитів, отриманих на базі латексу та шкіряного пилу і оброблених наночастками ZnO. Обробка ж шкіряних матеріалів наночастками срібла надає високої стійкості до широкого спектра мікроорганізмів, зберігаючи при цьому необхідні фізико-механічні характеристики згідно з міжнародними стандартами якості.

Отже, застосування наноматеріалів відкриває додаткові можливості для виробництва шкіряних матеріалів, які відповідають сучасним вимогам екологічності й гігієни. А використання біосинтезованих наночасток визначає перспективний шлях до розробки екологічно безпечної продукції, що задовольняє суворі міжнародні стандарти якості.

Роль захисних агентів та пребіотиків при виробництві сухих дріжджів

Двінських А. В., Хохленкова Н. В.

Кафедра біотехнології Національного фармацевтичного університету,

м. Харків, Україна

nndugar@gmail.com

Сучасне виробництво сухих хлібопекарських заквасок стикається з проблемою значної втрати життєздатності клітин *Saccharomyces cerevisiae* під час сушіння (до 30–50 % без захисту). Це особливо критично для кондитерських виробів тривалого зберігання (пряники, кекси, панеттоне), де потрібна висока осмостійкість (вміст цукру у výroбах до 30 %), термостійкість та стабільний аромат протягом 12–18 місяців. Подорожчання імпортованих дріжджів, наприклад виробників Lesaffre, Lallemand, у 2025–2026 рр. актуалізує організацію вітчизняного виробництва сухих заквасок для таких виробів, що пов'язано з пошуком ефективних, доступних в Україні захисних агентів та пребіотиків.

Мета роботи — теоретично обґрунтувати роль трегалози та інуліну як захисних агентів при виробництві сухої хлібопекарської закваски пролонгованої дії на основі штамів *S. cerevisiae*.

У результаті аналізу літератури встановлено:

- трегалоза в концентраціях 5–10 % заміщує воду в мембранах, стабілізує білки та ліпіди, підвищує виживаність клітин після ліофілізації до 90–95 %;
- інулін в концентраціях 2–5 % діє як пребіотик і додатковий стабілізатор, посилює синергетичний ефект, покращує текстуру готового виробу та подовжує термін зберігання до 12–18 місяців при температурі 20 °С;
- комбінація цих речовин перевершує традиційні поліоли (гліцерин, сорбітол) за ефективністю та економічністю.

Висновок. Запропонована комбінація трегалози та інуліну дозволяє отримати суху закваску з високою життєздатністю, осмостійкістю та ароматичними властивостями, забезпечуючи повне імпортозаміщення та зниження собівартості виробництва. Це відкриває перспективи для організації власного біотехнологічного виробництва сухих заквасок для кондитерських виробів тривалого зберігання в Україні.

Реалізація міждисциплінарних зв'язків у підготовці фахівців з біотехнології: досвід навчально-наукової взаємодії при викладанні дисципліни «Продуценти біологічно активних речовин»

^{1,2}Двірна Т. С., ¹Махиня Л. М., ¹Карпюк У. В.,

¹Мінарченко В. М., ¹Підченко В. Т., ¹Чолак І. С.

¹Кафедра фармакогнозії та ботаніки Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

²Відділ систематики і флористики Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, м. Київ, Україна

dvirna_t@ukr.net

Сучасна підготовка фахівців у галузі біотехнології та біоінженерії неможлива без поєднання теоретичних знань із практичним досвідом роботи в науковому середовищі. Особливої актуальності набуває формування міждисциплінарних зв'язків між фундаментальними біологічними науками, аналітичною хімією та прикладною біотехнологією, що забезпечує комплексне розуміння процесів отримання та дослідження біологічно активних речовин.



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДИПЛОМ І СТУПЕНЯ

нагороджується

Двінських Анна

із науковою роботою

**Обґрунтування складу та технології сухої
закваски для кондитерських виробів тривалого
зберігання**

(науковий керівник: Хохленкова Н. В., д. фарм. н.,
проф.)

**у I етапі Всеукраїнського конкурсу студентських
наукових робіт зі спеціальності «Біотехнології та
біоінженерія»**

Ректор закладу
вищої освіти
Голова конкурсної
комісії



Олександр КУХТЕНКО

15-17 квітня 2026 р. м. Ужгород

