

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю

Кафедра біотехнології і мікробіології

Освітній ступінь магістр

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

Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична
біотехнологія»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології і
мікробіології

Віктор СТАБНИКОВ

“08” жовтня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

КУХАРОВОЇ Марії Костянтинівни _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Сучасні форми доставки пробіотичних мікроорганізмів у продукти харчування»

керівник роботи СТАРОВОЙТОВА Світлана Олександрівна доц., к.б.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 07 жовтня 2024р. № 876-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2024

3. Вихідні дані до роботи: виробництво мікрокапсул пробіотику *Bacillus coagulans* BC4.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Реферат, Вступ, РОЗДІЛ 1.Пробіотичні системи доставки. РОЗДІЛ 2. Мікроорганізми та функціональні продукти, в яких вони використовуються. РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування виробництва кисломолочного продукту на основі мікрокапсул *Bacillus coagulans* РОЗДІЛ 4. Обґрунтування вибору післяферментаційних процесів отримання пробіотичних мікрокапсул. РОЗДІЛ 5. Опис технологічної схеми одержання мікрокапсул. РОЗДІЛ 6. Технологічні особливості отримання закваски для функціонального йогурту. РОЗДІЛ 7. Контроль виробництва закваски для функціонального йогурту. РОЗДІЛ 8. Проект заявки на корисну модель закваски для функціонального йогурту.

5. Перелік графічного матеріалу Технологічні схеми: одержання мікрокапсул аркуш формату А1;отримання закваски для функціонального йогурту аркуш формату А1.Апаратурні схеми: одержання мікрокапсул аркуш формату А1;отримання закваски для функціонального йогурту аркуш формату А1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 08 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1. Пробиотичні системи доставки	01.09.24.p- 10.09.24p	
2	РОЗДІЛ 2. Мікроорганізми та функціональні продукти, в яких вони використовуються	22.09.24.p.- 26.09.24p	
3	РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування виробництва кисломолочного продукту на основі мікрокапсул <i>Bacillus coagulans</i>	01.10.24.p- 10.10.24.p	
4	РОЗДІЛ 4. Обґрунтування вибору післяферментаційних процесів отримання пробиотичних мікрокапсул	15.10.24.p- 20.10.24.p	
5	РОЗДІЛ 5. Опис технологічної схеми одержання мікрокапсул	25.10.24.p- 28.10.24.p	
6	РОЗДІЛ 6. Технологічні особливості отримання закваски для функціонального йогурту.	01.11.24.p- 10.11.24.p	
7	РОЗДІЛ 7. Контроль виробництва закваски для функціонального йогурту.	12.11.24.p- 14.11.24.p	
8	РОЗДІЛ 8. Проєкт заявки на корисну модель закваски для функціонального йогурту.	16.11.24.p- 19.11.24.p	
9	Оформлення апаратурних та технологічних схем	26.11.24.p- 27.11.24.p	
10	Оформлення вступу та реферату	28.11.24.p- 30.11.24.p	

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

ABSTRACT

This work is dedicated to the development of a biotechnological production method for microencapsulating the probiotic *Bacillus coagulans* BC4. These microcapsules are proposed for use in a bacterial starter culture to produce a new, functional yogurt that offers additional benefits to consumers compared to its traditional counterparts. A technical and economic analysis determined the demand for such yogurt among Kyiv's population, estimated at 17 013 257 liters per year. This demand arises due to the lack of similar products, potentially attracting new consumers. Given the large number of yogurt manufacturers in Ukraine, the goal is to capture 10% of the market. Based on this, the annual requirement for *Bacillus coagulans* BC4 biomass is 149.7 kg, with the corresponding culture liquid volume, accounting for losses, amounting to 27,722 liters. The stages of cell isolation and purification were carefully developed, including cell separation, washing with physiological solution, adding maltodextrin as a protective agent, mixing with date paste, and microencapsulation by spray drying.

Keywords: probiotics, modern delivery methods, functional foods, dairy industry, yogurt, encapsulation, date paste, *Bacillus coagulans* BC4.

РЕФЕРАТ

Робота присвячена розробці біотехнологічного виробництва мікрокапсул пробіотику *Bacillus coagulans* BC4. Ці мікрокапсули запропоновано використовувати в складі бактеріальної закваски для виробництва нового, функціонального йогурту, що буде нести користь споживачам, порівняно з його класичним аналогом.

За техніко-економічним обґрунтуванням було визначена потреба киян в такому йогурті, що становить 17 013 257 л йогурту на рік. Потреба в такому йогурті обумовлена відсутністю таких продуктів, що може привернути нового споживача. Оскільки в Україні існує безліч компаній, що виробляють йогурти, пропонується охопити лише 10%. З врахуванням всіх нюансів, річна потреба в біомасі *B. coagulans* BC4 становить 149,7 кг, а кількість культуральної рідини з врахуванням втрат – 27 722 л.

Обґрунтовуючи стадії виділення та очищення, була розроблена схема, що враховує наступні етапи: сепарація клітин, промивання фізіологічним розчином тричі, додавання мальтодекстрину як захисного агенту, змішування з пастою фініків, мікрокапсуляція розпилюючим сушінням.

В роботі представлено 26 таблиць та 11 рисунків. До графічної частини входять апаратурна та технологічні схеми по 2 листа формату А1. Робота посилається на 178 літературних джерела

Ключові слова: пробіотики, сучасні методи доставки, функціональні продукти, молочнокисла промисловість, йогурт, інкапсуляції, паста фініків, *Bacillus coagulans* BC4.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ПРОБІОТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ	8
1.1. Створення функціональних продуктів, як метод доставки пробіотиків	8
1.2. Метод інкапсулювання як система доставки пробіотиків	19
РОЗДІЛ 2. МІКРООРГАНІЗМИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ, В ЯКИХ ВОНИ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ	29
2.1. Молочнокислі бактерії.....	29
2.2. Дріжджі	31
2.3. Бацили.....	39
2.4. Вибір біологічного агенту та методу мікрокапсулювання.....	43
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ НА ОСНОВІ МІКРОКАПСУЛ <i>BACILLUS COAGULANS</i>	50
3.1. Характеристика пробіотичних мікрокапсул <i>Bacillus coagulans</i>	50
3.2. Огляд ринку цільової продукції.....	58
3.3. Розрахунок річної потужності виробництва закваски на основі мікрокапсул <i>Bacillus coagulans</i>	60
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ МІКРОКАПСУЛ.....	64
4.1. Визначення етапів післяферментаційних процесів отримання пробіотичних мікрокапсул	64
4.1.1. Обґрунтування методу відокремлення біомаси <i>Bacillus coagulans</i> .64	
4.1.2. Обґрунтування розчину для промивання біомаси <i>Bacillus coagulans</i>	66
4.1.3. Обґрунтування захисного агенту для <i>Bacillus coagulans</i>	69
4.1.4. Обґрунтування матриці для мікрокапсуляції <i>Bacillus coagulans</i>	71
4.1.5. Обґрунтування методу інкапсуляції.....	74

4.2. Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях.....	76
4.3. Специфікація обладнання.....	77
РОЗДІЛ 5. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ МІКРОКАПСУЛ.....	80
РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ.....	83
6.1. Обґрунтування вибору товарної форми випуску закваски для одержання функціонального йогурту	83
6.2. Обґрунтування технологічних особливостей одержання закваски для функціонального йогурту	91
6.3. Матеріальний розрахунок на серію виробництва функціональної закваски для йогурту.....	92
6.4. Специфікація обладнання.....	93
6.5. Опис технологічного процесу.....	94
РОЗДІЛ 7. КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ.....	96
7.1. Підбір сучасних методів контролю виробництва мікрокапсул.....	96
7.1.1. Контроль кількості життєздатних клітин.....	96
7.1.2. Контроль мікробіологічної чистоти препарату.....	97
7.1.3. Контроль ваги та вологості мікрокапсул.....	98
7.1.4. Контроль розміру мікрокапсул.....	99
7.1.5. Контроль пробіотичних властивостей <i>Bacillus coagulans</i>	101
7.2. Методи контролю закваски для одержання функціонального йогурту	102
РОЗДІЛ 8. ПРОЄКТ ЗАЯВКИ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ.....	122
8.1. Об'єкт корисної моделі.....	122
8.2. Проблема, яку вирішує корисна модель	122
8.3. Суть корисної моделі.....	124

8.4. Формула корисної моделі.....	124
8.5. Порівняння з відомими аналогами та переваги корисної моделі...124	
8.6. Етапи виробництва	126
8.7. Реферат	128
ВИСНОВКИ.....	130
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	131
ДОДАТКИ.....	154

ВСТУП

Сучасні тенденції у сфері харчової промисловості все більше фокусуються на покращенні якості життя та збереженні здоров'я споживачів. Однією з найбільш перспективних концепцій є функціональні продукти харчування, що збагачені біологічно активними компонентами, такими як пробіотичні мікроорганізми. Пробиотики – це живі мікроорганізми, які, при вживанні в адекватних кількостях, позитивно впливають на здоров'я людини, перш за все завдяки покращенню мікробіоти шлунково-кишкового тракту. Їх корисні властивості включають підтримку імунної системи, покращення травлення, профілактику інфекційних захворювань та навіть вплив на стан шкіри та психоемоційний стан [1].

Зважаючи на глобальні проблеми зі здоров'ям, такі як підвищений рівень хронічних захворювань, порушення імунної системи та зниження загальної якості життя, виникає необхідність у впровадженні новітніх підходів до підтримки здоров'я людини через харчування. Функціональні продукти з пробіотиками в цьому контексті є ключовою технологією, оскільки вони дозволяють доставляти біологічно активні мікроорганізми в організм у природній формі, одночасно забезпечуючи живильні властивості продукту [2].

Актуальність теми доставки пробіотиків через продукти харчування обумовлена сучасними викликами у сфері охорони здоров'я. Зокрема, за останні десятиліття кількість захворювань шлунково-кишкового тракту, дисбактеріозу та імунних порушень суттєво зросла, що викликало інтерес до підтримки здоров'я через коригування дієти. Функціональні продукти харчування, такі як йогурти, кефір та ферментовані продукти, здатні сприяти відновленню балансу кишкової мікрофлори та підтримці імунітету [2].

Однак, ефективність пробіотиків залежить не тільки від їхньої наявності у харчових продуктах, а й від того, наскільки добре вони можуть виживати в

					<i>НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кухарова М.К.</i>			<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Старовойтова С.О.</i>					8	156
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра БТМ</i>		
<i>Н. Коитр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стабніков В.П.</i>						

шлунково-кишковому тракту та досягати місця призначення – кишківника. Для забезпечення максимальної користі необхідні новітні підходи до доставки пробіотиків. У цьому контексті особливо важливу роль відіграють сучасні форми доставки пробіотичних мікроорганізмів, які дозволяють збільшити біодоступність, стабільність та тривалість їхньої дії [3].

Значним кроком вперед у розвитку функціональних продуктів стало впровадження новітніх технологій доставки пробіотиків. Серед них – мікроінкапсуляція, нанотехнології, використання харчових матриць та біополімерів, що дозволяють захищати пробіотики від агресивного впливу шлункового соку та ферментів. Це дає можливість підтримувати їхню життєздатність протягом довшого часу, знижуючи при цьому втрати біологічної активності. Також нові форми доставки, такі як жувальні таблетки, функціональні напої, пробіотичні батончики та мікрогранули, дозволяють споживачам отримувати пробіотики в зручній для них формі [3,4].

Мікроінкапсуляція є однією з найпоширеніших і найефективніших технологій доставки пробіотиків. Вона полягає у покритті пробіотичних клітин оболонкою з біологічно сумісних матеріалів, що захищають їх від зовнішнього середовища. Такі капсули можуть забезпечити поступове вивільнення пробіотиків у кишківнику, що збільшує їх ефективність. Сучасні дослідження показують, що поєднання інкапсуляції з функціональними матрицями (молочні продукти, м'ясні продукти, зернові вироби) значно підвищує стійкість пробіотиків до шлункового середовища [4].

У світлі сучасних тенденцій розвитку ринку здорового харчування, функціональні продукти, збагачені пробіотиками, представляють собою перспективну галузь для інновацій. Продукти з додаванням пробіотичних мікроорганізмів, які одночасно виконують харчову та терапевтичну функції, можуть стати основою для розвитку нових продуктів. Зокрема, такі продукти мають великий потенціал для зміцнення здоров'я населення, профілактики захворювань та підвищення загальної якості життя [3].

Розробка нових продуктів потребує врахування багатьох чинників, включаючи тип пробіотичних культур, харчові матриці для їх інкапсуляції, а також відповідність продукту до смакових уподобань споживачів. Наприклад, серед перспективних напрямків можна відзначити використання не тільки молочних продуктів, а й інших харчових матриць, таких як м'ясо, зернові вироби, напої та кондитерські вироби. Кожна з цих матриць має свої переваги та недоліки, що слід враховувати при розробці нових продуктів [3].

З огляду на все вищевикладене, можна зробити висновок, що сучасні технології доставки пробіотиків відкривають нові можливості для розвитку функціональних продуктів, що сприяють зміцненню здоров'я населення. Використання інноваційних технологій, таких як мікроінкапсуляція, у поєднанні з різними харчовими матрицями, дозволяє створювати ефективні пробіотичні продукти, які відповідають вимогам сучасного ринку та сприяють профілактиці захворювань.

Новизною даного проекту є виробництво функціонального кисломолочного продукту із додаванням пробіотичних культур *Bacillus coagulans* BC4, що інкапсулюються в пасту фініків, що буде не лише збільшувати користь кінцевого продукту, а й покращувати його смакові якості [5].

РОЗДІЛ 1

ПРОБІОТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ

1.1. Створення функціональних продуктів, як метод доставки пробіотиків

Сучасні споживачі все більше прагнуть до поліпшення свого здоров'я за рахунок харчування, що стимулює розвиток функціональних продуктів, збагачених пробіотиками. Пробиотики, живі мікроорганізми, які при вживанні в адекватних кількостях мають корисний вплив на здоров'я, стали важливою складовою харчових продуктів. Зокрема, вони відіграють ключову роль у підтримці мікробіоти кишківника, що позитивно впливає на загальне здоров'я, включаючи імунну систему, травлення та навіть психічний стан. Створення функціональних продуктів з пробіотиками відкриває нові горизонти у харчовій промисловості [6].

Функціональні продукти — це харчові продукти, які містять біологічно активні компоненти, що при регулярному споживанні можуть сприяти підтримці або поліпшенню здоров'я. Вони можуть включати вітаміни, мінерали, антиоксиданти, клітковину та пробіотики. Пробиотики у функціональних продуктах сприяють підтримці рівноваги мікрофлори кишківника, що є важливим для попередження багатьох захворювань та підтримки загального здоров'я організму [7].

Одним з головних викликів при створенні функціональних продуктів з пробіотиками є забезпечення їх виживання протягом терміну зберігання, а також під час проходження шлунково-кишкового тракту. Пробиотики чутливі до високих температур, кислого середовища та дії кисню, що ускладнює їх включення до різних типів продуктів харчування. Тому розробка таких продуктів вимагає використання інноваційних технологій для мікроінкапсуляції, що захищає пробіотики до моменту їх доставки в кишечник [7].

					<i>НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кухарова М.К.</i>			РОЗДІЛ 1 ПРОБІОТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ		
<i>Перевір.</i>		<i>Старовойтова С.О.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Стабніков В.П.</i>					
					<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						11	156
					<i>Кафедра БТМ</i>		

Розробка функціональних продуктів, що виступають носіями пробіотиків, передбачає кілька підходів [8]:

1. Ферментовані молочні продукти. Йогурти, кефір та інші ферментовані молочні продукти традиційно використовуються як носії пробіотиків. Вони забезпечують сприятливе середовище для збереження та активності пробіотичних культур.
2. Немолочні продукти. Розробляються альтернативні варіанти для людей з непереносимістю лактози або веганів, такі як пробіотичні напої на основі соєвого, мигдального чи кокосового молока. Крім того, існують пробіотичні снеки та злакові продукти, які є зручними для щоденного споживання. Особливої популярності набувають м'ясні та хлібобулочні функціональні продукти.
3. Синбіотики. Комбінування пробіотиків з пребіотиками (нерозчинними харчовими волокнами) створює синбіотики, що забезпечує подвійний ефект — стимуляцію росту корисної мікрофлори та підвищення виживаності пробіотиків.

Перспективи розвитку функціональних продуктів з пробіотиками включають розширення асортименту, створення нових смакових варіантів, а також впровадження більш складних та ефективних технологій доставки пробіотиків. Такі продукти можуть бути орієнтовані на різні групи споживачів, враховуючи специфічні потреби, такі як дитяче харчування, продукти для людей похилого віку, та харчування для спортсменів [9].

Функціональні продукти відіграють центральну роль у доставці пробіотиків до організму людини. Ці продукти мають ряд переваг, що робить їх ефективними у підтримці здоров'я кишкової мікрофлори та загального стану здоров'я. Однак, разом з перевагами, існують і певні недоліки, які слід враховувати при їх споживанні [10]. Нижче (табл. 1.1.) представлена порівняльна таблиця, яка відображає основні аспекти використання функціональних продуктів для доставки пробіотиків.

**Переваги та недоліки функціональних продуктів, як методу
доставки пробіотиків**

Аспект	Переваги	Недоліки
Біодоступність та ефективність	Пробіотики доставляються разом із харчовими речовинами, що сприяє їх виживанню в шлунково-кишковому тракті та підвищує їх ефективність.	Чутливість пробіотиків до умов зберігання та шлункового соку може призвести до зниження їх активності.
Зручність	Споживання функціональних продуктів є простим і природним способом введення пробіотиків у раціон.	Не всі споживачі можуть інтегрувати такі продукти у своє щоденне харчування через смакові уподобання або алергії.
Асортимент продуктів	Широкий вибір продуктів (йогурти, напої, снеки) дозволяє підібрати відповідний варіант для кожного споживача.	Обмежений вибір для людей з харчовими алергіями або непереносимістю певних інгредієнтів (наприклад, лактози).
Тривалість дії	Регулярне вживання таких продуктів забезпечує тривалий позитивний ефект на мікрофлору кишківника.	Для досягнення тривалого ефекту необхідне постійне споживання продуктів, що може бути затратним.
Здоров'я кишківника	Допомагають підтримувати баланс мікрофлори кишківника, що сприяє покращенню травлення та зміцненню імунної системи.	Не всі пробіотичні штами можуть виживати та розмножуватися в шлунково-кишковому тракті, що знижує їх ефективність.

Примітка: таблицю сформовано автором на основі джерела [10]

Важливим аспектом будь-якого бізнесу є потреба в кінцевій продукції. Тому, нижче представлено групи споживачів, що потенційно можуть бути зацікавлені у функціональних продуктах з пробіотиками [11]:

- Люди, які піклуються про своє здоров'я. Ця група включає споживачів, які активно займаються своїм здоров'ям, шукають

продукти, що можуть сприяти поліпшенню травлення, імунітету та загального стану здоров'я.

- Особи з проблемами травлення. Люди, які мають проблеми з шлунково-кишковим трактом, такі як синдром подразненого кишківника або дисбактеріоз, можуть бути зацікавлені у регулярному споживанні продуктів з пробіотиками для нормалізації мікрофлори.
- Люди з непереносимістю лактози або вегани. Для цієї групи розробляються спеціальні немолочні пробіотичні продукти, що дозволяє їм отримувати корисні пробіотики без споживання тваринних продуктів.
- Спортсмени та активні люди. Спортсмени часто потребують підтримки імунної системи та здоров'я кишківника, особливо в умовах високих фізичних навантажень, тому вони можуть віддавати перевагу функціональним продуктам з пробіотиками.
- Люди похилого віку. З віком мікрофлора кишківника змінюється, що може призвести до різних проблем зі здоров'ям. Пробіотичні продукти можуть допомогти підтримати здоров'я та покращити якість життя людей похилого віку.

Функціональні продукти з пробіотиками мають ряд специфічних параметрів, які визначають їх ефективність як засобу доставки корисних мікроорганізмів до організму людини. Ці параметри враховуються при розробці, виробництві та виборі таких продуктів:

1. Склад пробіотичних штамів [12]

- Вибір штамів. Функціональні продукти можуть містити різні види пробіотиків, такі як *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus thermophilus* та інші. Вибір конкретного штаму визначає, на яку частину шлунково-кишкового тракту і на які функції організму буде впливати продукт.

- Комбінація штамів. Деякі продукти можуть містити комбінацію кількох пробіотичних штамів, що підсилює їх вплив на різні аспекти здоров'я (наприклад, одночасне поліпшення травлення та підтримка імунітету).
2. Кількість живих пробіотиків (колонієутворюючі одиниці, КУО) [12,13]
- Мінімальна ефективна доза. Для забезпечення позитивного впливу на здоров'я функціональні продукти повинні містити достатню кількість живих пробіотичних мікроорганізмів. Зазвичай, ефективна доза складає від 10^6 до 10^{10} КУО на порцію продукту.
 - Стабільність кількості. Важливо, щоб кількість КУО залишалася стабільною протягом усього терміну зберігання продукту.
3. Форма доставки [13]
- Продукти з натуральною ферментацією. Функціональні продукти, як йогурти, кефіри або квашена капуста, містять пробіотики, що утворюються природним шляхом під час ферментації.
 - Продукти з додаванням пробіотиків. Деякі продукти, такі як соки, снеки або злакові, збагачуються пробіотиками під час виробничого процесу.
4. Стійкість до умов зберігання [12]
- Термін зберігання. Пробиотики є чутливими до умов зберігання, таких як температура, вологість та наявність кисню. Функціональні продукти повинні бути розроблені таким чином, щоб забезпечити стабільність пробіотиків протягом усього терміну зберігання.
 - Упаковка. Правильно розроблена упаковка, що захищає продукт від кисню та вологи, є критично важливою для збереження активності пробіотиків.
5. Захист пробіотиків від агресивного середовища шлунку [12,13]
- Мікроінкапсуляція. Один із методів захисту пробіотиків від шлункової кислоти та жовчних кислот, який може застосовуватися

окремо (див п.1.2) так і в поєднанні з іншими методами збереження життєздатності пробіотичних культур. Завдяки цій технології пробіотики зберігають свою життєздатність та досягають кишківника в активному стані.

- Ферментовані продукти. Природні ферментовані продукти забезпечують середовище, яке сприяє виживанню пробіотиків при проходженні через шлунково-кишковий тракт.

6. Органолептичні властивості [14]

- Смак. Пробіотики не повинні впливати на смак продукту, або їхній вплив має бути позитивним (наприклад, надання продукту м'якості або приємної кислинки).
- Текстура. Важливо, щоб додавання пробіотиків не погіршувало текстуру продукту (наприклад, не робило його надто рідким або густим).

7. Сумісність з іншими інгредієнтами [15]

- Пребіотики. Продукти можуть містити пребіотики — речовини, які сприяють росту та активності пробіотиків у кишечнику, створюючи синбіотичний ефект.
- Інші функціональні інгредієнти. Включення додаткових функціональних компонентів, таких як вітаміни, мінерали або антиоксиданти, що працюють синергічно з пробіотиками.

8. Маркетинг та цільова аудиторія [16]

- Позиціонування. Продукти можуть бути орієнтовані на певні групи споживачів (наприклад, дітей, людей похилого віку, спортсменів, веганів), що визначає їх складу та маркетингову стратегію.
- Освіта споживачів. Інформація на упаковці повинна чітко пояснювати переваги продукту, правильний спосіб його вживання та очікувані результати.

9. Технологічність виробництва [17]

- Інноваційні методи. Використання сучасних технологій, таких як мікроінкапсуляція або сублімаційне сушіння, для збереження активності пробіотиків.
- Екологічність. Врахування екологічних аспектів виробництва, включаючи використання біорозкладних матеріалів для упаковки та мінімізацію вуглецевого сліду.

10. Вартість продукту [16]

- Ціна. Функціональні продукти з пробіотиками можуть бути дорожчими за традиційні продукти, що обмежує їх доступність для деяких споживачів.
- Співвідношення ціна-якість. Важливо забезпечити баланс між вартістю продукту та його ефективністю, щоб споживачі отримували максимальну користь за розумну ціну.

Ці параметри визначають якість, ефективність і привабливість функціональних продуктів для кінцевого споживача, забезпечуючи стабільне постачання пробіотиків до організму та сприяючи покращенню здоров'я.

Технологія створення функціонального продукту з додаванням пробіотиків як одна з сучасних методик доставки передбачає низку етапів для створення фінального корисного харчового продукту. Перший етап створення функціонального продукту з пробіотиками передбачає вибір відповідної харчової матриці (наприклад, молочні продукти, злакові батончики, фруктові соки, овочеві соки, різноманітні відвари та напої немолочної основи, а також багато іншого). Важливо враховувати здатність матриці підтримувати життєздатність пробіотиків протягом терміну зберігання та під час проходження через шлунково-кишковий тракт. Обрана матриця повинна бути сумісною з пробіотичними штамами, щоб не погіршувати їх виживання та ефективність [18].

Другий етап вже передбачає підготовку пробіотичних культур, а отже, ферментацію. Цей етап представлений вирощування пробіотичних штамів у відповідних умовах для досягнення необхідної кількості живих клітин

(колонієутворюючих одиниць, КУО). На ньому перевіряється концентрація пробіотичних клітин (яка має бути щонайменшою від 10^6 КУО/мл) для забезпечення ефективного дозування у кінцевому продукті [18].

Наступним етапом є включення пробіотиків до продукту. Пробіотики можуть додаватися до продукту на різних етапах виробництва: під час ферментації, на етапі упаковки або у вигляді сухого порошку. Іноді, додатково для захисту пробіотиків від агресивних умов шлунково-кишкового тракту та забезпечення їх стабільності під час зберігання застосовується технологія мікроінкапсуляції. Це дозволяє пробіотикам залишатися активними до моменту їх досягнення кишківника [18,19].

Четвертим етапом є формування продукту. Важливо враховувати термічну та механічну обробку, щоб уникнути пошкодження пробіотиків. Наприклад, у випадку термічної обробки (пастеризації), пробіотики можуть бути додані після цього етапу. Готовий продукт упаковують в середовище, яке захищає його від вологи та кисню, щоб зберегти стабільність пробіотиків [19].

Передостанній етап передбачає контроль якості готової продукції. На етапі контролю якості перевіряється кількість КУО у готовому продукті для забезпечення відповідності заявленим характеристикам. Продукт піддається тестуванню на стабільність протягом терміну зберігання, включаючи тестування за різних умов (температура, вологість) [20].

Останній етап визначає терміни зберігання функціонального продукту. Важливо розробити умови зберігання, які мінімізують вплив на життєздатність пробіотиків, наприклад, зберігання в прохолодному місці або уникання прямих сонячних променів [20].

Для створення функціональних продуктів, що містять пробіотики, як вже було вказано, використовується чимала кількість харчових матриць. Проте, дана технологія як має ряд переваг, так і ряд недоліків. В табл.1.2. продемонстровані харчові матриці, а також їх сильні та слабкі сторони.

**Переваги та недоліки функціональних продуктів, як методу
доставки пробіотиків**

Харчова матриця	Пробіотики, які можуть використовуватись	Переваги	Недоліки	Джерело
Молочні продукти (йогурти, кефіри)	<i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i>	Природне середовище для пробіотиків, висока біодоступність	Потреба у холодильному зберіганні, можливі алергії на лактозу	[21]
Фруктові соки	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. casei</i>	Легка доступність, можливість збагачення вітамінами	Висока кислотність може знижувати виживаність пробіотиків	[22]
Злакові батончики	<i>Bacillus coagulans</i> , <i>L. rhamnosus</i>	Тривалий термін зберігання, зручність для споживання на ходу	Відсутність вологи може знижувати активність пробіотиків	[23,24]
Снеки (сухі суміші)	<i>Saccharomyces boulardii</i> , <i>B. subtilis</i>	Довгий термін зберігання, стійкість до температурних коливань	Обмежена кількість штамів, які можуть вижити в таких умовах	[25,26]
Напої на основі рослинного молока	<i>L. reuteri</i> , <i>B. lactis</i>	Альтернатива для людей з непереносимістю лактози або веганів	Менш сприятливе середовище для виживання пробіотиків	[27,28]
Ферментовані овочі (квашена капуста)	<i>L. brevis</i> , <i>L. plantarum</i>	Природний процес ферментації, висока біодоступність пробіотиків	Обмежений асортимент, смак може бути незвичним для споживачів	[29]
М'ясні продукти (ковбасні вироби)	<i>L. sakei</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i>	Покращення органолептичних властивостей, підвищення безпеки продукту	Складність збереження активності пробіотиків через термообробку, можливість змін в текстурі продукту	[30]

1.2. Метод інкапсулювання як система доставки пробіотиків

Метод інкапсулювання як система доставки пробіотиків є технологічним процесом, що полягає в капсуляції живих пробіотичних мікроорганізмів у захисну оболонку (капсулу) з метою їх збереження під час зберігання, транспортування і, найважливіше, під час проходження через шлунково-кишковий тракт. Це допомагає забезпечити виживання пробіотиків і їх доставку в місце дії, наприклад, у кишечник, де вони можуть сприяти покращенню здоров'я [31].

Методики інкапсулювання можуть використовуватися залежно від вимог до кінцевого продукту, зокрема щодо стабільності пробіотиків, зручності введення в харчові продукти, та вартості виробництва [31]. Оскільки різні методики мають свій принцип роботи, а також переваги та недоліки, порівняння було сформовано в табл.1.3.

Таблиця 1.3.

Порівняння різних методик інкапсулювання

Методика	Принцип роботи	Матриці інкапсуляції	Переваги	Недоліки	Джерело
Екструзія	Пробіотики змішуються з полімером (наприклад, альгінатом) і формуються в краплі шляхом екструзії через голку. Після цього капсули тверднуть в кальцієвому розчині.	Альгінат натрію, каррагинан, пектин, желатин	Високий рівень виживання пробіотиків, що забезпечує ефективність доставки до ШКТ	Обмежений вибір полімерів, що може вплинути на сумісність з різними продуктами	[32]
			Простота технології, що знижує вартість виробництва	Великі розміри капсул можуть ускладнити введення в харчові продукти	
			Низька вартість процесу		
Спрей-сушка	Пробіотики змішуються з розчином захисних речовин, потім розпилюються у вигляді дрібних крапель у гарячий повітряний потік, що призводить до швидкого висушування і утворення дрібних порошкових капсул.	Мальтодекстрин, молочний білок, арабська камедь, крохмаль	Можливість масштабного виробництва, що дозволяє отримувати великі обсяги продукту	Потребує спеціального обладнання, що збільшує вартість виробництва	[33]
			Висока стабільність пробіотиків у порошковій формі.	Висока температура може пошкодити термочутливі пробіотики, що знижує їх ефективність	

Продовження табл.1.3.

			Придатність для використання у порошкових харчових продуктах, таких як сухі суміші або добавки.		
Емульсія/ Коацервація	Пробіотики змішуються з водною фазою і емульгуються в органічну фазу. Після цього утворюються коацервати (капсули), які стабілізуються шляхом висадження або осадження.	Желатин, арабська камедь, соєвий білок, пектин	Висока ефективність інкапсулювання, що забезпечує добрий захист пробіотиків	Складність технології вимагає високої кваліфікації персоналу і спеціального обладнання	[34]
			Можливість інкапсулювання в різні полімери, що дозволяє налаштувати властивості капсул для конкретних застосувань	Використання органічних розчинників може бути небезпечним і потребує додаткових заходів безпеки	
Ліофілізація (Сублімаційна сушка)	Пробіотики заморожуються, а потім висушуються у вакуумі, що дозволяє зберегти їх активність і структуру.	Кріопротекти анти: мальтодекстрин, сахароза, трегалоза	Висока ефективність збереження активності пробіотиків, що дозволяє тривалий час зберігати продукт без втрати якості	Висока вартість процесу, що може зробити кінцевий продукт дорожчим	[35]
			Довготривале зберігання без потреби в холодильнику	Можливі труднощі у масштабуванні виробництва.	
			Мінімальний вплив на структуру і властивості пробіотиків	Необхідність спеціального обладнання і тривалість процесу сушіння.	
Нано-запилення	Нанесення ультратонких шарів полімерів або біоматеріалів на біоактивні частинки методом напилення.	Поліакрилати, хітозан	Точний контроль товщини оболонки,	Потребує спеціалізованого обладнання,	[36]
			Можливість створення багатошарових структур.	Висока вартість процесу.	

Іоногеле-утворення	Взаємодія полімерів із іонами (наприклад, Ca^{2+} для альгінатів) для утворення гелевих капсул.	Альгінати, пектин	Простота процесу	Низька механічна стабільність гелевих капсул	[37]
			Можливість використання біосумісних матриць.	Обмежена тривалість зберігання в рідкому середовищі.	
Електро-спінінг	Створення ультратонких волокон або наноматеріалів через електричне поле з полімерного розчину, який містить біоактивні речовини.	Полімери (ПВА, ПЕГ, желатин)	Можливість контролю структури та розміру волокон	Складність масштабу	[38]
			Висока біосумісність	Залежність від типу розчинника і властивостей полімеру	
Флуїдизація	Інкапсуляція шляхом нанесення матриці у псевдозрідженому шарі під дією потоку повітря.	Мальто-декстрин, крохмаль, желатин	Висока продуктивність.	Потреба у контролі параметрів потоку	[39]
			Можливість обробки великих обсягів матеріалу	Ризик пошкодження чутливих до тепла біоактивних речовин.	
Соль-гель метод	Утворення капсул через контрольований гідроліз і полімеризацію у водному середовищі.	Силікати, біосумісні полімери	Висока хімічна стабільність капсул,	Складність процесу	[40]
			Можливість створення пористих матриць	Можливий залишок токсичних реагентів.	
Мікро-флюїдика	Створення контрольованих капсул за допомогою мікрофлюїдичних чіпів, які формують рівномірні частинки.	Гідрогелі, біополімери	Висока точність і відтворюваність,	Висока вартість обладнання,	[41]
			Можливість створення мультикапсул.	Складність масштабування	

Матриці мікрокапсуляції відіграють ключову роль у створенні стабільних і ефективних мікрокапсул для доставки пробіотиків. Вони забезпечують захист пробіотиків від агресивних умов зовнішнього середовища, таких як висока температура, вологість, кислотність шлункового соку та інші фактори, що можуть знизити життєздатність пробіотиків до моменту їх досягнення цільової ділянки в організмі [42].

Види матриць мікрокапсуляції:

- Гідроколоїди. Вони є полісахаридами або білками, що здатні утворювати гелі в присутності іонів або під впливом температури. Вони широко використовуються для створення міцних і стійких капсул, які забезпечують ефективний захист пробіотиків. Ці матриці підходять для використання в харчових продуктах, напоях, а також у фармацевтиці, де важливо забезпечити захист пробіотиків під час проходження через ШКТ. Прикладами таких матриць є альгінат, каррагинан, пектин, желатин. Альгінатні капсули використовуються для інкапсуляції пробіотиків у йогуртах, що забезпечує їх виживання під час зберігання та проходження через ШКТ [43].
- Полімери на основі білків. Білкові полімери мають хороші гелеутворюючі властивості, що дозволяє створювати капсули з високою біосумісністю. Вони часто використовуються у поєднанні з іншими матрицями для підвищення міцності та стабільності капсул. Білкові матриці можуть бути застосовані в харчовій промисловості, біомедичних застосуваннях і виробництві функціональних харчових добавок. До таких матриць відносяться желатин, соєвий білок, казеїнат натрію [44].
- Полімери на основі вуглеводів. Ці полімери є ефективними захисниками під час процесів сушіння (наприклад, спрей-сушки) і зберігання. Вони знижують ризик денатурації або пошкодження пробіотиків за рахунок своєї здатності стабілізувати клітинні мембрани. Полімери на основі вуглеводів використовуються для створення порошкових пробіотичних продуктів, таких як харчові добавки або складники функціональних харчових продуктів. До них відносяться мальтодекстрин, крохмаль, трегалоза. Полімери на основі вуглеводів використовуються для інкапсуляції пробіотиків у кормах для тварин, що сприяє покращенню їхнього здоров'я і підвищенню продуктивності [45].

- Ліпіди. Ліпідні матриці здатні утворювати гідрофобні бар'єри навколо пробіотиків, що забезпечує їх захист від вологи та окислення. Вони можуть створювати матриці з контрольованим вивільненням пробіотиків. Ліпідні капсули використовуються у фармацевтичних препаратах, харчових добавках та косметиці, де необхідно забезпечити захист активних інгредієнтів від окислення або інших зовнішніх впливів. Прикладами таких матриць є лецитин, стеаринова кислота та тригліцериди. Ліпідні капсули, наприклад, на основі лецитину, використовуються для створення пробіотичних препаратів з контрольованим вивільненням. Ліпідні матриці також застосовуються для інкапсуляції пробіотиків у косметичних продуктах, де вони допомагають покращити стан шкіри, забезпечуючи захист від зовнішніх факторів [46].

Мікрокапсуляція пробіотиків відкриває широкі можливості для їх застосування в різних галузях, забезпечуючи стабільність і ефективність доставки цих корисних мікроорганізмів. Використання різних матриць дозволяє адаптувати капсули до конкретних умов, таких як шлункова кислотність, температурні режими або специфічні вимоги до вивільнення активних інгредієнтів. Це робить мікрокапсуляцію перспективним напрямом розвитку для виробництва інноваційних продуктів у харчовій, фармацевтичній, косметичній та агропромисловій галузях [42].

Функціональні продукти та метод інкапсуляції є двома основними підходами до доставки пробіотиків в організм, і вони мають свої особливості та переваги.

Переваги функціональних продуктів, як методу доставки пробіотиків [47]:

1. Природне середовище. Харчові матриці можуть захищати пробіотики під час проходження через шлунково-кишковий тракт, оскільки вони містяться в середовищі, яке часто сприяє їхньому виживанню.

2. Споживча привабливість. Багато споживачів віддають перевагу отриманню пробіотиків через звичні продукти харчування, що робить функціональні продукти зручним способом інтеграції пробіотиків у щоденний раціон.
3. Синергетичний ефект. Деякі харчові матриці можуть взаємодіяти з пробіотиками, збільшуючи їхню ефективність. Наприклад, ферментовані продукти можуть містити пребіотики, що додатково підтримують ріст пробіотичних бактерій.

Недоліки функціональних продуктів, як методу доставки пробіотиків

[47]:

1. Чутливість до умов зберігання. Пробиотики можуть втратити життєздатність під впливом температури, вологості або через тривалий час зберігання.
2. Обмеження в діапазоні продуктів. Не всі продукти харчування підходять для додавання пробіотиків, оскільки умови їх виробництва можуть знижувати життєздатність мікроорганізмів.

Метод інкапсуляції передбачає "упакування" пробіотиків у захисні оболонки, що дозволяє краще зберігати їхню життєздатність та стабільність. Існує кілька методів інкапсуляції, таких як мікроінкапсуляція, наноінкапсуляція, ліпосомна інкапсуляція та інші [48].

Переваги [48]:

1. Покращений захист. Інкапсуляція захищає пробіотики від впливу агресивних факторів, таких як шлункова кислота, жовч, висока температура та інші.
2. Контрольоване вивільнення. Завдяки інкапсуляції можна досягти контрольованого вивільнення пробіотиків у певних відділах шлунково-кишкового тракту, що підвищує їх ефективність.
3. Збільшений термін зберігання. Інкапсульовані пробіотики мають довший термін придатності, оскільки їхня життєздатність краще захищена.

Недоліки [48]:

1. Складність технології. Процеси інкапсуляції можуть бути технологічно складними та вимагати дорогого обладнання.
2. Потенційні зміни в органолептичних властивостях. Інкапсуляція може вплинути на смак, текстуру або зовнішній вигляд кінцевого продукту, що може знизити його привабливість для споживачів.
3. Вартість. Вартість інкапсульованих пробіотиків може бути вищою, що може збільшити кінцеву ціну продукту для споживачів.

В табл.1.4. показано порівняння двох сучасних методів доставки пробіотиків.

Таблиця 1.4.

Порівняння функціональних продуктів та інкапсуляції як сучасних методик доставки пробіотиків

Аспект	Функціональні продукти (харчові матриці)	Інкапсуляція
Захист пробіотиків	Захист надається харчовою матрицею	Високий рівень захисту завдяки інкапсуляції
Простота використання	Легко включаються у щоденний раціон	Можуть вимагати додаткової обробки або додатків
Технологічна складність	Простота у виробництві	Висока складність виробництва
Термін зберігання	Може бути обмеженим умовами зберігання	Довший термін зберігання завдяки захисним оболонкам
Вартість	Зазвичай нижча	Вища вартість через технологічні витрати

Примітка: таблицю сформовано автором на основі джерел [47,48]

Важливо зазначити, що в деяких випадках ці методики можуть поєднуватися для досягнення максимальної ефективності доставки пробіотиків. Наприклад, пробіотики можуть бути інкапсульовані, а потім додані до харчових продуктів. Це дозволяє поєднувати переваги обох підходів: захист від зовнішніх факторів, що надається інкапсуляцією, та зручність використання у вигляді функціональних продуктів [49].

Переваги поєднання методик [49]:

1. Підвищена стабільність. Інкапсульовані пробіотики можуть краще зберігати свою життєздатність навіть у складних умовах зберігання.
2. Посилений захист під час споживання. Інкапсульовані пробіотики краще витримують агресивне середовище шлунка і звільняються в потрібному відділі кишківника.
3. Розширені можливості продуктів. Поєднання методик дозволяє створювати продукти, які підходять для більш широкого кола споживачів, включаючи тих, хто потребує підвищеного захисту пробіотиків.

Це поєднання може використовуватися для створення високоефективних функціональних продуктів, що дозволяє зберегти і навіть покращити пробіотичні властивості у кінцевому продукті.

Харчові матриці залишаються популярним засобом доставки пробіотиків завдяки своїй зручності та здатності легко інтегруватися в раціон споживачів. Зростання попиту на функціональні продукти свідчить про перспективність цього підходу, особливо у сегменті здорового харчування. Основним викликом залишається забезпечення стабільності пробіотиків під час зберігання та транспортування. Однак, розвиток нових харчових матриць, які краще захищають пробіотики, може вирішити ці проблеми.

Інкапсуляція надає пробіотикам додатковий захист, що значно підвищує їхню життєздатність та ефективність після споживання. Завдяки можливості контролювати вивільнення пробіотиків у певних відділах шлунково-кишкового тракту, інкапсуляція має великий потенціал у створенні нових високоефективних продуктів. Подальший розвиток технологій інкапсуляції, зокрема мікро- та наноінкапсуляції, обіцяє ще більшу ефективність доставки пробіотиків, хоча це може вимагати значних інвестицій.

Поєднання харчових матриць та інкапсуляції відкриває нові можливості для підвищення ефективності доставки пробіотиків. Цей підхід дозволяє створювати продукти, які не тільки зручні у використанні, але й забезпечують максимальний захист та стабільність пробіотиків. Індустрія харчових продуктів

все більше звертає увагу на такі комбіновані підходи, що свідчить про їхню перспективність у майбутньому.

Як харчові матриці, так і інкапсуляція мають значний потенціал як сучасні методи доставки пробіотиків. Обидва підходи можуть бути успішно використані залежно від конкретних вимог до продукту та умов ринку. Комбінування цих методів, ймовірно, стане однією з ключових стратегій у створенні нових ефективних пробіотичних продуктів у майбутньому.

РОЗДІЛ 2

МІКРООРГАНІЗМИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ, В ЯКИХ ВОНИ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ

2.1. Молочнокислі бактерії

Молочнокислі бактерії (МКБ) є одним із найпоширеніших видів пробіотиків, які широко використовуються в харчовій промисловості та медицині. Вони включають такі роди, як *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* та *Pediococcus*. Ці бактерії відіграють важливу роль у підтримці здоров'я людини завдяки своїй здатності підтримувати баланс мікрофлори кишечника, знижувати ризик шлунково-кишкових захворювань, покращувати імунну систему та мати протизапальні властивості [50].

МКБ сприяють нормалізації кишкової мікрофлори, що допомагає запобігти дисбіозу. Вони стимулюють імунну відповідь організму, підвищуючи захисні функції організму. МКБ виробляють різні антимікробні речовини, такі як бактеріоцини, які можуть пригнічувати ріст патогенних мікроорганізмів. Ці бактерії можуть покращувати перетравлювання лактози та інших нутрієнтів, роблячи їх більш доступними для організму [50].

Для успішної доставки молочнокислих бактерій до кишечника важливо використовувати відповідні харчові матриці. Вибір матриці має вплив на виживання бактерій під час проходження через агресивне середовище шлунка та їх подальшу колонізацію в кишечнику.

Основні харчові матриці:

- Молочні продукти (йогурти, кефір, сир). Молочні продукти є природними носіями для МКБ і мають властивості, що сприяють їх виживанню. Продукти на основі молока також забезпечують бактерії поживними речовинами, такими як білки та лактоза. До недоліків відноситься короткий термін зберігання, необхідність зберігання при

					<i>НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Кухарова М.К.</i>			<i>РОЗДІЛ 2 МІКРООРГАНІЗМИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ, В ЯКИХ ВОНИ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Старовойтова С.О.</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Реценз.</i>									29	156
<i>Н. Контр.</i>								<i>Кафедра БТМ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Стабніков В.П.</i>								

низьких температурах [51].

- Ферментовані овочі (квашена капуста, квашені огірки, кімчі). Перевагою таких продуктів є високий вміст клітковини і поживних речовин, які сприяють росту та виживанню МКБ. Проте, до недоліків відносяться смакові обмеження, залежність від ферментації для збереження активності пробіотиків [52].
- Хлібобулочні вироби (пробіотичний хліб, крекери). Перевагою таких продуктів, в першу чергу, є зручна форма для споживання, а також можливість включення інших функціональних інгредієнтів (наприклад, пробіотичних дріжджів). Негативними факторами є вплив температури під час випікання на життєздатність бактерій [53].
- Сухі продукти (ліофілізовані порошки, добавки у вигляді капсул). Позитивною стороною такого продукту є довгий термін зберігання, зручність у транспортуванні. Проте, з'являється необхідність захисту від вологи та кисню для збереження життєздатності бактерій [53].
- Напої (функціональні соки, пробіотичні води). Перевагою таких продуктів є зручність у споживанні та можливість включення різних штамів пробіотиків. До недоліків відноситься обмежена стабільність пробіотиків у рідкому середовищі, потреба в добавках для покращення стабільності [54].
- **М'ясні продукти** (ковбаси, м'ясні пасти та паштети) також можуть використовуватися як харчова матриця для доставки молочнокислих бактерій. Це відносно новий напрямок, але він має значний потенціал для створення функціональних продуктів харчування. М'ясо забезпечує живильне середовище для бактерій, підтримуючи їх життєздатність і функціональність. Додавання молочнокислих бактерій може підвищити харчову цінність м'ясних продуктів,

особливо з урахуванням зростаючого попиту на функціональні харчові продукти. Деякі молочнокислі бактерії здатні продукувати речовини, що пригнічують патогенні мікроорганізми, що може подовжити термін зберігання продукту. Проте, м'ясні продукти часто піддаються тепловій обробці, що може знижувати життєздатність пробіотичних культур. Також, для збереження активності пробіотиків потрібні спеціальні умови зберігання, такі як низькі температури. Використання пробіотиків в м'ясних продуктах вимагає точного контролю за мікробіологічною якістю для уникнення небажаних змін у складі продукту [55].

В табл.2.1. продемонстровано харчові матриці, як методи доставки молочнокислих бактерій.

2.2. Дріжджі

Дріжджі є одноклітинними грибами, які можуть виступати в ролі пробіотиків. Найбільш відомими серед них є *S. boulardii*, який використовується для підтримки здоров'я кишечника та боротьби з різними шлунково-кишковими розладами. На відміну від бактерій, дріжджі є більш стійкими до агресивних умов шлунково-кишкового тракту, що робить їх перспективними для використання в пробіотичних продуктах [56].

Основні переваги дріжджів як пробіотиків [57]:

- Стійкість до антибіотиків. На відміну від бактерій, дріжджі менш чутливі до дії антибіотиків, що робить їх ефективними під час антибактеріальної терапії.
- Підтримка здоров'я кишечника. Дріжджі сприяють відновленню нормальної мікрофлори кишечника та підтримці бар'єрної функції слизової оболонки.

Використання харчових матриць для доставки молочнокислих пробіотичних бактерій

Біологічний агент	Склад поживного середовища для культивування, г/л	Параметри культивування	Концентрація клітин, КУО/мл	Харчова матриця	Параметри зберігання	Початкова концентрація клітин в продукті, КУО/мл(г)	Кінцева концентрація клітин в продукті, КУО/мл(г)	Джерело
<i>L. acidophilus</i> LDMB-01	Пептон – 10, М'ясний екстракт – 10, Дріжджовий екстракт - 5, Глюкоза – 20, Натрій ацетат – 5, Триаммоній цитрат – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·H ₂ O – 0,05, K ₂ HPO ₄ - 2, Полісорбат 80 - 1	18 год, 37 °С, статичні умови	10 ¹⁰	Шоколадне молоко	90 днів при 4 °С	10 ^{8,85}	10 ⁸	[58]
7 днів при 25 °С					10 ^{8,85}	10 ^{5,5}		
<i>L. acidophilus</i> LA02 ID 1688		15 год, 37 °С, статичні умови	10 ¹⁶	Веганський шоколад	120 днів при 4 °С	10 ^{13,87}	10 ^{12,54}	[59]
<i>L. curvatus</i> P99		24 год, 37 °С, статичні умови	10 ⁷	Ферментований вівсяний молочний напій	35 днів при 4 °С	10 ^{7,1}	10 ^{7,45}	[60]
<i>S. thermophilus</i> St1342					10 ⁹	Йогурт на основі молока кеш'ю	21 день при 4 °С	10 ^{8,08}
<i>L. rhamnosus</i> DPC7102		4,5×10 ¹¹	Сир Чеддер	180 днів при 8 °С	10 ^{9,3}	10 ^{5,8}	[62]	
<i>L. paracasei</i> DPC7150					10 ^{9,3}	10 ^{5,8}		
<i>L. rhamnosus</i> ATCC 53103		10 ⁹	Молочний десерт насінням айви ³	25 днів при 15 °С	10 ^{8,2}	10 ⁷	[63]	
<i>L. brevis</i> PML1	10 ⁶	Йогурт	14 днів при 4 °С	10 ⁶	10 ⁸	[64]		
<i>L. acidophilus</i> LA-5	24 год, 37 °С, статичні умови	10 ⁸		24 год, 4 °С, рН 3	10 ^{8,87}	10 ^{7,57}	[65]	

<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB-12	Пептон – 10, М'ясний екстракт – 10, Дріжджовий екстракт – 5, Глюкоза – 20, Натрій ацетат – 5, Триаммоній цитрат – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·H ₂ O – 0,05, K ₂ HPO ₄ – 2, Полісорбат 80 – 1 Цистеїн – 50	24 год, 37 °С, статичні умови	10 ⁸	Йогурт	24 год, 4 °С, рН 3	10 ^{8,31}	10 ^{7,87}	[65]
<i>L. rhamnosus</i> GG	Змішаний сік манго та маркви як основа, NaCl – 0,2	24 год, 37 °С, статичні умови	10 ¹⁰	Сік манго та моркви	35 днів при 8 °С	10 ^{6,8}	10 ^{8,35}	[66]
<i>L. acidophilus</i> LA-14			10 ¹⁰			10 ^{8,2}	10 ^{7,49}	
<i>L. plantarum</i> LP299V			2 × 10 ⁹			10 ^{7,3}	10 ^{8,56}	
<i>L. rhamnosus</i> GR-1	Сухе знежирене молоко – 100	6 год, 38 °С, статичні умови	10 ^{8,58}	Йогурт на коров'ячому та верблюжому молоці	30 днів при 4 °С	10 ^{8,58}	10 ^{8,09}	[67]
<i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>lactis</i>	Сухе знежирене молоко – 100, Глюкоза – 10, Дріжджовий екстракт – 20	24 год, 42 °С, статичні умови	10 ⁹	Йогурт на основі молока кеш'ю	21 день при 4 °С	10 ^{6,36}	10 ^{6,15}	[61]
<i>L. plantarum</i> BF	Сироватковий пермеат – 60, Пептон – 10, Дріжджовий екстракт – 8, Твін 80 – 1, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,05	24 год, 37 °С, статичні умови	10 ^{13,3}	Ферментовані ковбаски	4 дні при 25 °С	10 ^{8,84}	10 ^{8,78}	[68]

<i>L. crispatus</i> BC3	Пептон – 10, М'ясний екстракт – 10, Дріжджовий екстракт - 5, Глюкоза – 20, Натрій ацетат – 5, Триаммоній цитрат – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·H ₂ O – 0,05, K ₂ HPO ₄ - 2, Полісорбат 80 – 1 Цистеїн – 0,5	18 год, 37 °С, статичні умови	10 ⁹	Соєве молоко	90 днів при 25 °С	10 ¹⁰	10 ^{9,95}	[69]
<i>L. gasseri</i> BC9								
<i>L. rhamnosus</i> GR-1	Пептон – 10, М'ясний екстракт – 10, Дріжджовий екстракт - 5, Глюкоза – 20, Натрій ацетат – 5, Триаммоній цитрат – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·H ₂ O – 0,05, K ₂ HPO ₄ - 2, Полісорбат 80 - 1	24 год, 37 °С, статичні умови	10 ⁹	Морквяний сік	3 дні при 25 °С	10 ^{8,5}	10 ^{9,2}	[70]
				Моркв'яно-яблучний сік		10 ^{8,4}	10 ^{9,4}	
				Моркв'яно-апельсиновий сік		10 ^{8,5}	10 ^{9,2}	
				Моркв'яно-буряковий сік		10 ^{8,2}	10 ^{9,0}	
<i>L. plantarum</i> ATCC 8014	K ₂ HPO ₄ - 2, Полісорбат 80 - 1	16 год, 37 °С, статичні умови	6×10 ¹⁰	Варення з пелюсток троянд	90 днів при 24 °С	10 ⁸	10 ^{6,37}	[71]
<i>L. paracasei</i> K5			10 ⁸	Сир фета	90 днів при 4 °С	10 ^{8,5}	10 ^{7,7}	[72]
<i>L. plantarum</i> NCIMB 8826			10 ⁸	Злаково-бобовий прикорм «weanimix»	24 год при рН 3	10 ^{9,8}	10 ^{8,8}	[73]
<i>L. plantarum</i> BG112		6 год, 30 °С, статичні умови	10 ¹⁴	Салямi	14 днів при 4 °С	10 ¹⁰	10 ⁸	[74]

- Імуномодулюючий ефект. Вони можуть стимулювати імунну відповідь організму, захищаючи його від патогенів.
- Антитоксична дія. Дріжджі можуть зв'язувати та нейтралізувати токсини, вироблені патогенними мікроорганізмами.

Як і для молочнокислих бактерій, вибір харчової матриці для доставки дріжджів є важливим для збереження їхньої життєздатності та активності. Дріжджі можуть бути інкапсульовані або додані до різних харчових продуктів для підвищення їх функціональності.

1. Молочні продукти (йогурти, ферментовані молочні напої, кефір). Дріжджі додаються на етапі ферментації або після неї. Молочні продукти забезпечують дріжджам оптимальні умови, такі як помірна кислотність і наявність поживних речовин. Молочні продукти містять білки, вуглеводи та жири, які підтримують життєздатність дріжджів. Вони також мають приємний смак, що підвищує прийнятність продукту споживачами. Необхідність зберігання при низьких температурах для збереження активності пробіотиків. Кислотність продуктів може впливати на тривалість життя дріжджів. Молочні продукти є ідеальним варіантом для доставки дріжджів завдяки їхньому сприятливому середовищу для збереження активності пробіотиків, але потребують холодного зберігання [75].

2. Хлібобулочні вироби (хліб, булочки, крекери). Дріжджі можуть бути додані безпосередньо до тіста або на пізніх етапах, що дозволяє зберегти їхню активність. Випічка може включати як традиційні, так і пробіотичні дріжджі. Хлібобулочні вироби є популярним продуктом, що дозволяє масово впроваджувати пробіотики в раціон населення. Дріжджі мають природне середовище для розмноження в тісті. Високі температури під час випікання можуть знижувати життєздатність дріжджів. Необхідно розробити способи інкапсуляції або додавання дріжджів після випікання для збереження їхньої активності. Хлібобулочні вироби можуть забезпечити ефективну доставку дріжджів, але вимагають спеціальних методів обробки для збереження їхньої активності [76].

3. Ферментовані напої (квас, пиво, комбуча). Дріжджі ферментують напої, продукуючи спирт і вуглекислий газ, що також створює сприятливі умови для

їхнього збереження. Після ферментації дріжджі залишаються активними, що дозволяє їх використання як пробіотиків. Ферментовані напої мають високий вміст дріжджів, які можуть бути ефективно доставлені в організм. Напої також можуть бути збагачені додатковими функціональними інгредієнтами. Стабільність дріжджів у напоях може змінюватися з часом, особливо при недотриманні умов зберігання. Крім того, вміст спирту в деяких напоях може обмежувати їх споживання певними групами населення. Ферментовані напої дозволяють створювати продукти з високим вмістом пробіотиків, але їх стабільність залежить від умов зберігання [77].

4. Сухі продукти (ліофілізовані дріжджі, добавки у вигляді порошків). Дріжджі ліофілізують (висушують шляхом заморожування) для створення порошку або гранул. Цей метод дозволяє зберегти активність дріжджів при тривалому зберіганні. Легко транспортуються та можуть бути додані до різних продуктів або напоїв. Сухі продукти вимагають спеціальної упаковки для захисту від впливу вологи і кисню, що може впливати на вартість кінцевого продукту. Потрібно також враховувати реактивацію дріжджів після додавання до їжі чи напою. Сухі продукти забезпечують довгий термін зберігання та легкість у використанні, але потребують захисту від зовнішніх факторів [76].

5. М'ясні продукти (ферментовані ковбаси, м'ясні пасти, паштети). Дріжджі можуть бути додані до м'ясних продуктів на етапі ферментації або після неї. Високий вміст білка в м'ясі сприяє їх виживанню та ефективній колонізації кишечника. М'ясні продукти є стабільним середовищем, яке може підтримувати життєздатність дріжджів. Вони також мають високу харчову цінність і привабливі для широкого кола споживачів. Теплова обробка, характерна для м'ясних продуктів, може знижувати активність дріжджів. Також необхідний контроль за мікробіологічною безпекою, щоб уникнути негативного впливу на якість продукту. М'ясні продукти є перспективним варіантом для доставки дріжджів, особливо в контексті функціональних харчових продуктів, але вимагають ретельного контролю за технологічними процесами [77].

В табл.2.2. показано харчові матриці як методи доставки дріжджів.

Використання харчових матриць для доставки пробіотичних дріжджів

Біологічний агент	Склад поживного середовища для культивування, г/л	Параметри культивування	Концентрація клітин, КУО/мл	Харчова матриця	Параметри зберігання	Початкова концентрація клітин в продукті, КУО/мл(г)	Кінцева концентрація клітин в продукті, КУО/мл(г)	Джерело
<i>S. cerevisiae</i> var. <i>boulevardii</i> CNCM-I745	Кава як основа	24 год, 30 °С	10 ⁶	Ферментована кава	14 тижнів при 4 °С	10 ⁶	10 ⁶	[79]
<i>P. kudriavzevii</i> DCNa1 та <i>W. subpelliculosus</i> DFNb6	Пептон – 20, Глюкоза – 20, Дріжджовий екстракт - 10	36 год, 25 °С	10 ⁹	Напій з кизилу	21 день при 4 °С	10 ^{8,36}	10 ^{8,01}	[80]
<i>S. cerevisiae</i> WB-06		18 год, 25 °С	10 ⁶	Пиво	60 днів при 0 °С	10 ^{8,23}	10 ^{7,05}	[81]
<i>P. kudriavzevii</i> OG32		24 год, 25 °С	10 ⁷	Мікс вівсянки	21 день при 20 °С	10 ^{5,3}	10 ^{8,19}	[82]
<i>M. caribbica</i> 9 D			10 ⁷	Ананасовий сік	21 день при 4 °С	10 ^{7,3}	10 ^{7,21}	[83]
<i>S. boulevardii</i> NCYC-3264			10 ⁹	Кукурудзяні пластівці	90 днів при 30 °С	10 ^{7,8}	10 ^{7,3}	[84]
<i>S. cerevisiae</i> UFMG 905			10 ⁹	Хліб	3 дні при 37 °С	5,7 × 10 ⁶	1,6 × 10 ⁷	[85]

Закінчення табл. 2.2.

<i>S. boulardii</i> CNCM I-745	Декстроза – 20, Пептон - 10	24 год, 25 °C	$10^{9,34}$	Морозиво	120 днів при -18 °C	$10^{9,8}$	$10^{6,16}$	[86]
	Зелений чай як основа	48 год, 30 °C	$10^{6,8}$	Зелений чай	87 днів при 25 °C	$10^{5,6}$	$10^{6,9}$	[87]
<i>K. marxianus</i> МК Y55	Солодовий екстракт – 5,	24 год, 30 °C	10^6	Ферментоване молоко	25 год при 30 °C	10^8	10^6	[88]
<i>K. marxianus</i> MZ927822.1	Дріжджові екстракт – 3, М'ясний екстракт – 5, Глюкоза - 10	16 год, 30 °C	10^6	Йогурт	21 день при 4 °C	$10^{4,08}$	10^3	[89]
<i>S. boulardii</i>	Глюкоза – 4, Картопля - 200	48 год, 30 °C	10^8	Томатно- моркв'яний сік	3 дні при 25 °C	$10^{6,5}$	$10^{7,2}$	[90]
<i>S. cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i>		24 год, 37 °C	$10^{7,59}$	Ягідний сік	4 тижні при 4 °C	10^8	$10^{6,8}$	[91]

2.3. Бацили

Бацили (рід *Bacillus*) — це спороутворюючі бактерії, які широко використовуються як пробіотики завдяки їхній здатності виживати в агресивних умовах шлунково-кишкового тракту. Спори бацил здатні витримувати високу кислотність, температуру та інші стресові фактори, що робить їх особливо ефективними пробіотиками [78].

Основні переваги бацил як пробіотиків [92]:

1. Стійкість до екстремальних умов. Спори бацил можуть виживати при високих температурах, низькій кислотності, дії жовчі та інших агресивних умовах.
2. Тривале збереження активності. Спори можуть залишатися в неактивному стані протягом тривалого часу, а потім активуватися в сприятливих умовах.
3. Потужний ефект колонізації. Після активації бацили швидко колонізують кишечник, витісняючи патогенні мікроорганізми та сприяючи відновленню мікрофлори.
4. Антимікробна дія. Деякі штами бацил продукують речовини, які пригнічують ріст патогенних бактерій.

Бацилові пробіотики, зокрема спорові форми *Bacillus*, мають унікальні властивості, що робить їх перспективними для включення в різні харчові продукти. Вибір правильної харчової матриці є критично важливим для збереження їхньої активності та ефективного доставлення в організм.

1. Молочні продукти (йогурти, кефір, сир). Бацили можуть бути додані на етапі ферментації або після нього. У молочних продуктах вони можуть перебувати в неактивній споровій формі, що забезпечує тривале збереження активності. Перевагами таких матриць є природне середовище для збереження активності бацил, високий вміст поживних речовин, які підтримують життєздатність бактерій. Проте, виникає необхідність зберігання при низьких температурах. Висока кислотність деяких молочних продуктів може впливати на активність бацил [93].

2. Хлібобулочні вироби (хліб, булочки, крекери). Бацили можуть бути додані до тіста у вигляді спор перед випіканням. Бацили здатні виживати при високих температурах, що робить їх ідеальними для використання в хлібобулочних виробках. Продукти легко впроваджувати на масовий ринок. Викликом для виробництва таких функціональних продуктів є забезпечення рівномірного розподілу спор у продукті, а також гарантія того, що спори активуються лише після споживання продукту [94].

3. Ферментовані напої (квас, пиво, комбуча). Бацили можуть бути додані на етапі ферментації напоїв або після неї. Вони залишаються в спорівій формі або активуються в процесі ферментації, залежно від умов. Ферментовані напої можуть містити значну кількість бацил, забезпечуючи тривалий термін зберігання. Передбачається можливість поєднання з іншими функціональними інгредієнтами. Проте, також виникає необхідність контролю за процесом ферментації, щоб уникнути передчасного проростання спор. Важливо також зберігати продукт при відповідних умовах [95].

4. Сухі продукти (ліофілізовані порошки, сухі добавки, крупи). Бацили ліофілізуються і перетворюються на порошок, який може бути включений до різних сухих продуктів. Це дозволяє зберігати їх у спорівій формі до моменту вживання. Такі продукти мають довгий термін зберігання без потреби в спеціальних умовах, легкість транспортування, можливість включення до різних продуктів. Але, виникає потреба в захисті від вологи та кисню, щоб уникнути передчасного проростання спор. Також важливо, щоб продукт мав приємний смак і текстуру після додавання пробіотиків [96].

5. М'ясні продукти (ферментовані ковбаси, м'ясні консерви, паштети). Бацили можуть бути додані на етапі ферментації або приготування м'ясних продуктів. Вони можуть зберігатися в спорівій формі, що забезпечує тривалий термін зберігання і стійкість до агресивних умов. Бацили стійкі до теплової обробки, що дозволяє використовувати їх у різних типах м'ясних продуктів. Вони також можуть покращувати мікробіологічну безпеку продуктів. Проблемою таких функціональних продуктів є необхідність контролю за мікробіологічною безпекою

продукту, щоб уникнути небажаних змін у складі. Важливо також забезпечити, щоб пробіотики залишалися активними після обробки продукту [97].

В табл.2.3. показано харчові матриці, які використовуються для доставки пробіотичних штамів бацил.

Тож, у висновку можна сказати, що доставка пробіотиків за допомогою харчових матриць є перспективним та популярним підходом, який базується на інтеграції пробіотичних мікроорганізмів у повсякденні продукти харчування. Основною перевагою цього методу є зручність для споживачів, оскільки функціональні продукти, такі як йогурти, сири, напої та інші харчові продукти, є звичними у раціоні та не потребують додаткових зусиль для споживання.

Харчові продукти служать природним середовищем для пробіотиків, що дозволяє уникнути складних технологій та зберігає натуральність продуктів. Це робить функціональні продукти привабливими для споживачів, які надають перевагу природним джерелам здоров'я. Пробіотики, інтегровані у щоденні продукти, легко включаються в раціон, що підвищує їх регулярне споживання. На відміну від інкапсуляції, яка інколи потребує спеціальних добавок або лікарських форм, харчові матриці забезпечують простоту і звичність споживання. Впровадження пробіотиків у харчові продукти зазвичай потребує менш складних технологій, ніж процеси інкапсуляції, що робить цей метод економічно вигідним та доступним для широкого виробництва. Деякі харчові матриці, такі як ферментовані продукти, можуть покращувати властивості пробіотиків, оскільки самі по собі мають сприятливі для мікроорганізмів середовища, які підтримують їх активність та життєздатність.

Метод доставки пробіотиків через харчові матриці є перспективним завдяки його зручності, природності та економічності. Він забезпечує широкий доступ до пробіотиків у повсякденному раціоні без необхідності застосування складних технологій. Хоча інкапсуляція надає кращий захист та стабільність пробіотиків, харчові матриці залишаються ефективним і популярним методом, особливо для продуктів масового споживання.

Використання харчових матриць для доставки пробіотичних штамів бацил

Біологічний агент	Склад поживного середовища для культивування, г/л	Параметри культивування	Концентрація клітин, КУО/мл	Харчова матриця	Параметри зберігання	Початкова концентрація клітин в продукті, КУО/мл(г)	Кінцева концентрація клітин в продукті, КУО/мл(г)	Джерело
<i>B. coagulans</i> BC4	Пептон – 5, М'ясний екстракт – 3, NaCl - 5	24 год, 37 °C	10 ¹²	Суха фінікова паста	45 днів при 25 °C	10 ^{7,98}	10 ^{7,9}	[5]
<i>B. coagulans</i> GBI-30			10 ⁸	Апельсиновий сік Йогурт	2 години при рН 3,0	10 ^{8,14} 10 ^{8,37}	10 ^{7,71} 10 ^{7,56}	[98]
<i>B. coagulans</i> LBSC			10 ¹¹	Протеїновий батончик	120 днів при 4 °C	10 ^{10,78}	10 ^{10,73}	[99]
				Морозиво		10 ^{9,52}	10 ^{9,48}	
				Кава		10 ^{9,42}	10 ^{9,38}	
				Сік манго		10 ^{9,35}	10 ^{9,25}	
				Гранатовий сік		10 ^{9,43}	10 ^{9,34}	
				Томатний кетчуп		10 ^{9,45}	10 ^{9,34}	
<i>B. subtilis</i> CU1			10 ¹¹	Цільнозерновий батончик	28 днів при 25 °C	8,2×10 ⁸	9,5×10 ⁸	[100]
<i>B. subtilis</i> WX-17			10 ⁶	Напій на пивоварному відпрацьованому зерні	4 тижні при 4 °C	10 ^{10,5}	10 ^{9,86}	[101]
<i>B. coagulans</i> GBI-30 6086	Дріжджовий екстракт – 3, Глюкоза – 10, NaCl – 5, Пептон - 5	40 год, 48 °C	10 ^{7,3}	Плавлений сир	45 днів при 6 °C	10 ⁸	10 ⁷	[102]

2.4. Вибір біологічного агента та методу мікрокапсулювання

Пробіотики – це дуже велика група мікроорганізмів, яка в загальному представлена молочнокислими бактеріями. Але, крім цієї групи, до пробіотиків відносять деякі бацили та дріжджі. Тому, будемо розглядати різні біологічні агенти з врахуванням матриць (методів) їх доставки.

Для доставки пробіотичного штаму *L. rhamnosus* (штам не вказано) використовували метод інкапсулювання за допомогою методів емульсії/внутрішнього гелеутворення в розчині хлориду кальцію. Альгінатно-пробіотичні мікрокульки додатково покривали ксантановою камедю, камедю акації, казеїнатом натрію, хітозаном, крохмалем або карагенаном для отримання різних типів мікрокапсул. Найвищу ефективність інкапсуляції показали мікрокапсули альгінату з ксантаном ($95,13 \pm 0,44\%$). Для захисту пробіотичних бактерій в імітованих кишкових умовах альгінатні мікрокульки, вкриті ксантановою камеддю, відіграли важливу роль і продемонстрували рівень виживання $87,3 \pm 0,79\%$, що було приблизно на 38% вище, ніж у вільних клітин ($49,4 \pm 06\%$) [103].

Дріжджі *Kluveromyces marxianus* VM004 інкапсулювали методом розпилювального сушіння за допомогою концентрату сироваткового білка або водорозчинного хітозану. Оптимальна температура сушіння на виході становила 68°C . Ця температура дозволила отримати ефективність інкапсуляції 91% для суспензії 10% сироваткового білку. Дріжджі, мікрокапсульовані у водорозчинний хітозан, показали значно покращену толерантність до імітованих шлунково-кишкових захворювань порівняно з вільними дріжджами та дріжджами, мікрокапсульованими у сироватковому білку. Суспензія з 30% твердих речовин (29:1 сироваткового білку:розчинного хітозану) показала 95% життєздатності після проходження через шлунково-кишкові умови [104].

B. subtilis C-3102 мікрокапсулювали з β -глюканом вівса за допомогою технології розпилювальної сушки. Мікрокапсули мали розмір частинок $1,5 \pm 0,34$ мкм і ефективність інкапсуляції $77,9 \pm 3,06\%$. Після впливу імітованих шлункових рідин виживаність мікрокапсульованих клітин становила $10^{8,4 \pm 0,07}$ КУО/мл, а

вільних клітин — $10^{7,6} \pm 0,06$ КУО/мл. Після 90 днів зберігання лише мікрокапсульовані клітини залишалися вище 10^6 КУО/мл [105].

Крім інкапсуляції також застосовуються й харчові продукти як матриці для доставки пробіотиків. Визначено придатність висушеної фінікової пасти як носія пробіотичного штаму *B. coagulans* BC4 з точки зору виживання під час зберігання та моделювання шлунка *in vitro*. Ліофілізований *B. coagulans* BC4, переважно у формі спор, додавали до 5 різних препаратів висушеної фінікової пасти, отримуючи початкову концентрацію від $10^{7,87}$ до $10^{8,12}$ КУО/г. Не було виявлено значних коливань щодо життєздатності та відсоткового вмісту спор між пастами після 45 днів зберігання в аеробних і анаеробних умовах. Крім того, після пасажу в шлунку *in vitro* *B. coagulans* не продемонстрував значної втрати життєздатності при введенні в фінікову пасту [5].

Визначено можливість створення функціонального продукту на основі нежирної саямі італійського типу з додаванням штамів *L. casei* з фруктоолігосахаридами. *L. casei* SJRP66 і *L. casei* SJRP169 були відібрані та додані до ферментованої ковбаси з низьким вмістом жиру – С (контроль), FOS (25% знижений вміст жиру з 2% FOS), FOS_66 (25% знижений вміст жиру з 2% FOS і *L. casei* SJRP 66) і FOS_169 (25% зниження жиру з 2% FOS і *L. casei* SJRP 169). FOS_66 і FOS_169 продемонстрували хорошу кількість пробіотиків ($10^8 \log$ КУО/г) протягом 18 днів зберігання [106].

Для пробіотиків *Saccharomyces boulardii* (штам не вказано) використовували кукурудзяні пластівці як матриця доставки. Кукурудзяні пластівці, вкриті пробіотиками з камеддю акації (6%) продемонстрували максимальний захист *S. boulardii* ($10^{7,3 \pm 0,1}$ КУО/г) порівняно з контролем ($10^{2,3 \pm 0,1}$ КУО/г) при обробці попередньо нагрітим молоком при 80 ± 2 °С. Модельована шлунково-кишкова модель показала помітну стійкість *S. boulardii* до кислоти, пепсину та помірну стійкість до панкреатичного соку. Кукурудзяні пластівці, покриті пробіотиками, показали 88,3% виживання *S. boulardii* при зберіганні при 30 ± 2 °С протягом 90 днів [107].

Попереднє порівняння показано в табл.2.4.

Порівняння параметрів культивування пробіотиків та їх мікрокапсуляції

Біологічний агент	Склад поживного середовища, г/л	Режим культивування	Метод доставки	Матриця	Ступінь виживання, %		Джерело
					При зберіганні	При проходженні шлункового соку	
<i>L. rhamnosus</i> (штам не вказано)	Пептон – 10, Дріжджовий екстракт – 5, Яловичий екстракт – 10,	24-48 годин, 37 °С, анаеробні умови	Інкапсуляція	Альгінат з ксантаном	92,70 ± 1,86	68,0 ± 0,91	[103]
<i>L. casei</i> SJRP169	Глюкоза – 20, КЗРО4 - 2, Ацетат натрію – 5, MgSO ₄ - 0,2, MnSO ₄ - 0,05, Твін-80 – 1,08, Цитрат амонію – 2	24 години, 37 °С, анаеробні умови	Харчова продукція (пробіотик в складі харчового продукту)	Італійська нежирна саямі	96,47	-	[106]
<i>K. marxianus</i> VM004	Пептон – 20, Глюкоза – 20, Дріжджовий екстракт - 10	24 години, 150 об/хв, 37 °С	Інкапсуляція	Сироватковий білок та хітозан	87,5	Більше 95	[104]
<i>S. boulardii</i> (штам не вказано)		24 години, 150 об/хв, 30±2 °С	Харчова продукція (пробіотик в складі харчового продукту)	Кукурудзяні пластівці та камедь акації	88,3	91,9	[107]
<i>B. subtilis</i> C-3102	Пептон – 10, NaCl – 5,		Інкапсуляція	β-глюкан та альгінат	71,5	88,4	[105]
<i>B. coagulans</i> BC4	Дріжджовий екстракт - 5	24 години, 150 об/хв, 37 °С	Харчова продукція як матриця інкапсуляції	Паста фініків	98,99	99,75	[5]

Отже, з табл.2.4. видно, що в залежності від підібраної методики відрізняється ступінь виживання пробіотиків. Найліпші показники демонструються при використанні фінікових відходів як матриці інкапсуляції для доставки пробіотичного штаму *B. coagulans* BC4. Непогані характеристики збереження життєдіяльності продемонстровано й для дріжджів *K. marxianus* VM004 та *S. boulardii* (штам не вказано), з врахуванням того, що способи їх доставки кардинально відрізняються. Інші біологічні агенти показують не такі гарні показники виживання.

Для більш досконалого порівняння варто дізнатись вартість 1 л поживного середовища для кожного біологічного агенту. Його розрахунок вказано в табл.2.5.

Таблиця 2.5

**Розрахунок поживних середовищ для культивування пробіотиків
з різними системами їх доставки**

Продуцент	Компонент поживного середовища, г/л	Ціна компонента, грн/кг	Вартість компонента (грн) на 1 л середовища	Джерело
<i>L. rhamnosus</i> (штам не вказано)	Пептон – 10	191,87	1,92	1
	Дріжджовий екстракт – 5	287,80	1,44	2
	Яловичий екстракт – 10	153,49	1,53	3
	Глюкоза – 20	40,8	0,82	4
	КЗРО4- 2	48	0,1	5
	Ацетат натрію – 5	36	0,18	6
<i>L. casei</i> SJRP169	MgSO ₄ - 0,2	21,6	0,004	7
	MnSO ₄ - 0,05	39	0,002	8
	Твін-80 – 1,08	82	0,09	9
	Цитрат амонію – 2	40	0,08	10
	Вартість 1 л поживного середовища ≈ 6,17 грн			
<i>K. marxianus</i> VM004	Пептон – 20,	191,87	3,84	1
	Глюкоза – 20,	40,8	0,82	4
<i>S. boulardii</i> (штам не вказано)	Дріжджовий екстракт - 10	287,80	2,88	2
	Вартість 1 л поживного середовища ≈ 7,54 грн			
<i>B. subtilis</i> C-3102	Пептон – 10,	191,87	1,92	1
	NaCl – 5,	7	0,04	11
<i>B. coagulans</i> BC4	Дріжджовий екстракт - 5	287,80	1,44	2
	Вартість 1 л поживного середовища ≈ 3,4 грн			

Примітка (ціни наведено станом на грудень 2024 року): 1 - <https://russian.alibaba.com/product-detail/Casein-1600960711331.html?spm=a2700.7724857.0.0.41db22aclsrIq> , 2 - <https://russian.alibaba.com/p-detail/klife->

[1600790543609.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_title.10ff1837uIPQEH&s=p,](https://www.alibaba.com/product-detail/Beef-Tasteless-Collagen-Protein-Powder-Extracted-62304350855.html?spm=a2700.7724857.0.0.7136625aNYNCPQ) 3 -
[https://www.alibaba.com/product-detail/Beef-Tasteless-Collagen-Protein-Powder-Extracted-62304350855.html?spm=a2700.7724857.0.0.7136625aNYNCPQ,](https://www.alibaba.com/product-detail/Beef-Tasteless-Collagen-Protein-Powder-Extracted-62304350855.html?spm=a2700.7724857.0.0.7136625aNYNCPQ) 4 -
[https://www.systopt.com.ua/ru/item-glyukoza,](https://www.systopt.com.ua/ru/item-glyukoza) 5 - [https://megachem.com.ua/monokalijfosfat.html,](https://megachem.com.ua/monokalijfosfat.html) 6 -
[https://selitra.biz/p759222148-atsetat-natriya-e262.html,](https://selitra.biz/p759222148-atsetat-natriya-e262.html) 7 - [https://www.systopt.com.ua/ru/item-magnij-sirchanokyslyj-7-vodnyj-sulfat-magniyu,](https://www.systopt.com.ua/ru/item-magnij-sirchanokyslyj-7-vodnyj-sulfat-magniyu) 8 - [https://megachem.com.ua/ua/sulfat-marganca.html,](https://megachem.com.ua/ua/sulfat-marganca.html) 9 -
[https://megachem.com.ua/tvin-80.html,](https://megachem.com.ua/tvin-80.html) 10 - [https://www.covalent.com.ua/ru/shop/ammonium_citrate/,](https://www.covalent.com.ua/ru/shop/ammonium_citrate/) 11 -
<https://prom.ua/ua/p1936348689-sol-mytaya-pomel.html?&primelead=MC44NQ>

З таблиці 2.5 робимо висновок, що найдешевше середовище культивування притаманне для бацил та складає всього 3,4 грн. найдорожче – для дріжджів, 1 літр вартує 7,54 грн. Недалеко від результату дріжджів пішло середовище для культивування молочнокислих бактерій. Його вартість становить 6,17 грн.

Окремо варто порівняти вартість матриць, що використовуються для доставки пробіотиків. Таке порівняння показано в табл.2.6.

Таблиця 2.6.

Порівняння цін матриць пробіотичних штамів

Біологічний агент	Матриця	Вміст матриці на об'єм клітинної суспензії або готового продукту	Ціна за компонент, грн	Ціна матриці на 1 л клітинної суспензії, грн	
<i>L. rhamnosus</i> (штам не вказано)	Альгінат	50 г/л клітинної суспензії	1300	65	Всього: 82,5
	Ксантан	50 г/л клітинної суспензії	350	17,5	
<i>L. casei</i> SJRP169	Італійська нежирна салямі (основа – свиняча лопатка та свинячий жир)	800 (сирого м'яса), 200 (жиру) г/20 мл клітинної суспензії	148+45	Всього: 9650	
<i>K. marxianus</i> VM004	Сироватковий білок	290 г/л клітинної суспензії	535	155,15	Всього: 184,65
	Хітозан	10 г/л клітинної суспензії	2950	29,5	
<i>S. boulardii</i> (штам не вказано)	Кукурудзяні пластівці	1000 г/100 мл клітинної суспензії	50	500	Всього: 527,95
	Камедь акації	6 г/100 мл клітинної суспензії	465,75	27,95	

Закінчення табл.2.6.

<i>B. subtilis</i> C-3102	β-глюкан	20 г/л клітинної суспензії	1544	30,88	Всього: 121,88
	Альгінат	70 г/л клітинної суспензії	1300	91	
<i>B. coagulans</i> BC4	Паста фініків	150 г/л клітинної суспензії	139	Всього: 20,85	

Примітка (ціни наведено станом на серпень 2024 року): 1 - <https://prom.ua/p1724857667-natrij-alginat-alginovokislyj.html>, 2 - https://all-him.com.ua/p/2164962-ksantanovaya-kamed-kupit/?o=tG0FgrPrkLQIV3l-IMkrYg==&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Perf_Max-Turboweb&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2rnrJCTbzbIdZJ7LcNlEy1wEIS2V_g4FrSX8lquhZHujWylZWpO6kcaAiraEALw_wcB, 3 - <https://rodynna-kovbaska.ua/product/lopatka-svyniacha>, 4 - https://silpo.ua/product/svyniachyi-smalets-fermerskyi-795088?srsid=AfmBOoqYrQkON0HcpDAo-2PkKYWQACr68xdSg2F0dVcP9P_U_HutCsL, 5 - https://bigl.ua/ua/p679107084-protein-syvorotochnyj-lactoprot?utm_source=pmax&utm_medium=cpa&utm_content=ru&utm_campaign=30_50_all&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2p8QNo6Br-wDOGLHPe3fCoaEqtnS8UbIw88vPCvRYwIKwBKAfYDwOsaAqGZEALw_wcB, 6 - https://profiprot.com.ua/ua/p2274260785-hitozan-profiprot-1kg.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2ooVsPYea07sbjorjvQwuNQiS-ksCOKV6Bn5HM4UyoRM8X-6RaRYKEaAuDfEALw_wcB, 7 - https://foodmarket.com.ua/uk/na-golovnu/1564-1228-kukurudzyani-plastivci.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2qLkySMzRf8GiHIU_p4MP61F75HyTkWxb212N0Oh389pbz4czDa2JwaAqa_EALw_wcB#/4-fasuvannya-1kg, 8 - <https://xn---utbcjbgv0e.com.ua/ua/gummiarabik-1-kg.html>, 9 - https://www.aromasoap.com.ua/ua/aktivnie-kompleksi/beta-glukan.html?variant=7790&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2pEiKEY3iCqxDAQmatbqImC3Py9eD6WUUSypOnQKiTJq8Xp3R9qwCiaAkEYEAALw_wcB, 10 - https://gymbeam.ua/ua/finikova-pasta-gymbeam.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PMax%20-%20All%20products%20%5BUA%5D&utm_id=18133294743&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2rRSzyj_StkYk-l-0aci8sMNI3NDBsPF89k6vjFKAtM6lxXBQWAIUaArAqEALw_wcB#50062

Тож, з табл.2.6. можна зробити висновок, що найдешевшим варіантом для обробки 1 л клітинної суспензії є паста фініків, а найдорожчим – виробництва функціональної нежирної італійської салями. Для кінцевого порівняння, зводимо важливі дані з табл.2.4, 2.5 та 2.6. Ознайомитись з кінцевою характеристикою можна в табл.2.7.

Отже, з врахуванням усіх переваг та недоліків, пропонується обрати *B. coagulans* BC4, який використовує пасту з фініків як систему доставки через високий ступінь виживання пробіотичних культур при зберіганні та при проходженні шлункового соку.

Кінцеве порівняння пробіотичних штамів

Біологічний агент	Тривалість культивування	Вартість 1 л поживного середовища, грн	Вартість матриці на 1 л клітинної суспензії, грн	Ступінь виживання, %	
				При зберіганні	При проходженні шлункового соку
<i>L. rhamnosus</i> (штам не вказано)	48	6,17	82,5	92,70 ± 1,86	68,0 ± 0,91
<i>L. casei</i> SJR169	24		9650	96,47	-
<i>K. marxianus</i> VM004	24	7,54	184,65	87,5	Більше 95
<i>S. boulardii</i> (штам не вказано)	24		527,95	88,3	91,9
<i>B. subtilis</i> C-3102	24	3,4	121,88	71,5	88,4
<i>B. coagulans</i> BC4	24		20,85	98,99	99,75

РОЗДІЛ 3
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА
КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ НА ОСНОВІ МІКРОКАПСУЛ
BACILLUS COAGULANS

3.1. Характеристика пробіотичних мікрокапсул *Bacillus coagulans*

B. coagulans — це грам-позитивна, паличкоподібна бактерія, здатна до утворення ендоспор. Завдяки цьому вона стійка до несприятливих умов середовища, включаючи високу температуру та кислотність [107].

Бактерія здатна утворювати спори, що забезпечує її виживання при умовах високої кислотності, низьких та високих температурах, а також при зберіганні у сухому вигляді. Це робить *B. coagulans* зручною для використання в якості пробіотика, оскільки вона здатна пройти через агресивне середовище шлунково-кишкового тракту [107].

B. coagulans — це паличкоподібні бактерії, довжина яких становить приблизно 2-5 мікрметрів, а ширина — 0,5-1,2 мікрметра. Вони грам-позитивні, тобто при проведенні грам-фарбування ці бактерії утримують фіолетовий колір, що свідчить про товстий пептидоглікановий шар клітинної стінки. *B. coagulans* утворює круглі або овальні ендоспори, що розташовані в центральній частині клітини. Спори мають високу стійкість до несприятливих умов, таких як висока температура, кислотність та інші фактори, які можуть бути згубними для вегетативних форм бактерій. Бактерії мають джгутики і здатні до руху, що дає їм можливість активно мігрувати в рідких середовищах [108].

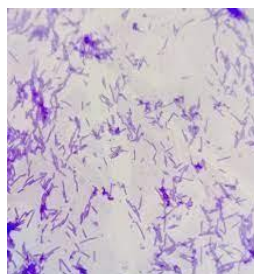


Рис.3.1. Клітини B. coagulans пофарбовані за Грамом [108]

					НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кухарова М.К.			РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ НА ОСНОВІ МІКРОКАПСУЛ <i>BACILLUS</i> <i>COAGULANS</i>					
Перевір.		Старовойтова С.О.						Лім.	Арк.	Аркушів
Реценз.									50	156
Н. Контр.								Кафедра БТМ		
Затверд.		Стабніков В.П.								

B. coagulans добре росте на звичайних живильних середовищах, таких як м'ясо-пептонний агар (МПА), м'ясо-пептонний бульйон (МПБ), кров'яний агар та інші звичні для бактеріальних культур середовища. Оптимальна температура для росту — 30-37 °С, що відповідає нормальній температурі людського тіла. Проте бактерія здатна рости і при нижчих чи вищих температурах, за рахунок утворення спор. *B. coagulans* може рости в середовищах з широким діапазоном рН (від 5,5 до 8,5), але оптимальний ріст спостерігається при нейтральному або слабнокислому рН (приблизно 6,5-7,5) [109].

На агаризованих середовищах колонії *B. coagulans* мають круглу форму, гладенькі краї, можуть бути прозорими або злегка опалесцентними. Колір колоній варіює від білого до світло-жовтого. Колонії зазвичай гладкі, злегка опуклі, із блискучою поверхнею [109,110].

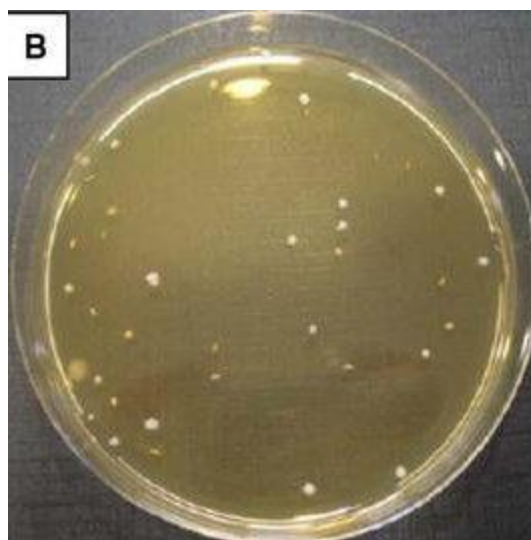


Рис.3.2. Колонії *B. coagulans* на агарі, що містить глюкозу та дріжджовий екстракт [110]

B. coagulans є молочнокислою бактерією, тому під час свого росту активно продукує молочну кислоту, що знижує рН середовища. Це її ключова культуральна характеристика при ферментації вуглеводів [109,110].

Бактерія є факультативним анаеробом, тобто може рости як в аеробних, так і в анаеробних умовах. В умовах обмеженої кількості кисню *B. coagulans* може продовжувати свою активність [108-110].

За оптимальних умов ріст бактерії відносно швидкий. Час подвоєння зазвичай становить 1-2 години при оптимальній температурі та поживному середовищі [108].

B. coagulans здатна ферментувати різні вуглеводи з утворенням молочної кислоти як основного продукту. Основні вуглеводи, які вона здатна ферментувати, включають [108]:

- Глюкозу
- Лактозу
- Сахарозу
- Мальтозу
- Манозу

B. coagulans є каталазопозитивною бактерією. Це означає, що вона здатна розщеплювати пероксид водню (H_2O_2) до води та кисню, завдяки наявності ферменту каталази. Цей тест часто використовується для розрізнення між різними грампозитивними бактеріями. Бактерія оксидазо-негативна, тобто не продукує фермент оксидазу, що бере участь у переносі електронів в аеробному диханні [107].

B. coagulans — молочнокисла бактерія, яка продукує L(+)-молочну кислоту. Ця характеристика важлива для її застосування у харчовій промисловості як пробіотик і в ферментаційних процесах. Бактерія може ефективно знижувати рН середовища до 3,5-4,0 за рахунок утворення молочної кислоти [107].

B. coagulans є нітрат-редуктазо-позитивною бактерією. Це означає, що вона здатна відновлювати нітрати до нітритів, що може бути важливим у процесах азотного обміну. *B. coagulans* здатна гідролізувати желатин, розщеплюючи білки до пептидів і амінокислот. Ця характеристика використовується для виявлення протеолітичної активності бактерії [107].

В процесі ферментації *B. coagulans* зазвичай не продукує значних кількостей газу. Це важлива характеристика для її використання в пробіотичних

продуктах, оскільки вона мінімізує небажане газоутворення в кінцевому продукті [107].

B. coagulans продукує різноманітні ферменти, що сприяють розщепленню полісахаридів і білків [107]:

- Амілази - розщеплюють крохмалі та інші полісахариди.
- Протеази - розщеплюють білки до пептидів та амінокислот.
- Ліпази - розщеплюють жири до жирних кислот та гліцерину.

Пробіотичні властивості *B. coagulans* [111]:

1. Стійкість до агресивних умов ШКТ. Завдяки утворенню спор, бактерія легко проходить через шлунок, витримуючи дію шлункового соку та жовчі. Це забезпечує її доставку до кишечника в активному стані, де вона може проявляти свої пробіотичні властивості.
2. Відновлення мікрофлори. *B. coagulans* сприяє відновленню балансу кишкової мікрофлори, допомагаючи зменшити кількість патогенних мікроорганізмів, таких як *Clostridium*, *Escherichia coli*, та збільшуючи кількість корисних бактерій, наприклад, *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*.
3. Протизапальні властивості. Ця бактерія здатна модулювати імунну відповідь, знижуючи запальні процеси в кишечнику та інших органах. Це робить її корисною при лікуванні запальних захворювань кишечника, таких як синдром подразненого кишечника (СПК).
4. Поліпшення травлення. *B. coagulans* сприяє покращенню травлення завдяки своїй здатності розщеплювати лактозу та інші вуглеводи, що може бути корисним для людей із непереносимістю лактози.
5. Підвищення імунітету. Існують дослідження, що свідчать про здатність *B. coagulans* стимулювати вироблення антитіл, активізувати макрофаги та підвищувати загальний імунітет організму.
6. Антимікробна активність. Бактерія продукує речовини з антимікробними властивостями, що можуть пригнічувати ріст патогенних бактерій, включаючи такі як *Staphylococcus aureus* і *Salmonella*.

7. Профілактика діареї. Пробиотик ефективний для попередження та лікування діареї, особливо антибіотико-асоційованої, спричиненої тривалим застосуванням антибіотиків, які знищують нормальну мікрофлору кишечника.

B. coagulans має антимікробну дію на гриби роду *Candida*, зокрема, на *C. albicans* — основного збудника кандидозу. Пробиотичний ефект цієї бактерії щодо кандиди можна пояснити через декілька механізмів [112]:

1. Конкуренція за живильні речовини та місце прикріплення. *B. coagulans* конкурує з *Candida* за живильні речовини та місце прикріплення на слизовій оболонці кишечника або інших тканин. Оскільки пробиотики здатні швидко колонізувати епітелій, це обмежує можливість *Candida* прикріплюватися та рости на цих поверхнях.

2. Зниження рН середовища. *B. coagulans* продукує молочну кислоту в процесі ферментації вуглеводів, що призводить до зниження рН середовища. Кисле середовище (рН < 5) пригнічує ріст грибів роду *Candida*, які віддають перевагу нейтральному або лужному середовищу. Це створює несприятливі умови для розвитку кандиди, знижуючи її кількість.

3. Продукція антимікробних речовин. *B. coagulans* може продукувати бактеріоцини та інші антимікробні речовини, що прямо інгібують ріст *Candida*. Бактеріоцини — це білкові сполуки, які мають активність проти широкого спектру мікроорганізмів, включаючи патогенні гриби.

4. Модуляція імунної відповіді. *B. coagulans* здатна стимулювати імунну систему, активуючи макрофаги та інші клітини імунітету, які атакують патогенні мікроорганізми, включаючи *Candida*. Крім того, бактерія сприяє продукції імуноглобулінів (IgA), які захищають слизові оболонки від колонізації патогенами.

5. Покращення бар'єрної функції слизової оболонки. *B. coagulans* сприяє відновленню цілісності та функціональності слизової оболонки кишечника. Це знижує ризик проникнення *Candida* через бар'єр слизової оболонки та її поширення в організмі.

6. Пригнічення біоплівки *Candida*. *Candida* здатна утворювати біоплівки на поверхнях епітелію, що захищає її від дії антибіотиків і імунної системи. *V. coagulans* може пригнічувати формування цих біоплівок, зменшуючи стійкість *Candida* до захисту організму та терапії.

7. Зменшення запальних процесів. Пробиотик знижує запальні процеси, спричинені колонізацією *Candida* в організмі. Це сприяє зменшенню симптомів кандидозу та полегшенню процесу одужання.

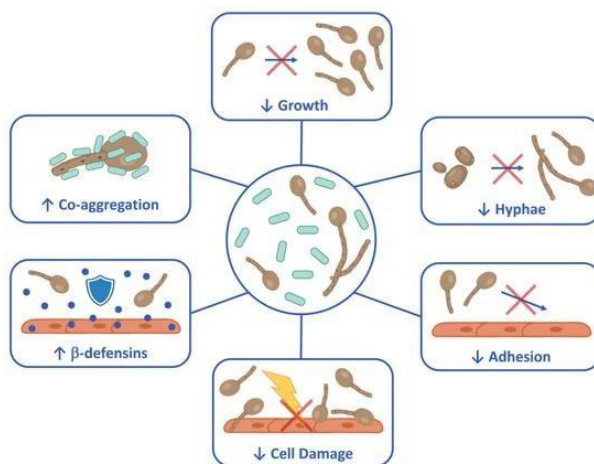


Рис.3.3. Схематичне зображення дії *V. coagulans* на гриби роду *Candida* [112]

V. coagulans проявляє пробіотичні властивості, які можуть бути ефективними при лікуванні коліту, зокрема, запальних захворювань кишечника (ЗЗК), таких як виразковий коліт та хвороба Крона. Механізм дії цього пробіотика при лікуванні коліту базується на кількох важливих механізмах [113]:

1. Модуляція імунної системи. *V. coagulans* здатна регулювати імунну відповідь організму, що є ключовим фактором у лікуванні коліту. Вона впливає на:

- Зменшення запальних цитокінів. Бактерія пригнічує синтез прозапальних цитокінів, таких як TNF- α , IL-6, та IL-1 β , які є основними факторами, що спричиняють запалення в кишечнику при коліті.

- Стимуляція протизапальних цитокінів. Одночасно стимулюється вироблення протизапальних цитокінів (IL-10), які пригнічують надмірну запальну реакцію і допомагають у загоєнні тканин.

2. Зміцнення бар'єрної функції слизової оболонки. У пацієнтів із колітом часто порушена цілісність епітеліального бар'єру кишечника, що дозволяє патогенам і токсинам проникати в кровотік і викликати системне запалення. *B. coagulans* сприяє:

- Зміцненню міжклітинних з'єднань. Пробіотик допомагає відновлювати пошкоджені міжклітинні зв'язки в епітелії кишечника, запобігаючи проникненню шкідливих речовин.
- Збільшенню вироблення слизу. Бактерія стимулює секрецію муцину — захисного шару слизу, який покриває епітелій кишечника та захищає його від механічних і хімічних ушкоджень.

3. Антимікробна активність. *Bacillus coagulans* конкурує з патогенними бактеріями за живильні речовини та місце прикріплення на епітелії кишечника. Це знижує кількість патогенів, які можуть спричинити подальше запалення. Пробіотик також продукує речовини з антимікробною дією, включаючи бактеріоцини та молочну кислоту, що створює несприятливі умови для росту патогенних мікроорганізмів.

4. Вплив на мікробіоту кишечника. У пацієнтів із колітом часто спостерігаються дисбіотичні зміни в мікробіоті, що сприяє хронічному запаленню. *B. coagulans* допомагає відновити баланс корисних мікроорганізмів, збільшуючи кількість таких бактерій, як *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*, які відіграють захисну роль для кишечника. Пробіотик пригнічує ріст таких шкідливих бактерій, як *E. coli* та *Clostridium difficile*, що може знизити ризик рецидивів та ускладнень коліту.

5. Продукція коротколанцюгових жирних кислот (КЛЖК). *B. coagulans* стимулює ферментацію вуглеводів у кишечнику з утворенням коротколанцюгових жирних кислот, таких як бутирова, пропіонова та оцтова кислоти. КЛЖК мають такі корисні властивості:

- Живлення для епітеліальних клітин. Бутирова кислота є основним джерелом енергії для клітин епітелію товстого кишечника, сприяючи їх регенерації та загоєнню пошкоджень.
- Протизапальний ефект. КЛЖК мають протизапальні властивості, оскільки вони пригнічують запальні процеси та стимулюють апоптоз (запрограмовану загибель) надмірно активованих імунних клітин.

6. Зменшення оксидативного стрес. При коліті часто виникає оксидативний стрес, який спричиняє пошкодження клітин і поглиблює запалення. *B. coagulans* сприяє зниженню рівня активних форм кисню (АФК) та збільшує активність антиоксидантних ферментів, таких як каталаза та супероксиддисмутаза. Це допомагає захистити клітини епітелію кишечника від подальших пошкоджень.

7. Зменшення болю та симптомів. Прийом *B. coagulans* пов'язаний зі зменшенням болю, діареї та інших симптомів, характерних для коліту, завдяки його здатності зменшувати запалення, покращувати бар'єрну функцію кишечника та регулювати мікробіоту.

8. Інгібіція апоптозу епітеліальних клітин. Запалення при коліті часто супроводжується надмірним апоптозом (загибеллю) епітеліальних клітин кишечника. *B. coagulans* допомагає зменшити цей процес, сприяючи виживанню клітин і покращенню регенерації пошкоджених тканин.

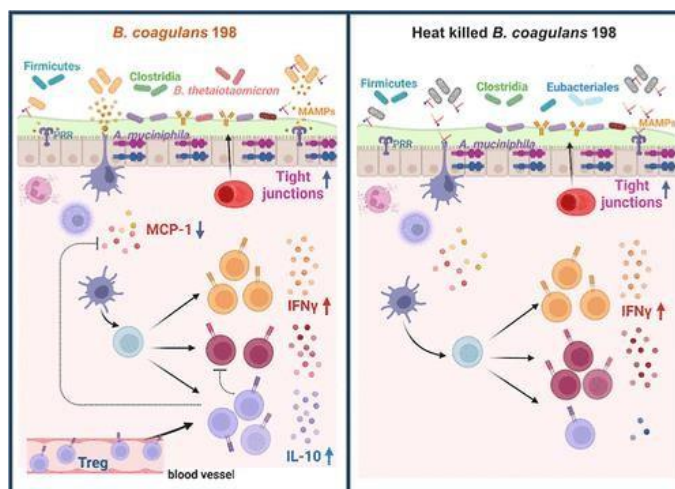


Рис.3.4. Схема механізмів дії пробіотичної культури *B. coagulans* при коліті [113]

3.2. Огляд ринку цільової продукції

Наразі на ринку не існує заквасок з мікрокапсульованими пробіотиками, проте закордоном вже починають з'являтися перші товари з таким позиціонуванням. Також, варто окремо зазначити, що жоден український виробник не характеризує свої закваски як ті, що можна застосовувати для одержання функціональних продуктів. Це може казати про нові можливості ринку молочної продукції, оскільки такі властивості можна використовувати у маркетинговій стратегії при продажі та популяризації готових функціональних молочнокислих продуктів.

Пропонується розглянути ринок заквасок для виробництва молочнокислих продуктів, що можуть містити в собі штами *B. coagulans*. Такий аналіз представлено в табл.3.1.

Таблиця 3.1.

Аналіз ринку заквасок для виробництва кисломолочних продуктів, що містять *B. coagulans*

Тип продукту	Назва закваски	Торгова марка	Країна виробник	Концентрація життєздатних клітин <i>B. coagulans</i> , КУО/мл	Джерело
Йогурт	Закваска йогурт	Genesis Laboratories OOD	Болгарія	Не менше 10^9	[114]
Кефір	Danisco Kefir DC LYO	Danisco	Франція	Не менше 10^9	[115]

З табл.3.1. можна зробити висновок про недостатню кількість заквасок для виробництва кисломолочних продуктів, що могли б містити клітини *B. coagulans*. До того ж, відзначимо, що в табл.1.5. взагалі відсутні закваски українського виробництва. Це говорить про відсутність конкуренції, а з врахуванням того, що наразі ніхто в Україні не виготовляє функціональні продукти, ринок кінцевого продукту є абсолютно пустим. З цього робимо

висновок про нагальну потребу в виробництві функціонального кисломолочного продукту, що містить пробіотичний штам *B. coagulans* BC4.

Кефір – це традиційно популярний молочний продукт в Україні, який асоціюється з здоровим способом життя та легким засвоєнням. Кефір є частиною культурних традицій і має значний рівень стабільного споживання, особливо серед старших поколінь та споживачів, орієнтованих на натуральні продукти. Йогурти, особливо з різними смаками, низькокалорійні варіанти та йогурти з додатковими функціональними інгредієнтами (пробіотиками, вітамінами, клітковиною) стають дедалі популярнішими серед молоді, що пов'язано з глобальними трендами на здорове харчування [116].

Кефір має історично менш інноваційний сегмент, оскільки він довгий час залишався майже незмінним у своїй рецептурі. Однак, спостерігається попит на функціональні варіанти (наприклад, кефіри з додаванням вітамінів, мікроелементів або пробіотичних культур). Ринок йогурту є більш інноваційним з точки зору різноманіття продуктів. З'являються безлактозні варіанти, йогурти з підвищеним вмістом білка, йогурти з додаванням пробіотиків та пребіотиків, органічні йогурти тощо. Це робить його більш привабливим для інвестицій в нові продукти [116].

Хоча кефір залишається важливою частиною раціону, його популярність поступово знижується серед молодшого покоління, яке більше орієнтоване на трендові та смачні продукти. Попит на йогурти зростає завдяки їхній здатності задовольняти різні потреби: як смачний продукт, як джерело пробіотиків та білка, як здоровий перекус. Молоді споживачі схильні вибирати йогурти через їх зручність і широкий вибір [117].

Існує потенціал для розвитку функціональних варіантів кефіру, зокрема з додаванням пробіотиків, суперфудів та підвищеного вмісту білків. Проте ринок може бути обмежений через традиційний образ продукту та звички споживачів. Йогурт має більше простору для інновацій та випуску нових функціональних продуктів. Зокрема, йогурти з підвищеним вмістом білка, з пробіотиками для

підтримки імунної системи, або з іншими функціональними інгредієнтами (колаген, вітаміни) [117].

Ринок йогуртів в Україні має більший потенціал для новітніх продуктів, особливо функціональних, з додаванням пробіотиків. Це обумовлено його популярністю серед молодого покоління, різноманіттю наявних продуктів, які вже орієнтовані на здорове харчування, та загальносвітовими трендами на йогурти з додатковими корисними властивостями. Кефір, хоча і залишається стабільним сегментом, вимагає менше інноваційних змін, оскільки його споживачі цінують його у традиційному вигляді [117].

Тож, пропонується розробити закваску для виробництва йогурту на основі мікрокапсул *B. coagulans* BC4. Така добавка буде лише позитивно впливати на органолептичні показники самого йогурту, оскільки фінікова паста буде виступати як натуральний підсолоджувач. Проте, потрібно врахувати при маркуванні готової продукції попередження про наявність слідів фініків, у випадку якщо у споживача може статися алергічна реакція на цей компонент йогурту.

3.3. Розрахунок річної потужності виробництва закваски на основі мікрокапсул *Bacillus coagulans*

За статистикою станом на 2021 рік, річне споживання йогурту становить 2,5 кг на людину в Україні [118]. Станом на 2024 рік в Києві проживає близько 2 888 485 [119]. Знаючи ці дані можна визначити потребу в йогурті для м. Києва.

Потреба в йогурті:

$$2\,888\,485 \times 2,5 \approx 7\,221\,212,5 \text{ кг}$$

З 1 літра молока виходить близько 750 г йогурту [120]. Тоді, для забезпечення потреб Києва потрібна така кількість молока:

$$\frac{7\,221\,212,5}{0,75} \approx 9\,628\,283 \text{ л}$$

На 3 літра молока для виробництва йогурту припадає 1 г закваски [114]. Основою закваски для йогурту є *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus* в співвідношенні 1:1 [121]. Проте, оскільки пропонується

виготовляти закваску для йогурту разом з пробіотичною культурою *B. coagulans* BC4, то співвідношення закваски буде 1:1:1.

Кількість закваски для йогурту, яка потрібна для забезпечення потреб киян становить:

$$\frac{9\ 628\ 283}{3} \approx 3\ 209\ 428\ \text{г} \approx 3\ 209,5\ \text{кг}$$

Оскільки тема функціональних продуктів є відносно новою, а також за наявності величезної кількості виробників йогурту, пропонується забезпечити лише 18% від загальної потреби, що становить:

$$3\ 209,5 \times 0,18 \approx 578\ \text{кг}$$

Знаючи, що лише третина закваски припадає на *B. coagulans* BC4, її кількість становитиме:

$$578 \times 0,33 \approx 190,7\ \text{кг}$$

Зазначимо, що 20% (5% - мальтодекстрин як захисний агент та 15% на саму пасту) припадатиме безпосередньо на мікрокапсули з пасти фініків [5]. Тож, кількість сухої біомаси *B. coagulans* BC4 становить:

$$190,7 \times 0,8 \approx 152,6\ \text{кг}$$

В статті [5] не вказана концентрація біомаси. Оскільки середовище є напівсинтетичним (як джерела вуглецю та азоту містить пептон та дріжджовий екстракт) перерахувати теоретичний вихід біомаси є доволі важко. Тому, припускаємо, що її кількість становитиме близько 6 г/л. Тоді, кількість культуральної рідини на рік становить:

$$\frac{152\ 600}{6} \approx 25\ 433\ \text{л}$$

З врахуванням втрат, що будуть відбуватись при виділенні та очищенні, які складають близько 10%, кількість культуральної рідини на рік становитиме:

$$\frac{25\ 433}{0,9} \approx 28\ 259\ \text{л}$$

Припустимо, що для виробництва закваски потрібно 330 діб. Тоді, кількість культуральної рідини за добу становитиме:

$$\frac{28\ 259}{330} = 86 \text{ л/добу}$$

Тепер, маємо врахувати кількість культуральної рідини за цикл. Тривалість циклу становить 24 (тривалість культивування)+10(підготовчі роботи)=34 години. Також, враховується коефіцієнт запасу (1,1-1,5). Тож, кількість культуральної рідини за цикл становитиме:

$$1,1 \times 86 \times \frac{34}{24} \approx 134 \text{ л/цикл}$$

Враховуючи втрати при біосинтезі, потрібно передбачити таку кількість культуральної рідини:

$$\frac{134}{(1 - 0,1)} = 149 \text{ л}$$

Геометричний об'єм ферментеру, з врахуванням особливостей бактерії, що культивується (коефіцієнт заповнення 0,6) має бути:

$$\frac{149}{0,6} \approx 248,3 \text{ л}$$

Найближчий за об'ємом ферментер становить 250 л. Перевіряємо коефіцієнт заповнення:

$$\frac{149}{250} = 0,596$$

Коефіцієнт знаходиться у межах аеробного культивування, а отже ферментер підбрано доцільно.

Кількість циклів на рік становитиме:

$$28\ 259/149=190 \text{ циклів}$$

Кількість посівного матеріалу становила 10 % від об'єму живильного середовища. Отже, щоб отримати 145 літрів середовища, знадобиться:

$$149 \times 0,1 = 14,9 \text{ л}$$

Тоді об'єм поживного середовища в ферментері буде становити:

$$149 - 14,9 = 134,1 \text{ л}$$

Врахуємо, що під час одержання 14,9 л інокуляту в посівному апараті 10 % культуральної рідини буде втрачено внаслідок краплевиносу через колектор

відпрацьованого повітря. З урахуванням цього об'єм поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становитиме:

$$14,9 \times 1,1 \approx 16,4 \text{ л}$$

Об'єм інокуляту 16 л за коефіцієнта заповнення 0,6 можна отримати в посівному апараті об'ємом:

$$16,4 / 0,6 \approx 27,3 \text{ л}$$

Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер 30 л.

Уточнюємо коефіцієнт заповнення:

$$K_{з2} = 16,4 / 30 = 0,55.$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах для аеробних процесів.

Кількість посівного матеріалу для посівного апарата становить 10 % від об'єму поживного середовища. Отже, для засіву 16,4 л необхідно приготувати:

$$16,4 \times 0,1 = 1,64 \text{ л посівного матеріалу,}$$

Тоді об'єм поживного середовища в посівному апараті буде становити:

$$16,4 - 1,64 = 14,76 \text{ л.}$$

Одержувати необхідні 1,64 л посівного матеріалу будемо в колбах в термостаті. Для цього використовують колби для термостату об'ємом 750 мл з коефіцієнтом заповнення 0,2. Тоді кількість колб становить:

$$1640 / (750 * 0,2) = 11 \text{ колб.}$$

Для зручності висновки стосовно кількості стадій і об'ємів підготовки посівного матеріалу представимо у вигляді таблиці 3.2:

Таблиця 3.2

Кількість стадій та об'єми підготовки посівного матеріалу

№ стадії	Об'єм КР, V _{кр} , л	Робочий об'єм ферментера, V _р , л	Об'єм поживного середовища, V _{пс} , л	Об'єм посівного матеріалу, V _{пм} , л	Коефіцієнт заповнення, K _{зап} , частка	Геометричний об'єм, V _{гф} , л
1.	-	149	134,1	14,9	0,6	250
2.	14,9	16,4	14,76	1,64	0,55	30
3.	1,64	-	1,64	-	0,2	11 колб

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ МІКРОКАПСУЛ

4.1. Визначення етапів післяферментаційних процесів отримання пробіотичних мікрокапсул

Для виробництва мікрокапсул спочатку біомасу потрібно відділити від культураної рідини. Після цього, передбачається промивання самої біомаси, оскільки поживне середовище містить дріжджовий екстракт, що може бути алергеном, а оскільки мікрокапсули пропонується використовувати для виробництва харчової продукції, цю реакцію потрібно уникнути. Наступним етапом є поєднання з захисним середовищем, а також матрицею для інкапсулювання, що потребує додаткової аргументації та обґрунтування. Після цього, фінальним етапом, є сам процес мікрокапсуляції.

4.1.1. Обґрунтування методу відокремлення біомаси *Bacillus coagulans*

При виборі методу відокремлення біомаси важливо враховувати фізичні властивості клітин, мету їх подальшого використання (у даному випадку для виготовлення закваски), а також вимоги до чистоти і цілісності клітин. Основні методи відокремлення біомаси включають [122]:

1. Центрифугування. Принцип передбачає використання відцентрової сили для осадження клітин на основі їх маси та щільності. Сам метод ґрунтується на високій швидкості обертання для відділення твердих часток (біомаси) від рідкої фази (середовища). Ефективний для середніх і великих клітин, таких як бактерії, і дозволяє швидко осаджувати біомасу у великих об'ємах.

					НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кухарова М.К.			РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ МІКРОКАПСУЛ					
Перевір.		Старовойтова С.О.						Літ.	Арк.	Аркушів
Реценз.									64	156
Н. Контр.								Кафедра БТМ		
Затверд.		Стабніков В.П.								

2. Фільтрація. Принцип методу полягає в проходженні культури через мембрани або сітки, які затримують клітини, але пропускають рідину. Передбачається використання мембран з порами відповідного розміру для відокремлення клітин *V. coagulans*. Підходить для відокремлення біомаси в системах з низькою концентрацією клітин, але може бути менш ефективним при великих об'ємах.
3. Флокуляція. Принцип методу побудований на додаванні реагентів (флокулянтів), які спричиняють агрегацію клітин у більші частинки, що осаджуються. Метод передбачає використання полімерів або інших хімічних агентів для агрегації клітин перед фільтрацією чи центрифугуванням. Може бути корисним при низькій концентрації клітин, але може вплинути на чистоту і активність закваски.
4. Сепарація. Принцип цього методу полягає в застосуванні гравітаційних або відцентрових сил для розділення фаз у спеціальних сепараторах. Метод передбачає використання обладнання, яке дозволяє автоматично розділяти рідку і тверду фазу на основі їх різних фізичних властивостей (наприклад, сепаратори для молока або біомаси). Сепарація дуже ефективна для великих обсягів біомаси, забезпечує високу продуктивність та автоматизацію процесу.

Таблиця 4.1.

Порівняльна таблиця методів відокремлення біомаси

Метод	Принцип	Переваги	Недоліки
Центрифугування	Відцентрова сила	Швидке осадження клітин, підходить для великих обсягів	Потребує високих затрат енергії
Фільтрація	Механічна сепарація	Простота обладнання	Можливе забруднення мембран, нижча продуктивність

Флокуляція	Агломерація клітин	Підвищує ефективність відділення при низьких концентраціях	Використання хімічних агентів може вплинути на якість закваски
Сепарація	Гравітаційна/ відцентрова	Висока швидкість, автоматизація, збереження клітинної активності	Висока вартість обладнання

Примітка: таблицю сформовано автором з джерела [122]

Для виготовлення закваски на основі *B. coagulans* найкращим вибором буде сепарація з кількох причин [5]:

1. Автоматизація процесу. Сучасні сепаратори дозволяють автоматизувати процес розділення, що знижує людську помилку і підвищує ефективність.
2. Швидкість і продуктивність. Сепаратори здатні обробляти великі обсяги культури за короткий час, що важливо при масштабному виробництві заквасок.
3. Збереження активності клітин. Відсутність екстремальних фізичних або хімічних умов під час сепарації зменшує ризик пошкодження клітин *B. coagulans*, що важливо для збереження їх біологічної активності.
4. Чистота продукту. Сепарація дозволяє ефективно відокремлювати біомасу від рідкої фази, зберігаючи високу чистоту кінцевого продукту.

4.1.2. Обґрунтування розчину для промивання біомаси *Bacillus coagulans*

При промиванні біомаси важливо вибрати розчин, який зберігає фізіологічний стан клітин і ефективно видаляє залишки середовища культивування та побічні продукти. Нижче наведено кілька варіантів розчинів для промивання, кожен із яких має свої переваги та недоліки.

1. Фізіологічний розчин (0,9% NaCl) - ізотонічний розчин, що має подібний осмотичний тиск до клітинного середовища. Передбачає промивання, яке не викликає осмотичного стресу та зберігає клітинну активність. Підходить для збереження життєздатності клітин і видалення залишків поживних речовин та метаболітів [123].
2. Буферний розчин фосфатно-сольового типу (PBS) створює стабільне середовище для клітин за рахунок підтримки стабільного рН та осмотичного тиску. Передбачає промивання, що запобігає змінам рН, які можуть пошкодити клітини. Ефективний для промивання біомаси при збереженні метаболічної стабільності клітин, що важливо для їх подальшого використання як закваски [124].
3. Дистильована вода використовується як розчин без іонів, що може впливати на осмотичний тиск. Передбачає видалення залишків середовища культивування; проте може спричинити осмотичний шок і вплинути на життєздатність клітин. Підходить для випадків, коли життєздатність клітин не є критично важливою, або використовується короткотривало [125].
4. Слабкий розчин ацетату натрію (наприклад, 0,1%) використовується як слабкий кислий розчин для додаткового видалення певних метаболітів. Передбачає промивання, яке може знижувати бактеріальне забруднення, але може впливати на життєздатність клітин. Використовується як додатковий етап у промиванні при необхідності зниження бактеріального навантаження, однак обмежено придатний для живих культур закваски [126].

Таблиця 4.2.

Порівняльна таблиця розчинів промивання біомаси

Розчин	Принцип	Переваги	Недоліки
Фізіологічний розчин (0,9% NaCl)	Ізотонічний розчин	Зберігає осмотичний баланс, зберігає життєздатність клітин	Може бути недостатнім для видалення деяких метаболітів

PBS	Буферизація та ізотонічність	Стабільність рН, збереження активності клітин	Вищі витрати порівняно з фізіологічним розчином
Дистильована вода	Без іонів	Видаляє залишки середовища	Викликає осмотичний шок, може знижувати життєздатність
Ацетат натрію (0,1%)	Слабкий кислий розчин	Може знижувати бактеріальне забруднення	Може негативно впливати на життєздатність клітин

Примітка: таблицю сформовано автором з джерел [123-126]

Рекомендована кількість промивок для отримання чистої біомаси без значного впливу на життєздатність клітин становить дві-три промивки. Перший цикл промивання видаляє основну частину середовища, а наступні цикли допомагають досягти високого ступеня чистоти. Для збереження активності клітин *B. coagulans* доцільно використовувати фізіологічний розчин або PBS для кожного циклу промивання.

Вибір фізіологічного розчину (0,9% NaCl) для промивання біомаси *B. coagulans* обґрунтований кількома ключовими факторами, які забезпечують збереження життєздатності клітин і їх біологічної активності, що критично важливо для виробництва закваски. Нижче наведено основні аргументи на користь фізіологічного розчину.

1. Збереження осмотичного балансу. Фізіологічний розчин є ізотонічним для клітин *B. coagulans*, тобто його осмотичний тиск відповідає тиску внутрішнього середовища клітин. Це запобігає осмотичному шоку, який може призвести до руйнування клітинної мембрани, втрата метаболічної активності або навіть загибель клітин. У результаті клітини залишаються життєздатними, що критично для закваски.
2. Нешкідливість для клітин. Фізіологічний розчин не містить шкідливих для клітин речовин і не змінює рН середовища. Його використання

дозволяє уникнути контакту клітин з реагентами, які можуть порушити їх метаболізм чи знизити активність. Це забезпечує оптимальні умови для збереження біологічної активності клітин, що важливо при їх подальшому використанні як біомаси для закваски.

3. Ефективне видалення залишків поживного середовища. Фізіологічний розчин дозволяє ефективно видаляти залишки поживного середовища та побічні продукти, які могли накопичитися в процесі культивування. Це забезпечує отримання чистої біомаси, готової до подальшого використання або зберігання, знижуючи ризик забруднення закваски небажаними речовинами.
4. Простота та доступність. Фізіологічний розчин є простим у приготуванні і широко доступний, що знижує витрати на його використання порівняно з іншими розчинами, такими як буферний розчин PBS. Це робить процес промивання більш економічно доцільним для масштабного виробництва закваски.

Таким чином, фізіологічний розчин забезпечує оптимальні умови для збереження життєздатності та активності *B. coagulans*, що робить його найкращим вибором для промивання біомаси при виготовленні закваски.

Спираючись на п.4.1.1., промивання біомаси будемо здійснювати за допомогою сепаратора.

4.1.3. Обґрунтування захисного агента для *Bacillus coagulans*

Мальтодекстрин часто використовується як захисний агент для мікроорганізмів, оскільки забезпечує оптимальне середовище для стабілізації клітин, що знижує пошкодження під час зберігання або сушіння. Він має низку переваг порівняно з іншими захисними агентами, які використовуються для обробки біомаси [5,127].

Порівняльна таблиця захисних агентів

Захисний агент	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Мальтодекстрин	Створює захисний бар'єр для клітин, знижує осмотичний стрес	Добре підходить для осушування і зберігає життєздатність клітин	Може потребувати додаткової обробки для оптимальної дії
Сахароза	Осмотичний захист, зменшує внутрішньоклітинну деградацію	Висока розчинність, добра захисна дія	При високих концентраціях може призвести до підвищеної в'язкості розчину
Трегалоза	Запобігає утворенню кристалів льоду, стабілізує клітини	Ефективний у стабілізації біомаси при низьких температурах	Висока вартість порівняно з мальтодекстрином
Сухе молоко (лактоза та білки)	Забезпечує білковий захист, запобігає деградації клітин	Легко доступне, ефективно як наповнювач	Може викликати алергію, потребує складнішого очищення від залишків білків
Гліцерин	Осмотичний захист клітин	Добре захищає при заморожуванні	Не підходить для осушування, може вплинути на метаболічну активність

Примітка: таблицю сформовано автором з джерела [127]

Мальтодекстрин створює захисний бар'єр навколо клітин *B. coagulans*, що знижує осмотичний стрес, особливо під час осушування або низькотемпературного зберігання. Це дозволяє мінімізувати ризик пошкодження клітинної мембрани та втрати активності клітин [5,127].

Мальтодекстрин має здатність зберігати життєздатність клітин завдяки своїм властивостям утворювати плівку навколо клітинної стінки, захищаючи клітини від дестабілізації. Це важливо для виробництва закваски, де потрібна максимальна життєздатність *B. coagulans* [5,127].

На відміну від гліцерину, мальтодекстрин добре працює як при заморожуванні, так і при сушінні, надаючи гнучкість у виборі методів зберігання. Завдяки цьому зберігаються властивості клітин незалежно від умов консервації [5,127].

Мальтодекстрин є відносно дешевим у порівнянні з трегалозою чи іншими спеціальними агентами. Його доступність та ефективність роблять його економічно доцільним варіантом для промислового застосування [5,127].

На відміну від деяких інших агентів, наприклад, сухого молока, мальтодекстрин не змінює смаку, кольору чи запаху кінцевого продукту, що важливо для заквасок, які можуть бути використані у різних харчових продуктах [5,127].

Взагалі, мальтодекстрин впроваджено як захисний агент для *B. coagulans* в комерційному масштабі. Гарним прикладом може бути препарат LactoSpore®, що використовує мальтодекстрин в кількості 5% [128]. Це пов'язано з тим, що мальтодекстрин забезпечує високу тривалість збереження життєздатних клітин. В дослідженні [129], за несприятливих умов ступінь зберігання клітин становив понад 70%. В поєднанні з мікрокапсулами фініків цей ступінь виживання становить понад 95% [5].

Отже, мальтодекстрин є оптимальним вибором для захисту біомаси *B. coagulans* завдяки своїй здатності забезпечувати осмотичний захист, зберігати активність клітин та економічній доцільності.

4.1.4. Обґрунтування матриці для мікрокапсуляції *Bacillus coagulans*

Фінікова паста є ефективним матеріалом для мікрокапсуляції завдяки високому ступеню захисту, який вона забезпечує біомасі *B. coagulans* під час зберігання та проходження через шлунково-кишковий тракт (ШКТ). У таблиці наведено порівняння з іншими популярними матрицями для мікрокапсуляції.

Порівняння матриць для мікрокапсуляції

Матриця	Принцип дії	Переваги	Недоліки	Джерело
Фінікова паста	Захищає клітини завдяки високій в'язкості і антиоксидантним властивостям	Висока виживаність клітин під час зберігання (98,99%) і в ШКТ (99,75%); натуральний продукт, що сприяє харчовій цінності	Потребує правильної обробки для підтримки текстури	[5]
Альгінат натрію	Створює гелеву капсулу навколо клітин при рН нижче 4,5	Добре захищає в кислих середовищах, доступний, висока концентрація життєздатних клітин (до 80%)	Обмежена стабільність у лужних середовищах, що може знижувати виживаність у ШКТ (менше 20%)	[130]
Хітозан	Подібний до альгінату натрію, дозволяє капсулам бути стійкими при рН 3 та іноді вище (в залежності від концентрації), часто йде в поєднанні з іншими матрицями	Добре захищає в кислих середовищах, висока концентрація життєздатних клітин (до 75%)	Дорогий, стабільніше за альгінат натрію при лужних рН, але не набагато, низька виживаність у ШКТ (до 60%)	

Крохмаль	Створює структуру, яка захищає клітини під час зберігання, часто йде в поєднанні з альгінатом, як самостійна матриця використовується не часто	Легкодоступний, забезпечує захист від впливу навколишнього середовища	Обмежений захист в кислих і жирних середовищах, зниження виживаності в ШКТ (при зберіганні з альгінатом може досягати до 70%, при проходженні ШКТ – менше 20%)	[130]
Желатин	Створює захисний бар'єр через термочутливе згортання	Підходить для капсулювання при низьких температурах	Не забезпечує стабільного захисту при температурних коливаннях? Низьке виживання в ШКТ (до 65%)	[131]

Фінікова паста демонструє значну ефективність, забезпечуючи виживаність *B. coagulans* під час тривалого зберігання (98,99%) та при проходженні через ШКТ (99,75%). Це свідчить про її виняткову здатність зберігати активність клітин навіть при екстремальних умовах [5].

Завдяки природним антиоксидантам, фінікова паста знижує ризик окислення клітин і запобігає деградації біомаси під час зберігання. Це забезпечує тривалий термін придатності та стабільність пробіотика [132].

Фінікова паста є природним і корисним інгредієнтом, який підвищує поживну цінність кінцевого продукту. Вона є натуральним джерелом цукрів, що сприяє розвитку пробіотиків під час зберігання [132].

Завдяки високій в'язкості та структурі, фінікова паста добре підходить для різних методів зберігання, зберігаючи властивості мікрокапсул при коливаннях температури [132].

Отже, фінікова паста є ідеальним вибором для мікрокапсуляції *B. coagulans*, оскільки забезпечує виняткову виживаність клітин, тривале зберігання та стабільність пробіотика в ШКТ, що робить її ефективною матрицею для захисту і доставки пробіотиків.

4.1.5. Обґрунтування методу інкапсуляції

Метод розпилюючого сушіння (спрей-сушіння) є одним із найбільш ефективних способів інкапсуляції пробіотиків, забезпечуючи надійний захист клітин, тривале зберігання та зручність для промислового масштабування. Він підходить для отримання мікрокапсул із заданими характеристиками та забезпечує збереження активності *B. coagulans* [5].

Таблиця 4.5.

Порівняння методів інкапсуляції

Матриця	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Розпилююче сушіння	Швидке випаровування води з розчину під дією гарячого повітря	Висока стабільність клітин, економічність, масштабованість	Вплив високих температур на чутливі компоненти
Ліофілізація	Висушування шляхом заморожування і сублімації води	Зберігає активність чутливих до температури клітин	Висока вартість і тривалий час процесу
Екструзія	Створення капсул шляхом витискання емульсії у гелеве середовище	Ефективний захист в ШКТ, добрий контроль над розміром капсул	Менш ефективний для дрібних капсул, обмежений масштаб
Коацервація	Інкапсуляція клітин за допомогою полімерного осадження	Добре утримує активні інгредієнти в капсулі	Складний і дорогий процес, залежить від умов середовища

Примітка: таблицю сформовано автором з джерел [133]

Розпилююче сушіння забезпечує ефективне інкапсулювання *B. coagulans*, утворюючи захисний шар навколо клітин під час сушіння. Це знижує ризик

впливу зовнішніх чинників і зберігає життєздатність клітин при зберіганні та під час проходження ШКТ. Також, розпилююче сушіння є одним із найшвидших методів сушіння, що дозволяє отримувати інкапсульовану біомасу у великих об'ємах за короткий час. Це робить метод економічно вигідним та придатним для промислового застосування, на відміну від ліофілізації, яка потребує більше часу та витрат [134].

Завдяки сухій формі, отриманій після розпилюючого сушіння, інкапсульовані клітини *B. coagulans* мають тривалий термін зберігання без втрати активності. Це забезпечує ефективність закваски протягом всього періоду придатності. Метод легко масштабується для промислових об'ємів завдяки наявності різних установок для розпилюючого сушіння. Це знижує затрати на впровадження технології та полегшує процес інкапсуляції на виробництві [5].

Розпилююче сушіння дозволяє комбінувати різні носії, такі як мальтодекстрин або фінікова паста, для покращення захисту та виживаності клітин. Це надає гнучкість у розробці кінцевого продукту для конкретних умов зберігання та використання [134].

Отже, розпилююче сушіння є оптимальним вибором для інкапсуляції *B. coagulans*, оскільки забезпечує високу стабільність і захист клітин, є економічно вигідним і простим для масштабування, що робить його придатним для промислового виробництва заквасок та інших пробіотичних продуктів.

Тож, схема виділення та очищення біомаси *B. coagulans* передбачає наступні етапи:

1. Вирощування культури

2. Відокремлення біомаси

Метод: Сепарація

Мета: Отримання концентрованої біомаси з середовища.

3. Промивання біомаси

Розчин: Фізіологічний розчин.

Кількість промивок: 3 рази для видалення залишків середовища та інших забруднень.

Промивання: передбачає відокремлення використаного фізіологічного розчину за допомогою сепаратору.

4. Поєднання з захисним середовищем

Захисний агент: мальтодекстрин

5. Інкапсуляція біомаси

Матриця: Фінікова паста

Метод: Розпилююче сушіння для утворення стабільних мікрокапсул.

4.2. Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях

Початкова концентрація біомаси (теоретична) становить 6 г/л. З цих даних можемо робити підбір обладнання щодо матеріальних потоків, що вказано в табл.4.6.

Таблиця 4.6

Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіям

№ п/п	Назва стадії (операції)	Матеріальні потоки на стадії	Кількість по стадіям			Необхідне обладнання
			Надійшло	Втрати (разом 10 %)	Вийшло	
1	2	3	4	5	6	7
ТП 4 Зберігання культуральної рідини						
1	Зберігання культуральної рідини	Культуральна рідина	134	-	134 л	Збірник об'ємом 150 л
ТП 5 Відокремлення біомаси сепарацією						
2	Відокремлення біомаси сепарацією	Культуральна рідина	134 л	-	-	В проточному сепараторі з продуктивністю 150 л/год
		Супернатант	-	-	133,2 л	На утилізацію
		Біомаса	804 г	1%	796 г	В збірник на 5 л
ТП 6 Промивання біомаси фізіологічним розчином						
3	Промивання біомаси фізіологічним розчином	Біомаса	804 г	-	-	В збірник на 5 л, потім в автоматизованому сепараторі на 5 л
		Фізіологічний розчин	3 л (1 л на кожне промивання)	-	-	
		Відпрацьований фізіологічний розчин	-	-	3 л	В каналізацію
		Промита фізіологічним розчином біомаса	804 г	4%	≈772 г	В збірнику на 5 л

ТП 7 Ресуспендування біомаси із захисним середовищем на основі мальтодекстрину						
4	Ресуспендування біомаси із захисним середовищем на основі мальтодекстрину	Промита фізіологічним розчином біомаса	772 г	-	-	В збірнику на 5 л
		Стерильний розчин мальтодекстрину	3,1 л (3 л води, 40 г мальтодекст рину (приблизно 5% від маси))	-	-	
		Ресуспендована біомаса в захисному середовищі	-	-	≈4 л	
ТП 8 Поєднання клітинної суспензії з фініковою пастою						
5	Поєднання клітинної суспензії з фініковою пастою	Ресуспендована біомаса в захисному середовищі	4 л	-	-	В збірнику на 5 л
		Пастеризована фінікова паста	116 г (15% від маси)	-	-	
		Суспензія для мікрокапсулювання	-	-	≈4,1 л	
ТП 9 Мікрокапсулювання розпилюючим сушінням						
6	Мікрокапсулювання розпилюючим сушінням	Суспензія для мікрокапсулювання	4,1 л	-	-	В розпилюючій сушарці продуктивністю 5 л/год
		Мікрокапсули з бацилами	-	5%	≈ 724 г біомаси 852 г мікрокап сул (з врахуван ням мальтоде кстрину та фінікової пасту)	В пластикову ємність об'ємом 1,5 л на склад на зберігання при 4 °С

4.3. Специфікація обладнання

В табл.4.7. наведено обладнання, яке використовується для виробництва мікрокапсул

Список обладнання для виробництва мікрокапсул з пробіотиком

Позиція	Найменування	Кількість	Технічна характеристика
ПЗ – 1	Повітрозабірник	1	Повітрозабірник являє собою сталеву трубу заввишки 15 м, оснащену металевою сіткою.
Ф - 2	Фільтр грубої очистки повітря	1	Повітряний касетний фільтр Vents ФБ 125 – це плоска фільтруюча панель в оцинкованій рамці з класом фільтрації G4. Розміри фільтра: 124×220×209 мм [135].
Ф-3	Фільтр тонкої очистки	1	Фільтр ESPERANZA Filter EHP002SP – високоефективний фільтр класу F9, призначений для тонкого очищення повітря. Габарити фільтра: 340×290×33 мм [136].
Ф-4	HEPA фільтр	1	Промисловий HEPA фільтр класу H14, призначений для високоефективного очищення повітря. Розміри фільтра складають 305×305×300 мм [137].
Т-5	Теплообмінник-нагрівач	1	Двухрядний водяний теплообмінник Roen Est 50-25\2R, призначений для ефективного обміну тепла. Максимальна температура теплоносія становить 130 °С, а максимальний робочий тиск — 1,6 МПа [138].
Д-6 Д-10	Дозатор для води	2	Рідинний дозатор призначений для дозування рідких компонентів з об'ємом від 1 мл до 10 000 л. Похибка дозування складає 0,1% [139].
3-7 3-9 3-15 3-18	Збірник для стерилізації розчину мальтодекстрину Збірник для одержання фізіологічного розчину Збірник для промивання біомаси Збірник для ресуспендування біомаси	4	Стальний реактор BSF-5L оснащений подвійною сорочкою та виготовлений з нержавіючої сталі марки 316L. Швидкість обертання мішалки досягає 460 об/хв. Розміри реактора становлять 450×480×1500 мм [140].
Н-8 Н-11 Н-16 Н-19	Насос перистальтичний	4	Перистальтичний насос SEKO KRONOS KSFM0025M1000 має продуктивність 25 л/год та робочий тиск 0,1 бар [141].
3-12	Збірник для зберігання культуральної рідини	1	Сталевий реактор 12474 має об'єм 150 л і оснащений подвійною сорочкою. Виготовлений з нержавіючої сталі марки 316L, швидкість обертання мішалки досягає 860 об/хв. Розміри реактора становлять 492×672 мм [142].
Н-13	Насос перистальтичний для перекачування культуральної рідини	1	Перистальтичний насос MP-8086.16 має продуктивність до 364 л/год і максимальну температуру роботи 60 °С [143].

Закінчення табл.4.7.

C-14	Проточна сепараторна установка	1	Сепаратор проточного типу 250 має продуктивність до 500 л/год і швидкість обертання ротора до 8300 об/хв [144].
C-17	Сепараторна установка	1	Сепаратор типу 75 має продуктивність 75 л/год і швидкість обертання ротора більше 10 000 об/хв [145].
P-20	Розпилююча сушарка	1	Розпилююча сушарка FENGYU має продуктивність 5 л/год і працює при температурах від 40 °С до 140 °С. Розміри сушарки становлять 840×750×1400 мм [146].

РОЗДІЛ 5

ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ МІКРОКАПСУЛ

ДР 1. Підготовка гарячого повітря

ДР 1.1. Забір атмосферного повітря

Спочатку атмосферне повітря відбирається за допомогою повітрезабірника ПЗ-1, розташованого на відстані 15 м, щоб забезпечити мінімальну кількість забруднюючих частинок.

ДР 1.2. Груба очистка повітря

Далі повітря потрапляє у вентиляційну систему та проходить через фільтр Ф-2, який затримує механічні частинки і очищує повітря від 90% домішок.

ДР 1.3. Тонка очистка повітря

Після цього повітря проходить через фільтр тонкої очистки Ф-3, що має пропускну здатність 95%.

ДР 1.4. Надочищення повітря для сушіння

На фінальному етапі повітря проходить через фільтр типу НЕРА (Ф-4), який забезпечує затримуючу здатність 99,995%.

ДР 1.5. Нагрівання повітря

Повітря пропускається через теплообмінник (Т-5), де нагрівається до температури, що на кілька градусів перевищує необхідну — 75 °С.

ДР 2. Приготування стерильного захисного середовища

На технічних вагах зважують 40 г мальтодекстрину. Цукор пересипають в реактор об'ємом 5 л. За допомогою об'ємно-вагового дозатора (Д-6) до реактора (З-7) об'ємом 5 л доливають 3 л води питної. Вмикається мішалка до повного перемішування мальтодекстрину у воді. Після цього, кришку збірника закривають, встановлюють температуру 112 °С, тиск на рівні 0,05 МПа та тривалість стерилізації – 20 хв. Стерильний розчин передають до ТП 7 за допомогою перистальтичного насоса (Н-8).

					<i>НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кухарова М.К.</i>			РОЗДІЛ 5 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ МІКРОКАПСУЛ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Старовойтова С.О.</i>					80	156
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра БТМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стабніков В.П.</i>						

ДР 3. Приготування фізіологічного розчину для промивання біомаси

На технічних вагах зважують 27 г хлориду натрію. Наважку переносять до реактору (З-9) об'ємом 5 л. За допомогою об'ємно-вагового дозатора (Д-10) до реактора (З-9) об'ємом 5 л доливають 3 л води питної. Вмикається мішалка до повного перемішування солі у воді. Розчин передають до ТП 6 за допомогою перистальтичного насосу (Н-11).

ТП 4. Зберігання культуральної рідини

Культуральну рідину, що містить клітини *V. coagulans* ВС4, зберігають в збірнику (З-12) за температури 4 °С. Температуру підтримують подачею води холодної в сорочку апарату.

ТП 5. Відокремлення біомаси сепарацією

Культуральна рідина з ТП 4 подається до проточного сепаратора (С-14) за допомогою перистальтичного насосу (Н-13). Встановлена швидкість центрифугування – 5000 об/хв, а його тривалість становить 15 хвилин. Під час процесу підтримується температура 4 °С шляхом подачі охолодженої води в сорочку центрифуги. Після центрифугування супернатант направляється на утилізацію, а біомаса за гідравлічним потоком переміщується до 5-літрового збірника (З-15).

ТП 6. Промивання біомаси фізіологічним розчином

До збірника (З-15) за перистальтичним дозуючим насосом (Н-11) додають 1 л фізіологічного розчину (від ДР 3). Вмикається мішалка на швидкість 100 об/хв, і протягом 15 хвилин здійснюється ресуспендування. Підтримується температура 4 °С шляхом подачі охолодженої води в сорочку реактора. Після цього суспензію перекачують до сепаратора (С-17) за допомогою перистальтичного насоса (Н-16), де встановлюється швидкість центрифугування 5000 об/хв. Тривалість сепарації становить 15 хвилин, а температура підтримується на рівні 4 °С завдяки вбудованій холодильній камері центрифуги. Надосад направляють на знешкодження, а промиту біомасу гідравлічним потоком повертають до збірника З-15. Процедуру промивання повторюють ще

двічі, після чого біомаса гідравлічним потоком переміщується до наступного збірника (З-18).

ТП 7. Ресуспендування біомаси із захисним середовищем на основі мальтодекстрину

До збірника (З-18) в асептичних умовах подають 3 л стерильного розчину мальтодекстрину (від ДР 2) за допомогою перистальтичного дозуючого насоса (Н-8). Вмикається мішалка на швидкість 100 об/хв, і протягом 15 хвилин відбувається ресуспендування. Температура реактора підтримується на рівні 4 °С. Після повної гомогенізації компонентів розчин залишають у закритому реакторі, зберігаючи задану температуру.

ТП 8. Поєднання клітинної суспензії з фініковою пастою

На технічних вагах в асептичній зоні зважують 116 г пастеризованої пасти фініків. Додаткової підготовки даного компоненту не передбачено, оскільки він ресуспендується під час даної стадії. Після чого, пасту вносять до реактору (З-18). Вмикається мішалка на швидкість 100 об/хв, і протягом 15 хвилин відбувається ресуспендування. Температура реактора підтримується на рівні 4 °С. Після повної гомогенізації компонентів розчин залишають у закритому реакторі, зберігаючи задану температуру.

ТП 9. Мікрокапсулювання розпилюючим сушінням

Клітинна суспензія з ТП 6 подається до розпилюючої сушарки (Р-20) за допомогою перистальтичного насоса (Н-19). До сушарки подається повітря з ТП 1.5. Встановлюється температура сушіння на рівні 70 °С, а тривалість процесу становить 1 годину. Вологість мікрокапсул не повинна перевищувати 5%, а загальна вага готових мікрокапсул — близько 884 г. Після сушіння мікрокапсули надходять до пластикової ємності об'ємом 1,5 л, розташованої під нижнім бункером сушарки. На ємності вказують дату виготовлення та номер серії, після чого її відправляють на зберігання при температурі 4 °С.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ

6.1. Обґрунтування вибору товарної форми випуску закваски для одержання функціонального йогурту

На ринку закваски для йогуртів випускаються в різних формах упаковки, залежно від цільового призначення, зручності використання та умов зберігання.

1. Пакетики з фольги або комбінованих матеріалів [147]

Опис: Маленькі герметичні пакетики, виготовлені з алюмінієвої фольги або ламінованих матеріалів із захистом від світла і вологи.

Переваги:

- Економічність виробництва.
- Компактність і зручність для разового використання.
- Добра бар'єрна функція для збереження активності бактерій.

Недоліки:

- Чутливість до пошкодження під час транспортування.
- Відсутність можливості повторного закриття після відкриття.



Рис.6.1. Приклад закваски в пакетах [148]

					НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кухарова М.К.			РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Старовойтова С.О.					83	156
Реценз.						Кафедра БТМ		
Н. Контр.								
Затверд.		Стабніков В.П.						

2. Скляні флакони [149]

Опис: Герметичні ємності зі скла, зазвичай із закруткою або герметичною пробкою.

Переваги:

- Абсолютна герметичність.
- Хімічна інертність скла до активних компонентів закваски.
- Екологічність завдяки можливості повторного використання.

Недоліки:

- Крихкість, висока ймовірність пошкодження.
- Тяжчі та дорожчі в транспортуванні.



Рис.6.2. Препарат в скляному флаконі [149]

3. Пластикові флакони [150]

Опис: Легкі ємності з харчового пластику з герметичною кришкою.

Переваги:

- Міцність і стійкість до пошкоджень.
- Легкість транспортування.
- Можливість багаторазового відкриття і закриття.

Недоліки:

- Менш екологічні, якщо не переробляються належним чином.
- Можлива взаємодія з вмістом за певних умов.



Рис.6.3. Закваска в флаконі [150]

4. Капсули або таблетки в блістерній упаковці [151]

Опис: Закваска у формі таблеток або капсул, розфасована в індивідуальні комірочки з пластика і фольги.

Переваги:

- Зручність дозування.
- Додатковий захист кожної дози від зовнішніх впливів.

Недоліки:

- Обмежений об'єм закваски в кожній порції.
- Вища вартість виробництва.



Рис.6.4. Приклад препарату в капсулах [151]

5. Пакети з багаторазовою застібкою (zip-lock) [152]

Опис: Пакети з гнучкого ламінованого пластику з можливістю багаторазового закриття.

Переваги:

- Зручність багаторазового використання.
- Відносна дешевизна.
- Недоліки:
- Менша герметичність порівняно з іншими формами.
- Чутливість до механічних пошкоджень.



Рис.6.5. Приклад упаковки з застібкою [152]

Вибір пластикових флаконів як упаковки для закваски для функціонального йогурту базується на низці ключових переваг, які враховують особливості зберігання, транспортування, зручність використання та економічну ефективність.

1. Збереження якості продукту

Основною вимогою до упаковки закваски є забезпечення тривалого зберігання мікроорганізмів у активному стані. Пластикові флакони виготовляються з харчового пластику, який має низьку проникність для вологи, кисню та інших зовнішніх чинників. Завдяки цьому вони забезпечують:

- Захист закваски від впливу навколишнього середовища.
- Мінімізацію ризику зниження активності бактерій через контакт із вологою чи киснем.

- Тривалий термін зберігання без втрати якісних характеристик.
- Додатково, пластикові флакони можна виготовляти зі спеціальними бар'єрними шарами, які ще краще захищають продукт від ультрафіолетового випромінювання.

2. Зручність використання для споживачів

Пластикові флакони мають ергономічний дизайн і герметичну кришку, що забезпечує простоту і комфорт у використанні. Флакони можна обладнати дозаторами або зручними кришками, що сприяє точному використанню необхідної кількості закваски. Після відкриття флакон можна повторно закривати, забезпечуючи збереження продукту. Це важливо, якщо споживач не використовує весь обсяг закваски одразу. На відміну від скляної тари, пластикові флакони не розіб'ються, що важливо для домашнього використання, особливо у сім'ях із дітьми.

3. Економічна доцільність

Пластикові флакони є більш економічним варіантом порівняно зі склом. Вони дешевші у виробництві та логістиці завдяки таким характеристикам:

- Зменшує транспортні витрати.
- Мінімізує ризик пошкоджень під час перевезення та зберігання, що зменшує відсоток втрат продукції.

Таким чином, використання пластикових флаконів дозволяє знизити загальну вартість продукту для кінцевого споживача, роблячи закваску доступнішою на ринку.

4. Екологічність

Сучасні пластикові флакони виготовляються з матеріалів, які підлягають переробці. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. У перспективі, використання біорозкладного пластику може зробити цю форму упаковки ще екологічнішою.

5. Підвищення привабливості продукту

Дизайн пластикових флаконів легко адаптується до сучасних вимог ринку: Виробники можуть створювати зручні, ергономічні форми, які

приваблюють споживачів. На флаконі є достатньо місця для розміщення інформації про продукт, інструкції з використання, логотипу бренду тощо. Завдяки різноманітності матеріалів і технологій друку, можна створювати яскраву та інформативну упаковку, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукту.

6. Підтримка сучасних технологій зберігання

Пластикові флакони можуть бути адаптовані для спеціальних умов зберігання, наприклад:

- Заповнення інертним газом для ще більшого захисту активності мікроорганізмів.
- Інтеграція дозувальних механізмів для професійного та домашнього використання.

Пластикові флакони поєднують у собі оптимальні характеристики для зберігання, транспортування та використання заквасок для функціональних йогуртів. Вони відповідають вимогам споживачів щодо зручності та доступності, а також вимогам виробників щодо економічності та збереження якості продукту.

Формування складу закваски у відсотковому співвідношенні базується на необхідності забезпечення оптимальної ферментації молока для виробництва якісного йогурту, збереження корисних властивостей пробіотиків, а також додавання мікрокапсул *B. coagulans* BC4 [5] для посилення функціональних властивостей.

Склад закваски розроблений із врахуванням функціональних, пробіотичних та технологічних властивостей. Продукт містить оптимальну комбінацію живих молочнокислих бактерій, мікрокапсул із пробіотичними мікроорганізмами та допоміжних компонентів для забезпечення стабільності, активності та якості.

Основні компоненти та їх пропорції (% від загальної маси) [153]:

1. Штам *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (25–30%)

Відповідає за молочнокислу ферментацію та надає продукту характерного йогуртового смаку та консистенції. Забезпечує високу швидкість

зниження рН молока. Підвищує в'язкість готового йогурту завдяки продукції екзополісахаридів.

2. Штам *Streptococcus thermophilus* (25–30%)

Відповідає за інтенсивний старт процесу ферментації.

Стимулює зростання *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* шляхом утворення мурашиної кислоти. Поліпшує текстуру готового продукту та збільшує його органолептичні властивості.

3. Мікрокапсули з пробіотичним штамом *B. coagulans* BC4 (25–30%)

Кількість у заквасці: не менше 10^8 КУО/г у момент виробництва.

Мікрокапсульовані пробіотики забезпечують:

- Стійкість до високих температур і кислотності шлункового середовища.
- Високу життєздатність під час зберігання.
- Пробіотичну дію на кишкову мікрофлору (покращення балансу, зменшення симптомів дисбактеріозу).

Матеріал мікрокапсул: фінікова паста

4. Наповнювачі та допоміжні речовини (15–20%)

Мальтодекстрин (10–15%):

- Служить як носій для рівномірного розподілу бактерій.
- Стабілізує мікроорганізми під час зберігання.

Лактоза (5–10%):

- Виконує роль додаткового джерела живлення для бактерій під час ферментації.
- Покращує текстуру та однорідність закваски.

5. Стабілізатори та кріопротектори (5–10%)

Сорбіту або гліцерину (2–5%):

- Забезпечують стабільність бактерій під час висушування (сублімації) та зберігання.

Казеїнат натрію (1–3%):

- Захищає бактерії від несприятливих умов.
- Покращує розчинність закваски в молоці.

Таблиця 6.1

Склад закваски для функціонального йогурту

Компонент	Основна функція	Переваги
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Ферментація, смак, консистенція	Забезпечує стабільний ріст бактерій, швидке зниження рН.
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Ініціювання ферментації, покращення текстури	Стимулює роботу інших бактерій, поліпшує органолептику.
<i>Bacillus coagulans</i> BC4 (мікрокапсули)	Пробіотичний ефект, стабільність	Забезпечує стійкість до кислотності та температури, підвищує терапевтичну цінність.
Мальтодекстрин	Стабілізація, носій бактерій	Забезпечує рівномірний розподіл та збільшує термін зберігання.
Лактоза	Джерело живлення для бактерій	Покращує ферментацію та якість йогурту.
Сорбіт або гліцерин	Кріозахист	Зменшує втрати життєздатності бактерій під час зберігання.
Казеїнат натрію	Захист бактерій, розчинність	Покращує текстуру готового продукту, зберігає стабільність бактерій.

Оптимальна концентрація базових штамів (50-60%) забезпечує належний процес ферментації, гарантуючи якісний йогурт. Включення мікрокапсул *B. coagulans* BC4 (25-30%) обґрунтоване їхнім внеском у функціональність продукту, не знижуючи основних властивостей закваски. Допоміжні речовини сприяють збереженню активності бактерій протягом усього терміну придатності та полегшують використання закваски. Цей склад гармонійно поєднує класичні йогуртові бактерії та інноваційні компоненти, створюючи функціональний продукт із підвищеною біологічною цінністю.

6.2. Обґрунтування технологічних особливостей одержання закваски для функціонального йогурту

В умовах, коли всі сухі біологічні агенти (штами молочнокислих бактерій та пробіотичні мікроорганізми) вже наявні, процес виробництва закваски зводиться до їх ретельного змішування, доповнення необхідними допоміжними речовинами та фасування у пластикові флакони. Такий підхід дозволяє мінімізувати складність виробничого циклу та забезпечити високу якість продукту.

1. Технологічний процес

1.1. Підготовка компонентів

Всі сухі культури проходять попередній контроль якості відповідно до специфікацій. Для поліпшення однорідності суміші використовуються носії (наприклад, мальтодекстрин) та стабілізатори, що сприяють рівномірному розподілу мікроорганізмів у кінцевому продукті.

1.2. Змішування

Процес здійснюється в умовах контролю вологості (<5%) і температури, щоб уникнути втрати життєздатності бактерій. Спеціальні змішувачі забезпечують рівномірний розподіл мікроорганізмів, носіїв та інших добавок (антиагломераційних агентів, антиоксидантів).

1.3. Додавання допоміжних речовин

- Носії - забезпечують стабільність під час зберігання.
- Стабілізатори - захищають мікроорганізми від несприятливих умов.
- Кріопротектори - подовжують термін зберігання та підвищують стійкість мікроорганізмів.

1.4. Фасування

Суміш автоматично фасується у герметичні пластикові флакони. Пластик забезпечує:

- Захист від проникнення вологи.
- Простоту транспортування та використання.

- Флакони заповнюються під контролем асептичних умов для збереження стерильності.

Переваги обраного підходу:

- Скорочення виробничого циклу. Використання готових сухих компонентів значно спрощує процес.
- Гнучкість. Легке налаштування складу відповідно до специфікацій функціонального продукту.
- Ефективність зберігання. Завдяки додатковим речовинам забезпечується стабільність суміші при зберіганні.
- Зручність для споживача. Компактні пластикові флакони спрощують транспортування, зберігання та використання закваски.

6.3. Матеріальний розрахунок на серію виробництва функціональної закваски для йогурту

При виробництві закваски втрачається близько 5% від загальної маси, тому відповідні розрахунки показано в табл.6.2

Таблиця 6.2.

Матеріальний баланс на серію виробництва функціональної закваски

Надійшло		Використано	
Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість, г	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість, г
Зважування сировини, г			
Мікрокапсули <i>B. coagulans</i> BC4	852	Мікрокапсули <i>B. coagulans</i> BC4	843,48
Порошок <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	852	Порошок <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	843,48
Порошок <i>S. thermophilus</i>	852	Порошок <i>S. thermophilus</i>	843,48
Лактоза	341	Лактоза	337,59
Мальтодекстрин	341	Мальтодекстрин	337,59
Казеїнату натрію	102	Казеїнату натрію	100,98

Закінчення табл.6.2.

Сорбіт	68	Сорбіт	67,32
Всього:	3408	Втрати (1%)	34,08
		Всього:	3408
Змішування компонентів, г			
Мікрокапсули <i>B. coagulans</i> BC4	843,48	Суміш компонентів	3340,18
Порошок <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	843,48		
Порошок <i>S. thermophilus</i>	843,48		
Лактоза	337,59		
Мальтодекстрин	337,59		
Казеїнату натрію	100,98		
Сорбіт	67,32		
		Втрати(1%)	33,74
Всього:	3373,92	Всього:	3373,92
Фасування по флаконам			
Суміш компонентів	3340,18	Пофасована загальна маса по флаконам	3239,97
		Втрати (3%)	100,21
Всього:	3340,18	Всього:	3340,18

6.4. Специфікація обладнання

Таблиця 6.3.

Специфікація обладнання на виробництво закваски для одержання функціонального йогурту

Позначення	Тип апарату	Кількість	Опис апарату
З-1	Змішувач для порошків	1	Сталевий змішувач з об'ємом заповнення 4 л HDJX-03. Швидкість перемішування – 30 об/хв. Габарити: 530*400*800 мм [154].

НМ-2	Автоматична машина для наповнення та закупорювання пластикових флаконів	1	Автоматична машина 2000ВРН. Габарити: 1230*380*420 мм. Точність дозування до 1 %. Максимальна продуктивність – 50 флаконів/хв [155].
К-3	Картонажна машина для пакування флаконів в коробки	1	Картонажна автоматична лінія ЗН-130. Продуктивність 5-30 пачок/хв. Габарити: 3250*1210*1770 мм [156].
АУ-4	Автомат по упаковці в групову тару	1	Роботизована картонна машина LRC-400. Продуктивність до 400 коробок/год [157].

6.5. Опис технологічного процесу

До цього процесу відносяться змішування компонентів закваски, наповнення та закупорка флаконів, упаковка флаконів по коробкам та пакування в групову тару.

ТП 1. Змішування компонентів для одержання сухої закваски для функціонального йогурту

На технічних вагах зважують 852 г мікрокапсул *B. coagulans* BC4 (кількість, що одержується за серію), по 852 г сухих порошоків *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *S. thermophilus*, по 341 г лактози та мальтодекстрину, 102 г казеїнату натрію та 68 г сорбіту. Наважки переносять до попередньо простерилізованого та підготовленого реактора змішувача (З-1) об'ємом 5 л. Встановлюється швидкість перемішування в 30 об/хв, а тривалість процесу становить 20 хвилин. Одержану суху суміш переносять до металевої ємності об'ємом 5 л та передають на наступну стадію.

ТП 2. Наповнення та закупорювання флаконів сухою закваскою

Попередньо простерилізовані флакони з харчового поліетилену виставляються на конвеєр наповнювальної машини (НМ-2). До бункеру вивантажується суміш сухої закваски. Встановлюється режим дозування $1 \pm 0,1$ г

до флакону. Далі, по автоматизованій лінії флакони загвинчуються пластиковою кришкою. Машина ліпить наліпку з відповідною інформацією (назва препарату, вага закваски, серія та дата виготовлення) та передає промарковані флакони на наступну стадію. Кількість флаконів на стадії має становити 3400 шт. Тривалість процесу – 30 хв.

ПМФ 3. Пакування, маркування, фасування

ПМФ 3.1. Пакування готових флаконів із закваскою до коробок

Флакони конвеєром переходять до автоматизованої лінії картонажної машини (К-3). До машини попередньо вносять картонні заготовки, на яких попередньо нанесену всю відповідну інформацію, які вона самостійно складає. Окремо вносяться інструкції по приготуванню закваски. Машина вкладає в готову коробку по 5 флаконів із закваскою та інструкцію щодо застосування, закриває коробку. Кількість коробок на стадії становить 680 шт. Тривалість процесу – 30 хв. Готові коробки передають на наступну завершальну стадію для пакування в групову тару.

ПМФ.3.2. Пакування готових коробок із закваскою в групову тару

Готові коробки конвеєром потрапляють до автоматичної машини по груповій упаковці (АУ-4). Попередньо, до відповідного відсіку вкладають картонні гафровані заготовки. Машина їх складає, а потім вкладає по 85 коробок в одну загальну. Вкінці на стадії утворюється 8 групових коробок. Тривалість процесу – 20 хв. Машина клеїть наліпку, де зазначається назва препарату, дата виготовлення та серія. Групові коробки відправляються на склад та зберігаються там при температурі $4\pm 1^{\circ}\text{C}$.

РОЗДІЛ 7
КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ЗАКВАСКИ ДЛЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ

7.1. Підбір сучасних методів контролю виробництва мікрокапсул

7.1.1. Контроль кількості життєздатних клітин

Метод розведення та посіву на агар є одним із найбільш поширених методів підрахунку життєздатних клітин мікроорганізмів, таких як *B. coagulans* BC4. Цей метод дозволяє отримати точну кількість колонієутворюючих одиниць (КУО) в зразку. Процес складається з декількох етапів [158]:

1. Підготовка зразка та серійних розведень

Мета цього процесу - зменшити концентрацію клітин у зразку до рівня, що дозволяє отримати ізольовані колонії на чашці Петрі.

Для цього беруть зразок мікрокапсул (0,1 г), який розчиняють теплою стерильною водою (0,9 мл) і поміщають його в стерильну пробірку з 9 мл стерильного фізіологічного розчину або буферного розчину, отримавши розведення 1:10 (10^{-1}). Далі, беруть 1 мл з цього розведення і перенесуть у нову пробірку з 9 мл розчину, щоб отримати розведення 1:100 (10^{-2}). Повторюють цей процес, створюючи серію розведень (10^{-3} , 10^{-4} і так далі), доки концентрація клітин не стане достатньо низькою для отримання окремих колоній на агарі.

2. Посів розведень на агарове середовище

Піпеткою перенесуть по 0,1 мл із кожного розведення на окрему чашку Петрі з м'ясо-пептонним агаром. Рівномірно розподіляють зразок по поверхні агару за допомогою стерильного шпателя Дригальського для досягнення рівномірного росту колоній. Після посіву чашкам дають час висохнути, щоб зразок добре увібрався в агар.

3. Інкубація чашок Петрі

Чашки Петрі поміщають в інкубатор при відповідній температурі для

					<i>НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Кухарова М.К.</i>				РОЗДІЛ 7 КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Старовойтова С.О.</i>						96	156
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра БТМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Стабніков В.П.</i>							

росту *B. coagulans* BC4 (зазвичай 37°C). Культуру інкубують протягом 24–48 годин, залежно від швидкості росту бактерій.

4. Підрахунок колоній та визначення КУО

Після інкубації оглядають чашки Петрі та виберіть ті, на яких кількість колоній становить від 30 до 300. Цей діапазон вважається оптимальним для підрахунку. Підраховують кількість колоній на обраній чашці. Визначають кількість колонієутворюючих одиниць (КУО) на мл початкового зразка за формулою:

$$\text{КУО/мл} = \frac{\text{Кількість колоній}}{\text{Об'єм посіву (мл)}} \times \text{Фактор розведення}$$

Цей метод є одним із найбільш надійних способів підрахунку життєздатних клітин, оскільки він дозволяє отримати кількісну оцінку лише життєздатних клітин, здатних до росту і утворення колоній [158].

7.1.2. Контроль мікробіологічної чистоти препарату

Контроль мікробіологічної чистоти препарату є важливим етапом у забезпеченні його безпеки та якості. Цей процес полягає у виявленні та кількісному визначенні мікроорганізмів, які можуть бути присутні у препараті, щоб забезпечити відповідність стандартам безпеки та виключити можливість контамінації [159].

Для виявлення бактеріальної та грибкової контамінації використовують живильні середовища, такі як поживний агар, агар Сабуро та інші. Зразок зразок мікрокапсул (0,1 г), який розчиняють теплою стерильною водою (0,9 мл), цю суспензію наноситься на поверхню агару в чашці Петрі, потім інкубується при відповідній температурі (наприклад, для бактерій – 35-37°C, для грибів – 25-28°C) протягом визначеного часу [159].

Кількість колоній порівнюється з граничними значеннями, встановленими для даного типу препарату відповідно до стандартів (наприклад, ДСТУ тощо). У випадку перевищення допустимих норм проводяться додаткові

дослідження для виявлення причин контамінації та розробки заходів щодо її усунення [159].

Мікроскопіювання колоній є методом морфологічного дослідження, який дозволяє детально оцінити структуру та особливості колоній мікроорганізмів. Це дослідження є корисним для первинного визначення типу мікроорганізмів, оцінки чистоти культури, а також може допомогти при виявленні можливих контамінантів [160].

Стерильною бактеріологічною петлею або шпателем обережно беруть частину колонії з поверхні агару. Важливо взяти достатню кількість матеріалу, щоб зразок був видимим під мікроскопом, але без надлишку, щоб уникнути перевантаження поля зору. Поміщають колонію на краплю розчину на предметному склі та обережно розмішують її, щоб отримати рівномірну суспензію. Якщо мікроскопіювання проводиться у світлому полі, накривають препарат покривним скельцем, уникаючи утворення бульбашок [160].

Якщо потрібно виявити деталі структури клітин або диференціювати різні види мікроорганізмів, застосовують методи фарбування [161]:

- Просте фарбування: використовується барвник, наприклад, метиленовий синій для основного фарбування мікроорганізмів.
- Грам-фарбування: для розділення бактерій на грам-позитивні та грам-негативні, що дозволяє визначити особливості клітинної стінки.

Мікроскопіювання колоній дозволяє ідентифікувати тип мікроорганізмів за їх морфологією та оцінити мікробіологічну чистоту препарату. Цей метод є цінним для попередньої ідентифікації та може використовуватися разом з іншими методами для підтвердження результатів [162].

7.1.3. Контроль ваги та вологості мікрокапсул

Контроль ваги та вологості мікрокапсул є критично важливим етапом у забезпеченні їх стабільності, якості, а також тривалого терміну зберігання. Для цього часто використовують аналізатори вологості, які дозволяють швидко та точно визначити вміст вологи в зразку та виміряти вагу до і після сушіння [163].

Беруть представницьку пробу мікрокапсул. Важливо забезпечити, щоб зразок не був пошкодженим та відповідав середнім характеристикам партії. У випадку, якщо зразок надто великий для вимірювальної чашки, його подрібнюють до розміру, що дозволить рівномірно розподілити в чашці аналізатора. Перед початком роботи перевіряють налаштування та калібрування аналізатора вологості, щоб забезпечити точність вимірювань [163].

В чашку аналізатора вологості поміщають 1-3 грами зразка (точна вага залежить від вимог аналізатора та типу зразка). Аналізатор автоматично визначає початкову вагу зразка до сушіння. Після зважування аналізатор починає сушити зразок, нагріваючи його до заданої температури. Зазвичай температура варіюється в межах 105°C. Зразок сушиться доти, доки його вага не перестане зменшуватися. Аналізатор автоматично фіксує кінцеву вагу після завершення сушіння [163].

Аналізатор автоматично обчислює відсоток вологості за різницею між початковою та кінцевою вагою зразка [163].

$$\text{Відсоток вологості} = \frac{\text{Початкова вага} - \text{Кінцева вага}}{\text{Початкова вага}} \times 100\%$$

Значення втрати ваги використовується для оцінки стабільності та якості мікрокапсул. Високий вміст вологи може свідчити про недосконалість технології інкапсуляції або про зберігання в умовах високої вологості [163].

Отримані значення порівнюються з граничними показниками вологості, встановленими для даного типу мікрокапсул. Зазвичай, оптимальний рівень вологості для мікрокапсул становить 2-5%. Якщо показник вологості перевищує допустимий рівень, приймаються заходи для оптимізації технології виробництва або умов зберігання [163].



Рис. 7.1. Аналізатор вологості A&D MX-50 [164]

7.1.4. Контроль розміру мікрокапсул

Контроль розміру мікрокапсул за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM, Scanning Electron Microscopy) дозволяє отримати високоякісні зображення мікрокапсул з високою роздільною здатністю, що дозволяє визначити їхній розмір, форму, текстуру поверхні та однорідність. Цей метод підходить для точного аналізу мікрокапсул у нанометровому та мікрометровому діапазонах [165].

Спочатку вибирають репрезентативні зразки мікрокапсул для дослідження, які відображають загальні характеристики партії. Важливо забезпечити, щоб зразок був сухим, оскільки SEM вимагає вакуумного середовища. Якщо мікрокапсули мають вологу структуру, їх висушують за допомогою ліофілізації або іншого методу, який зберігає структуру капсул і не викликає їх деформації. Невелику кількість мікрокапсул розподіляють на спеціальній підкладці (зазвичай алюмінієвий тримач), яка буде поміщена в SEM. Оскільки більшість мікрокапсул є непровідними, їх поверхню покривають тонким шаром провідного матеріалу, такого як золото або платина. Це забезпечує хорошу провідність та покращує якість зображення [165].

Обирають відповідний режим SEM для спостереження за розміром та поверхневою морфологією. Це може бути стандартний режим або режим високої роздільної здатності. Встановлюють параметри прискорювальної напруги, роздільної здатності, масштаб та фокус для забезпечення найкращої якості зображення. Роздільна здатність повинна бути достатньо високою, щоб розрізнити окремі мікрокапсули та їхню поверхневу структуру [165].

Зразок сканується електронним пучком, що дозволяє отримати детальне зображення мікрокапсул на екрані. Зазвичай для аналізу використовують декілька збільшень, щоб розглянути розмір капсул і текстуру їх поверхні. Для отримання точного вимірювання розміру мікрокапсул зображення роблять при різних збільшеннях, що дозволяє визначити середній розмір та виявити потенційні дефекти або відхилення. Для забезпечення якісного зображення SEM

працює у вакуумі, щоб електронний пучок міг без перешкод взаємодіяти зі зразком [165].

За отриманими зображеннями визначають діаметр кожної мікрокапсули. Якщо використовуються спеціальні програмні засоби, розмір капсул може бути виміряний автоматично з високою точністю. Вимірюють діаметр декількох мікрокапсул, обчислюючи середній розмір та розподіл розмірів. Середній розмір капсул та їхній розмірний розподіл допомагає оцінити однорідність виробничого процесу. SEM також дозволяє вивчати поверхню капсул, визначити її пористість, наявність тріщин чи дефектів, які можуть вплинути на стабільність капсул або швидкість вивільнення активних компонентів [165].

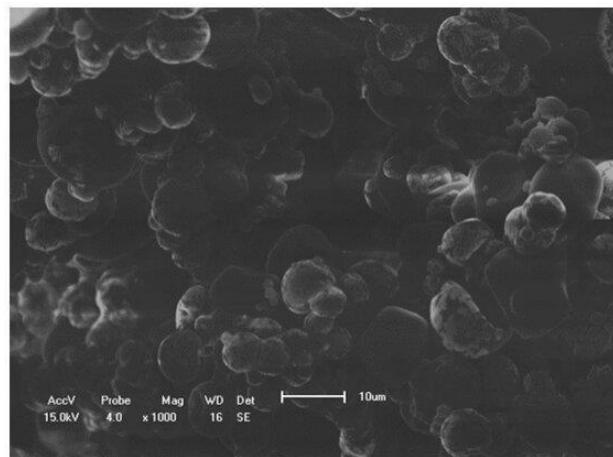


Рис.7.2. Приклад SEM знімку мікрокапсул, одержаних розпилюючим сушінням [165]

7.1.5. Контроль пробіотичних властивостей *Bacillus coagulans*

Контроль пробіотичних властивостей *B. coagulans* BC4 є важливим етапом для оцінки його потенціалу в якості пробіотика. Нижче наведені прості лабораторні методики для оцінки різних пробіотичних властивостей.

1. Кислотоутворення [166]

Готується рідке середовище, змішуючи інгредієнти відповідно до рецептури м'ясо-пептонного бульйону, після додають ще 1% глюкози до середовища. Далі, вносять культуру *B. coagulans* BC4 до середовища. Кількість може становити 1-5% об'єму середовища. Пробірки інкубують в термостаті при 37°C протягом 24-48 годин. Після інкубації використовують рН-метр для

вимірювання рН середовища. Кислоутворення проявляється в зниженні рН (менше 6,0 свідчить про активне ферментаційне середовище).

V. coagulans синтезує молочну кислоту [167]

2. Галактозидазна активність [166]

Готують рідке середовище на основі лактози (наприклад, поживний бульйон з 1% лактози). Додають культуру *V. coagulans* ВС4 до середовища. Інкубують при 37°C протягом 24 годин. Додають до пробірки з біологічним агентом розчин реактиву Нельсона відповідно до інструкцій. Вимірюють оптичну щільність на спектрофотометрі при 420 нм. Вищі значення показують більшу галактозидазну активність.

V. coagulans синтезує α та β галактозидази [168]

3. Адгезивна активність [166]

Вирощують клітини Сасо-2 у відповідному середовищі (наприклад, DMEM з добавками) до досягнення конвергентності близько 80%. Додають культуру *V. coagulans* ВС4 до клітин у співвідношенні 1:10 (клітини:бактерії). Інкубують при 37°C в середовищі з 5% CO₂ протягом 2-4 годин. Змивають неприкріплені бактерії фізіологічним розчином. Проводять підрахунок колоній (після розведення) на агарі для визначення кількості адгезованих клітин.

Адгезивна активність різних штамів *V. coagulans* в середньому становить 40% [169].

4. Протеолітична активність [166]

Готують молочне поживне середовище, додавши 1% молочного білка. До середовища додають культуру *V. coagulans* ВС4. Інкубують при 37°C протягом 24 годин. Додають Бредфордський реагент до проби з молочного середовища. Вимірюють оптичну щільність на спектрофотометрі при 595 нм. Зниження концентрації білка вказує на протеолітичну активність.

В більшості штамів *V. coagulans* присутні гени синтезу протеаз [169].

7.2. Методи контролю закваски для одержання функціонального йогурту

1. Область застосування [5,170]

Закваска для функціонального йогурту з мікрокапсулами *B. coagulans* BC4 призначена для використання у харчовій промисловості, а також для індивідуального виготовлення йогуртів вдома. Завдяки оптимальному складу бактерій та використанню інноваційних мікрокапсул, продукт має широкий спектр застосувань:

1.1. Харчова промисловість

1.1.1. Виробництво функціональних йогуртів

Використовується для виготовлення йогуртів із високою пробіотичною активністю, які сприяють покращенню кишкової мікрофлори та зміцненню імунітету. Підходить для виробництва класичних, густих (грецьких) і питних йогуртів.

1.1.2. Виробництво спеціалізованих продуктів харчування

Закваска може застосовуватися для розробки продуктів з підвищеним вмістом пробіотиків, орієнтованих на споживачів із потребою в дієтичному або функціональному харчуванні (діти, люди похилого віку, особи з порушеннями травлення).

1.1.3. Продукти з тривалим терміном зберігання

Завдяки включенню мікрокапсул *B. coagulans* BC4, які є стійкими до умов зберігання, закваска ідеально підходить для виробництва продуктів із розширеним терміном придатності, які можна зберігати в умовах «без холодового ланцюга».

1.2. Домашнє застосування

Закваска доступна для індивідуального використання в домашніх умовах. Це дозволяє споживачам виготовляти високоякісний пробіотичний йогурт із доступного молока (коров'ячого, козячого чи рослинного). Проста у використанні, закваска забезпечує стабільні результати навіть за відсутності професійного обладнання.

1.3. Гастрономічні заклади

Ресторани, кафе та кейтерингові компанії можуть використовувати закваску для приготування функціональних десертів, соусів і напоїв на основі

йогурту. Особливо популярна в закладах здорового харчування, які акцентують увагу на натуральності та корисності продуктів.

1.4. Дієтологія та спеціалізоване харчування

Закваска підходить для створення продуктів для людей із порушеннями травлення, наприклад, при синдромі подразненого кишківника, гастриті або лактазній недостатності (у поєднанні з безлактозним молоком). Використовується в терапевтичному харчуванні для відновлення балансу мікрофлори після курсу антибіотиків.

1.5. Наукові дослідження та розробки

Продукт може застосовуватися в лабораторіях і науково-дослідних установах для тестування нових технологій ферментації, а також для вивчення пробіотичних властивостей штамів. Враховуючи стабільність мікрокапсул, продукт є ідеальним для тестування тривалості зберігання, впливу різних умов виробництва та впровадження інноваційних підходів у харчовій промисловості.

1.6. Розширені можливості

Закваска може бути основою для створення комбінованих продуктів, наприклад, функціональних йогуртів із додаванням харчових волокон, натуральних підсолоджувачів (стевія, еритрит) або фруктових наповнювачів. Використовується для виробництва безглютенкових та вегетаріанських йогуртів у поєднанні з рослинними альтернативами молока (соєве, мигдальне, кокосове).

1.7. Експортний потенціал

Завдяки універсальному складу, стійкості мікрокапсул і довгому терміну зберігання закваска є конкурентоспроможною на міжнародному ринку, особливо в регіонах, де популярні продукти функціонального харчування.

2. Нормативні посилання

У розробці, виробництві, зберіганні, транспортуванні та використанні закваски для функціонального йогурту з мікрокапсулами *B. coagulans* BC4 необхідно керуватися діючими стандартами, регламентами та технічними документами. Нижче наведено детальний опис відповідних нормативних посилань:

2.1. Системи менеджменту безпеки харчових продуктів: ДСТУ ISO 22000:2018 [171]

Цей стандарт встановлює вимоги до системи управління безпекою харчових продуктів, що включає:

- Контроль ризиків на всіх етапах виробництва, починаючи від закупівлі сировини і закінчуючи доставкою кінцевого продукту споживачеві.
- Визначення критичних контрольних точок (НАССР) у процесі виробництва закваски, таких як асептичне середовище, температурний режим сушіння та пакування.
- Забезпечення належної документації та простежуваності.

2.2. Молоко та молочні продукти: ДСТУ 8552:2015 [172]

Цей стандарт встановлює вимоги до молока та продуктів на його основі, що використовуються як сировина або готова продукція:

- Фізико-хімічні показники молока, що ферментується із закваскою.
- Вимоги до мікробіологічних показників готового йогурту.
- Гарантії відсутності шкідливих домішок і патогенних мікроорганізмів.

2.2. Бактерії молочнокислі. Загальні вимоги до штамів: ISO 5538:2004 [173]

Цей стандарт встановлює вимоги до молочнокислих бактерій, які входять до складу заквасок:

- Мінімальний рівень життєздатності бактерій (КУО/г).
- Вимоги до чистоти штамів і відсутності сторонньої мікрофлори.
- Методи контролю біологічної активності бактерій, зокрема *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*.

2.4. Гігієнічні вимоги до харчової продукції: ДСТУ 4161-2003 (аналог НАССР) [174]

- Визначення основних санітарно-гігієнічних норм під час виробництва, пакування та зберігання закваски.
- Забезпечення стерильності виробничого обладнання, пакувальних матеріалів та робочих приміщень.
- Контроль перехресного забруднення на всіх етапах виробництва.

2.5. Вимоги до мікрокапсул для харчової промисловості: ISO/TS 22002-1:2009 [175]

Цей технічний стандарт визначає вимоги до компонентів, що використовуються для створення мікрокапсул:

- Вимоги до біосумісності матеріалів оболонки мікрокапсул.
- Характеристики стабільності мікрокапсул у харчовому середовищі (захист від вологи, температури, рН).
- Методи перевірки якості мікрокапсул у складі готової продукції.

2.6. Харчові добавки та матеріали: ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014 [175]

Цей стандарт регулює використання допоміжних речовин у заквасці, таких як:

- Лактоза, мальтодекстрин та інші носії, що забезпечують стабільність бактерій.
- Відповідність наповнювачів нормам безпечності для здоров'я.
- Регламентація максимально допустимої кількості харчових добавок.

2.7. Мікробіологічний контроль: ДСТУ 7357:2013 [176]

- Регламентація методів мікробіологічного контролю закваски, включаючи підрахунок колонієутворюючих одиниць (КУО/г).
- Визначення наявності патогенних мікроорганізмів, таких як *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *E. coli*.
- Перевірка стабільності пробіотичних штамів у складі закваски.

2.8. Міжнародні стандарти для пробіотиків: FAO/WHO Guidelines (2002)

[177]

- Визначення критеріїв пробіотичної ефективності бактерій, зокрема *B. coagulans* BC4.
- Забезпечення життєздатності пробіотичних бактерій у готовому продукті до кінця терміну зберігання.
- Ефективність пробіотиків після проходження через шлунково-кишковий тракт.

3. Склад

Закваска для функціонального йогурту містить:

Культури молочнокислих бактерій:

- *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* – 25%
- *Streptococcus thermophilus* – 25%

Мікрокапсули з пробіотичним штамом:

- *B. coagulans* BC4 – 25%

Допоміжні компоненти:

- Мальтодекстрин: носій для рівномірного розподілу бактерій – 10%
- Лактоза: джерело живлення для бактерій – 10%

Стабілізатори та кріопротектори:

- Сорбіт – 2%
- Казеїнат натрію – 3%

Склад розроблений для забезпечення ефективної ферментації молока, високої стабільності пробіотиків та тривалого збереження їхньої активності в готовому продукті.

4. Технічні вимоги [170]

4.1. Характеристики закваски

Закваска для функціонального йогурту повинна відповідати наступним технічним характеристикам (табл.7.1.)

Таблиця 7.1.

Узагальнені технічні характеристики закваски

Параметр	Вимоги
Зовнішній вигляд	Порошок білого або світло-кремового кольору, однорідної консистенції, без сторонніх домішок.
Запах	Характерний кисломолочний, без сторонніх запахів.
Смак	Нейтральний або злегка кислуватий, без сторонніх присмаків.
Вологість	Не більше 5%.
Мікробіологічна активність	Мінімальний титр молочнокислих бактерій – 10^8 КУО/г.
Вміст <i>Bacillus coagulans</i> BC4	Не менше 10^8 КУО/г.

4.2. Мікробіологічні показники

Закваска повинна відповідати наступним мікробіологічним вимогам (табл.7.2)

Таблиця 7.2.

Мікробіологічні показники

Параметр	Допустимі значення
Загальна кількість мікроорганізмів (КУО/г)	Не менше 10^8
Наявність патогенних мікроорганізмів	Відсутні (<i>Salmonella</i> spp., <i>E. coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> тощо).
Пліснява та дріжджі	Не більше 50 КУО/г.

4.3. Пробиотичні показники функціональної закваски

Закваска повинна відповідати наступним пробиотичним характеристикам (табл.7.3) [178]

Таблиця 7.3.

Пробиотичні показники [178]

Параметр	Вимоги/ характеристика	Обґрунтування	Методи визначення
Вміст пробиотиків (<i>Bacillus coagulans</i> BC4)	Не менше 10^8 КУО/г	Забезпечує ефективне заселення кишечника та підтримку балансу мікрофлори.	Посів на селективне живильне середовище з подальшим підрахунком колоній (КУО).

Стійкість до шлункового соку	Життєздатність пробіотика після впливу середовища з рН 1,5–2,0 не менше 90%.	Забезпечує виживання пробіотика під час проходження шлунково-кишкового тракту.	Інкубація у симульованому шлунковому середовищі (0,1 М НСІ, пепсин) з подальшим підрахунком життєздатних клітин.
Стійкість до жовчі	Життєздатність пробіотика у середовищі з 0,3% жовчних солей не менше 85%.	Гарантує ефективну колонізацію у тонкому кишечнику.	Інкубація у симульованому середовищі з додаванням жовчних солей, підрахунок КУО.
Активність при ферментації	Зниження рН молока до 4,2–4,6 протягом 4–6 годин при 37–42 °С.	Забезпечує нормальний процес ферментації молока та утворення якісного йогурту.	Вимірювання змін рН молока за допомогою рН-метра під час інкубації.
Антагоністична активність до патогенів	Інгібування росту <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Listeria monocytogenes</i> на 70–90%.	Пробіотик пригнічує ріст патогенних мікроорганізмів, сприяючи здоровій мікрофлорі.	Метод подвійного шару (додавання пробіотика до культурального середовища патогенів).
Життєздатність при зберіганні	Не менше 10 ⁷ КУО/г після 12 місяців зберігання при температурі 0–8 °С.	Гарантує ефективність продукту протягом всього терміну придатності.	Періодичний контроль зразків під час зберігання (посів на живильне середовище).
Термостійкість	Збереження не менше 85% життєздатності після термообробки при 70 °С протягом 5 хвилин.	Підвищує гнучкість використання пробіотика у технологічних процесах.	Нагрівання проби з подальшим підрахунком КУО.

5. Методи контролю

5.1. Органолептичні показники [170]

Параметри: зовнішній вигляд, запах, смак.

Візуальне оцінювання здійснюється при денному освітленні. Порошок висипають на чисту, суху поверхню та оцінюють його однорідність, колір і наявність сторонніх домішок.

Для оцінки запаху невелику кількість закваски висипають у суху чисту ємність і визначають запах, наближаючи до носа на відстань 5–10 см.

Для перевірки смаку порошок (0,1–0,2 г) розчиняють у 10 мл води кімнатної температури, дегустують.

Зовнішній вигляд: порошок однорідний, без грудочок, білого або світло-кремового кольору.

Запах: характерний кисломолочний, без сторонніх запахів.

Смак: нейтральний або слабо кислуватий.

5.2. Мікробіологічні показники [178]

5.2.1. Загальна кількість мікроорганізмів (КУО/г)

Посів 1 г закваски на поживне середовище (наприклад, агар МРС) з подальшою інкубацією при 37 °С протягом 48 годин. Після інкубації підраховують колонії, що виростили, використовуючи метод серійного розведення.

Обладнання та інструменти: ламінарний бокс, стерильний посуд, автоклав, інкубатор, петлі для посіву.

Критерії відповідності: не менше 10^8 КУО/г.

5.2.2. Відсутність патогенів

1 г закваски розводять у стерильному фізіологічному розчині, висівають на селективні середовища (Salmonella-Shigella agar, середовище Ендо для *E. coli*, агар PALCAM для *Listeria monocytogenes*). Інкубують 24–48 годин при температурі 37 °С. Відсутність колоній свідчить про відповідність.

Обладнання та інструменти: стерильні середовища, автоклав, інкубатор, петлі.

Критерії відповідності: патогенні мікроорганізми відсутні.

5.2.3. Пліснява та дріжджі

Посів 1 г закваски на середовище Сабуро. Інкубація при 25 °С протягом 5–7 діб. Підраховують колонії плісняви та дріжджів.

Обладнання та інструменти: стерильний посуд, інкубатор, ламінарний бокс.

Критерії відповідності: не більше 50 КУО/г.

5.3. Пробіотичні показники [178]

5.3.1. Життєздатність *B. coagulans* BC4

Посів 1 г закваски на селективне середовище для *Bacillus coagulans* (поживний агар, МПА або інше середовище) з подальшою інкубацією при 37 °С протягом 24–48 годин. Підрахунок колоній за методом серійного розведення.

Обладнання та інструменти: стерильний посуд, агар, інкубатор.

Критерії відповідності: не менше 10⁸ КУО/г.

5.3.2. Стійкість до шлункового соку

Закваску (1 г) інкубують у симульованому шлунковому середовищі (0,1 М НСІ, пепсин, рН 1,5–2,0) протягом 2 годин при 37 °С. Після інкубації проводять посів на середовище для *B.coagulans* і підраховують життєздатні клітини.

Обладнання та інструменти: ламінарний бокс, інкубатор, рН-метр.

Критерії відповідності: збереження життєздатності не менше 90%.

5.3.3. Стійкість до жовчі

Закваску (1 г) інкубують у симульованому середовищі з 0,3% жовчних солей протягом 4 годин при 37 °С. Проводять посів і підрахунок життєздатних клітин.

Обладнання та інструменти: стерильний посуд, середовище з жовчними солями, інкубатор.

Критерії відповідності: збереження життєздатності не менше 85%.

5.3.4. Активність при ферментації

1 г закваски додають у 100 мл стерильного молока з вмістом жиру 3,2%. Суміш інкубують при температурі 37–42 °С протягом 4–6 годин. Через кожні 30 хвилин вимірюють рН за допомогою рН-метра.

Обладнання та інструменти: рН-метр, водяна баня або термостат, стерильне молоко, мірний посуд.

Критерії відповідності: зниження рН молока до рівня 4,2–4,6 протягом заданого часу.

5.3.5. Антагоністична активність до патогенів

Розчин закваски (1 г/10 мл фізіологічного розчину) вносять у чашки Петрі з щільним поживним середовищем, засіяним тест-культурами патогенів. Чашки інкубують при 37 °С протягом 24 годин. Вимірюють зони затримки росту патогенних мікроорганізмів навколо пробіотичних колоній.

Обладнання та інструменти: чашки Петрі, стерильне поживне середовище (наприклад, агар Мюллера-Хінтона), калібр для вимірювання зон затримки росту.

Критерії відповідності: затримка росту патогенів у межах 70–90% порівняно з контролем.

5.3.6. Життєздатність при зберіганні

Перевірка проводиться на заквасці, яка зберігалася в стандартних умовах (температура 0–8 °С). Беруть 1 г закваски та висівають на селективне середовище (наприклад, МРС-агар). Середовище інкубують при 37 °С протягом 24–48 годин. Далі, здійснюється підрахунок колоній, що вирости.

Обладнання та інструменти: холодильник для зберігання, МРС-агар, інкубатор, стерильні інструменти.

Критерії відповідності: життєздатність не менше 10^7 КУО/г після 12 місяців зберігання.

5.3.7. Термостійкість

Зразок закваски (1 г) розводять у 10 мл стерильного фізіологічного розчину. Розчин нагрівають при температурі 70 °С протягом 5 хвилин. Після охолодження до кімнатної температури проводять посів на селективне

середовище для *B. coagulans* (наприклад, МПА). Середовище інкубують при 37 °С протягом 24–48 годин. Життєздатні клітини підраховують за стандартною методикою.

Обладнання та інструменти: водяна баня або лабораторний термостат, МРС-агар, стерильний посуд.

Критерії відповідності: збереження не менше 85% життєздатності.

6. Вимоги до пакування [170]

Пакування закваски для функціонального йогурту повинне забезпечувати збереження якості продукту, його стабільність і життєздатність пробіотичних культур протягом усього терміну зберігання. Основні вимоги до пакування:

6.1. Тип пакувального матеріалу

Високоякісний харчовий пластик (поліетилен високої густини або поліпропілен), дозволений для контакту з харчовими продуктами. Забезпечення бар'єрних властивостей для захисту від вологи, світла, кисню та сторонніх запахів. Стійкість до механічних пошкоджень. Герметичність, щоб уникнути потрапляння мікроорганізмів із зовнішнього середовища. Нетоксичність і хімічна інертність до компонентів закваски.

6.2. Конструкція упаковки

Форма: пластикові флакони ємністю 20–100 г, які легко відкриваються та герметично закриваються. Наявність дозуючого отвору (або можливість легко висипати необхідну кількість продукту). Зручність транспортування та використання споживачем. Можливість багаторазового відкриття-закриття без втрати герметичності.

6.3. Захист від зовнішніх факторів

Упаковка повинна перешкоджати проникненню водяної пари з атмосфери для запобігання злежуванню порошку. Застосування пластику з високими бар'єрними властивостями або ламінованих шарів для мінімізації доступу кисню.

6.4. Стерильність і безпека

Пакувальний матеріал повинен бути стерильним або піддаватися стерилізації перед фасуванням закваски. Внутрішня поверхня флакону має бути

гладкою, без тріщин чи дефектів, які могли б накопичувати залишки продукту чи сприяти розмноженню небажаних мікроорганізмів.

6.5. Зручність зберігання та транспортування

Упаковка повинна бути компактною, зручною для зберігання в холодильнику (температурний режим 0–8 °С). Забезпечення стійкості флаконів при транспортуванні, унеможливлення деформації чи розгерметизації.

6.6. Екологічність

Використання матеріалів, які піддаються вторинній переробці або мають мінімальний вплив на навколишнє середовище після утилізації. За можливості, включення маркування щодо способів правильної утилізації упаковки.

7. Маркування [170]

Маркування упаковки є важливим елементом для забезпечення відповідності продукту санітарним, законодавчим вимогам та надання споживачеві необхідної інформації.

Маркування повинно бути чітким, легким для сприйняття, із використанням шрифтів, що відповідають стандартам.

Вся інформація на упаковці має бути українською мовою (якщо вимагається законодавством), з можливим доповненням іншими мовами (наприклад, англійською) для експорту.

Тривалий термін зберігання інформації: Інформація на упаковці повинна бути стійкою до впливу температури, вологи та інших факторів, що можуть її пошкодити чи зробити нечіткою.

Назва продукту: «Закваска для функціонального йогурту з пробіотичними властивостями». Назва повинна чітко вказувати на основні характеристики продукту (функціональність, пробіотичні властивості).

Склад продукту: повний склад із зазначенням основних інгредієнтів, їх кількості або відсотків, вказання на наявність пробіотичних культур (наприклад, *B. coagulans* BC4), а також наявність інших компонентів (молочнокислі бактерії, мікрокапсули). Склад повинен бути розташований у вигляді переліку, із зазначенням компонентів за спаданням їх кількості.

Масова частка (вага): вказується кількість продукту в упаковці (наприклад, 1 г, 10 г, 50 г, 100 г тощо). Це може бути вказано на лицьовій стороні упаковки.

Термін придатності - до 12 місяців.

Температурний режим зберігання - 0–8 °С для заквасок з пробіотиками.

Умови зберігання та транспортування - зберігати в сухому, прохолодному місці.

Інструкція щодо застосування:

Як правильно використовувати закваску для приготування йогурту (наприклад, дозування, температура інкубації, час ферментації).

Виробник: назва, адреса та контактна інформація виробника, а також ліцензія або інша ідентифікаційна інформація, якщо застосовується.

Інформація щодо сертифікації: якщо продукт сертифікований відповідно до стандартів якості (наприклад, ISO, HACCP, органічна сертифікація), це повинно бути зазначено на упаковці.

Пробіотичні властивості:

Указати, що закваска містить пробіотичні культури, які можуть позитивно впливати на мікрофлору кишечника (*B. coagulans*).

Можна зазначити, які конкретні пробіотичні ефекти забезпечуються, наприклад: "покращує травлення", "підвищує імунітет", "знижує рівень холестерину".

Якщо продукт не містить ГМО, консерванти, барвники чи інші штучні добавки, це повинно бути зазначено в маркуванні.

Наприклад: "Не містить ГМО", "Без консервантів", "Без штучних барвників".

Інформація для алергіків: якщо упаковка містить алергенні компоненти (наприклад, молоко, соя), це повинно бути зазначено відповідно до вимог законодавства.

Використання QR-коду для отримання додаткової інформації про продукт, інструкцій по застосуванню або технічні деталі.

Логотип бренду для підвищення впізнаваності продукту і компанії-виробника.

Колірна гама - вибір кольорів, що відповідають концепції здорового харчування, природних продуктів (наприклад, зелені, білі, натуральні кольори).

Маркування має надавати чітку і доступну інформацію для споживача, забезпечувати відповідність законодавчим вимогам і дозволяти швидку ідентифікацію продукту.

8. Умови зберігання та транспортування [170]

Закваска для функціонального йогурту з пробіотичними культурами повинна зберігатися при температурі від 0°C до 8°C (в холодильнику). Це дозволяє підтримувати активність пробіотичних культур і запобігати їх деградації або загибелі.

Тривале зберігання за температури вище 8°C може негативно вплинути на життєздатність пробіотичних мікроорганізмів, знижуючи ефективність закваски.

Пакування має бути герметичним, щоб уникнути проникнення вологи з навколишнього середовища. Перехід від низької до високої вологості може призвести до зниження активності бактерій і утворення грудок в складі закваски.

Закваска повинна зберігатися в темному або непроникному для ультрафіолетових променів пакуванні, щоб уникнути руйнування пробіотичних культур під дією світла. Прямі сонячні промені можуть призвести до деградації чутливих компонентів.

Термін зберігання закваски при відповідних умовах (0–8°C) зазвичай становить 12 місяців від дати виробництва, якщо не вказано інше на упаковці.

Протягом транспортування закваска повинна транспортуватися при температурі від 0°C до 8°C. Це може бути забезпечено за допомогою термоізованих контейнерів або охолоджуючих елементів.

Потрібно уникати транспортування заквасок за температури вище 8°C, оскільки це може вплинути на їх якість і життєздатність.

Пакування має бути надійно закріплене для запобігання механічним пошкодженням при транспортуванні. Контейнери і упаковки повинні бути розміщені таким чином, щоб уникнути ударів і деформації упаковки.

Транспортування повинно бути забезпечене в умовах, які захищають упаковку від попадання води або конденсату, а також інших факторів, що можуть призвести до пошкодження упаковки або її вмісту.

Для зберігання великих партій заквасок можуть бути використані холодильні камери або складські приміщення, що відповідають умовам зберігання, з постійним контролем температури.

Важливо проводити регулярні перевірки температурного режиму та стану упаковки для забезпечення належних умов зберігання.

Після відкриття упаковки продукт необхідно зберігати в холодильнику (0–8°C) і використати протягом короткого терміну, зазвичай протягом 7–10 днів.

Для міжнародних поставок може бути необхідна спеціальна сертифікація упаковки, що відповідає стандартам транспортування харчових продуктів, зокрема в умовах температурних коливань або зупинок у нерегульованих зонах.

Для таких поставок також можуть використовуватися термоконтейнери для підтримки стабільної температури при транспортуванні.

9. Вимоги безпеки [170]

Забезпечення безпеки є ключовим аспектом при розробці, виробництві, транспортуванні та споживанні продуктів, що містять пробіотичні культури. Закваска для функціонального йогурту повинна відповідати певним вимогам безпеки, які гарантують відсутність ризиків для здоров'я споживачів, а також відповідність законодавчим стандартам харчової безпеки.

Пробіотичні культури, що входять до складу закваски, повинні бути вільними від патогенних бактерій, таких як *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* та ін. Продукт повинен пройти мікробіологічне тестування на відсутність таких патогенів до упаковки та під час зберігання.

Усі компоненти, що входять до складу закваски (молочнокислі бактерії, мікрокапсули *Bacillus coagulans*, інші додаткові інгредієнти), повинні бути

дозволені до використання у харчовій промисловості та відповідати стандартам безпеки харчових продуктів згідно з національними та міжнародними нормами (наприклад, Європейська агенства з безпеки харчових продуктів EFSA).

Якщо використовуються генетично модифіковані організми (ГМО), це повинно бути чітко вказано на упаковці згідно з вимогами законодавства. Відсутність ГМО в складі закваски повинна бути підтверджена сертифікацією та відповідними тестами.

Продукт не повинен містити компонентів, що можуть викликати алергічні реакції (наприклад, молочні білки, соя) або бути небезпечними для людей з певними захворюваннями (наприклад, для людей із хронічними хворобами печінки чи нирок). Це має бути зазначено на маркуванні.

Пробіотичні бактерії повинні зберігати свою життєздатність і ефективність протягом всього терміну зберігання продукту. Для цього потрібно контролювати умови зберігання та транспортування, а також проводити регулярні мікробіологічні тести на життєздатність культур в кінці терміну зберігання.

Продукт має бути стерильним від мікробіологічних забруднень, таких як цвіль, дріжджі або бактеріальні забруднення, що можуть виникати під час зберігання або порушення умов транспортування.

Виробничі приміщення, обладнання і персонал повинні відповідати високим стандартам гігієни, що запобігає забрудненню продукту патогенами або іншими небезпечними мікроорганізмами. Системи очищення і дезінфекції повинні бути регулярними.

Регулярні перевірки на дотримання санітарних вимог у процесі виробництва та пакування заквасок. Це включає контроль за чистотою упаковки, робочих поверхонь та умовами зберігання.

Пакування повинно бути таким, щоб забезпечувати безпеку продукту від механічних пошкоджень, що можуть вплинути на його якість або призвести до витоку чи забруднення. Умови транспортування повинні гарантувати збереження герметичності упаковки.

Важливо, щоб упаковка з продуктом була в транспортних контейнерах, що забезпечують відповідну температуру для збереження пробіотичних культур та запобігання будь-яким негативним змінам (наприклад, знищенню бактерій або змінам смаку).

Для забезпечення споживачів гарантією якості та безпеки продукту необхідно використовувати відповідне маркування з інформацією про сертифікацію та стандарти якості. Продукти повинні проходити сертифікацію відповідно до законодавчих вимог і міжнародних стандартів (ISO, HACCP).

Можуть бути застосовані захисні елементи (наприклад, голограми, код для перевірки автентичності) для запобігання фальсифікації продукту.

Упаковка повинна бути виготовлена з безпечних матеріалів, що не мають шкідливих впливів на довкілля та здоров'я людини. Це включає відповідність міжнародним стандартам безпеки матеріалів, що використовуються для харчових продуктів, та забезпечення можливості переробки упаковки.

Необхідно мати чіткий план дій у разі виявлення дефектів в упаковці, неправильних умов зберігання чи транспортування, а також випадків, коли якість продукту може бути порушена. Це включає проведення тестування на безпеку продукту та проведення необхідних заходів для уникнення подальшого розповсюдження дефектної продукції.

10. Гарантії виробника

Виробник гарантує, що закваска для функціонального йогурту відповідає всім вимогам технічних умов (ТУ), стандартам якості та безпеки харчових продуктів, встановленим законодавством України та міжнародними нормами. Продукт виготовлений згідно з актуальними вимогами до харчових добавок і пробіотичних культур.

Виробник гарантує використання тільки високоякісних, безпечних для здоров'я компонентів, що входять до складу закваски, які не містять шкідливих добавок, хімічних речовин або ГМО, якщо це не вказано інакше.

Виробник гарантує, що закваска не містить патогенних мікроорганізмів (як-от *Salmonella*, *E. coli*, *Listeria*), а також відповідає вимогам щодо вмісту інших

мікробіологічних забруднень. Продукт проходить необхідні лабораторні тести перед випуском на ринок.

Виробник гарантує, що пробіотичні культури, які входять до складу закваски, зберігають свою життєздатність і активність протягом усього терміну зберігання за умови правильного транспортування та зберігання в умовах, визначених на упаковці.

Виробник гарантує, що закваска для функціонального йогурту має зазначений на упаковці термін зберігання за умови дотримання рекомендованих умов зберігання (температури та вологості). Після закінчення терміну зберігання продукт може втратити свої функціональні властивості, тому не підлягає використанню після зазначеної дати.

Виробник гарантує, що на момент виробництва та до кінця терміну придатності, в заквасці будуть міститися активні молочнокислі бактерії та пробіотичні культури у кількості, що відповідає вимогам ТУ і забезпечує ефективність продукту.

Виробник гарантує, що маркування продукції відповідає чинним нормативним актам та містить всю необхідну інформацію для споживача, зокрема склад, термін зберігання, умови зберігання, інформацію про пробіотичні властивості та можливі алергени.

Виробник гарантує, що упаковка закваски є герметичною, надійною та не має дефектів. Всі упаковки відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, а також умовам для зберігання пробіотичних культур.

Виробник зобов'язується вжити відповідних заходів для заміни або повернення продукту у разі виявлення дефектів у упаковці чи продукції, що виникли з вини виробника (наприклад, порушення герметичності, невідповідність кількості або якості пробіотичних культур).

Виробник гарантує оперативне розгляд скарг споживачів та вирішення ситуацій, що виникли через невідповідність продукту заявленим характеристикам, у тому числі з компенсацією або заміною товару.

Виробник гарантує, що упаковка є екологічно чистою і відповідає вимогам щодо переробки та безпеки для навколишнього середовища.

Всі інгредієнти, що використовуються у складі закваски, є дозволеними і сертифікованими для харчового виробництва відповідно до вимог санітарних і фітосанітарних норм.

Виробник гарантує, що закваска матиме заявлені смакові, ароматичні та текстурні властивості за умови правильного зберігання та використання. Порушення упаковки, зберігання за неправильних умов чи після закінчення терміну зберігання може призвести до зміни органолептичних властивостей продукту.

Виробник надає консультації та підтримку щодо правильного використання закваски для йогурту, а також надає рекомендації по зберіганню і умовам ферментації для досягнення найкращих результатів у виробництві йогурту.

РОЗДІЛ 8

ПРОЄКТ ЗАЯВКИ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЙОГУРТУ

8.1. Об'єкт корисної моделі

Закваска для виробництва функціонального йогурту, яка містить пробіотичні мікроорганізми та допоміжні речовини, що забезпечують стабільність складу, високу антагоністичну активність і поліпшення функціональних властивостей готового продукту.

Сфера застосування: харчова промисловість, зокрема виробництво функціональних кисломолочних продуктів із пробіотичними властивостями.

8.2. Проблема, яку вирішує корисна модель

Виробництво заквасок для функціональних кисломолочних продуктів стикається з низкою проблем, які обмежують ефективність, стабільність і споживчу привабливість готових продуктів. Пропонована закваска спрямована на вирішення таких ключових питань:

1. Нестабільність пробіотичних штамів

Пробіотичні мікроорганізми, такі як *B. coagulans* BC4, традиційно мають низьку життєздатність під час зберігання через вплив таких факторів, як:

- Коливання температури та вологості.
- Тривалість транспортування.
- Чутливість до кисню та інших несприятливих умов.

Використання мікрокапсул для інкапсуляції *B. coagulans* BC4 захищає бактерії від зовнішніх впливів і забезпечує їх стабільність протягом усього терміну зберігання.

2. Низька антагоністична активність до патогенів

Існуючі закваски не завжди гарантують належний рівень антагоністичної активності, що обмежує їх ефективність у боротьбі з патогенними

					<i>НУХТ БТЕК 02.02.05 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кухарова М.К.</i>			<i>РОЗДІЛ 8 ПРОЄКТ ЗАЯВКИ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Старовойтова С.О.</i>					122	156
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра БТМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стабніков В.П.</i>						

мікроорганізмами в організмі людини. Поєднання мікрокапсул *B. coagulans* BC4 із заквашувальними штамами (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* і *S. thermophilus*) посилює антагоністичну дію завдяки синергетичному ефекту.

3. Технологічні проблеми виробництва

Виготовлення заквасок потребує ретельного контролю технологічного процесу для забезпечення рівномірності складу та збереження властивостей компонентів. При цьому часто виникають:

- Проблеми з нерівномірним розподілом мікроорганізмів.
- Зниження активності бактерій через вплив допоміжних речовин.

Введення лактози, мальтодекстрину та інших стабілізаторів як носіїв дозволяє рівномірно змішувати компоненти, захищати мікроорганізми та забезпечувати їх ефективність.

4. Обмежена функціональність готового продукту

Кисломолочні продукти без пробіотичних властивостей втрачають конкурентоспроможність, оскільки споживачі все частіше віддають перевагу продуктам з користю для здоров'я, зокрема тим, що сприяють:

- Зміцненню імунної системи.
- Нормалізації мікрофлори кишківника.
- Запобіганню розвитку захворювань ШКТ.

Закваска забезпечує наявність пробіотичних штамів, що виживають у складних умовах травного тракту, зберігаючи їх функціональні властивості. Це дозволяє створювати продукт, який відповідає запитам сучасних споживачів.

5. Проблеми фасування та зберігання

Багато заквасок у порошковій формі мають обмежений термін придатності або вимоги до особливих умов зберігання. Фасування закваски у пластикові флакони захищає продукт від вологи, забезпечує герметичність і зручність використання, а також подовжує термін зберігання.

Корисна модель спрямована на створення інноваційної закваски, яка вирішує низку важливих проблем харчової промисловості. Це дозволяє

виготовляти функціональні йогурти, що відповідають сучасним стандартам якості, ефективності та безпеки.

8.3. Суть корисної моделі

Пропонується закваска, яка містить:

Пробіотичний компонент: мікрокапсули *B. coagulans* BC4.

Традиційні заквашувальні мікроорганізми: *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *S. thermophilus*.

Допоміжні речовини: лактоза, мальтодекстрин, казеїнат натрію, сорбіт.

Закваска забезпечує:

- Високу активність ферментації молока.
- Тривалу життєздатність пробіотиків.
- Антагоністичну активність до патогенних мікроорганізмів.
- Покращену функціональність кінцевого продукту (стабільність консистенції, органолептичні властивості).

8.4. Формула корисної моделі

Закваска для функціонального йогурту, що містить:

Мікрокапсули *Bacillus coagulans* BC4 – 25%;

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* – 25%;

Streptococcus thermophilus – 25%;

Лактоза – 10%;

Мальтодекстрин – 10%;

Казеїнат натрію – 3%;

Сорбіт – 2 %.

8.5. Порівняння з відомими аналогами та переваги корисної моделі

1. Традиційні закваски для йогурту зазвичай містять тільки класичні заквашувальні штами, такі як *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *S. thermophilus*.

Недоліки:

- Відсутність пробіотичного ефекту.
- Низька стійкість до зовнішніх впливів.

- Відсутність функціональних добавок, що покращують здоров'я.

Приклад: Закваски масового виробництва для побутового використання.

1. Закваски з додаванням пробіотиків без мікрокапсуляції. Такі закваски включають пробіотики, наприклад *L. acidophilus* або *Bifidobacterium* spp.

Недоліки:

- Низька виживаність пробіотиків під час зберігання через відсутність захисту від стресових факторів (волога, температура).
- Зменшення ефективності через деградацію активних компонентів.

Приклад: продукти окремих компаній, які орієнтовані на функціональні властивості, але не забезпечують тривалу стабільність.

2. Закваски з інкапсульованими пробіотиками, але без синергетичного складу. Використовуються інкапсульовані пробіотики, однак вони поєднуються з мінімальним набором допоміжних речовин.

Недоліки:

- Обмежена ферментаційна активність через відсутність оптимального середовища для активізації бактерій.
- Менший спектр функціональних переваг.

Переваги корисної моделі

- Інноваційний склад. Використання мікрокапсул *B. coagulans* BC4, що мають високу виживаність навіть за несприятливих умов. Синергетична дія класичних заквашувальних штамів (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* і *S. thermophilus*) з мікрокапсульованими пробіотиками. Оптимізований набір допоміжних речовин (лактоза, мальтодекстрин, казеїнат натрію), які забезпечують стабільність і зручність використання.
- Висока ефективність пробіотиків. Стійкість мікрокапсул *B. coagulans* BC4 до кислотності шлунка та висока виживаність у

травному тракті. Покращений антагонізм до патогенів, що знижує ризик дисбактеріозу та інших кишкових розладів.

- Стабільність та зручність зберігання. Завдяки герметичному фасуванню у пластикові флакони забезпечується захист від вологи та повітря, що подовжує термін придатності. Відсутність потреби у спеціальних умовах транспортування, таких як зберігання в холодильнику.
- Поліпшені функціональні властивості готового продукту. Підвищення органолептичних характеристик (смаку, консистенції) завдяки оптимальному співвідношенню компонентів. Збільшення користі для здоров'я споживачів завдяки пробіотичному впливу.
- Технологічна зручність у виробництві. Простота змішування компонентів перед фасуванням завдяки використанню сухих форм біологічних агентів і стабілізаторів. Універсальність продукту, оскільки підходить як для промислового, так і для побутового використання.

8.6. Етапи виробництва

Процес виробництва закваски, що включає мікрокапсульовані пробіотики та сухі компоненти, передбачає кілька ключових етапів, спрямованих на забезпечення однорідності, стабільності та якості продукту.

1. Підготовка сировини

Мікрокапсули *B. coagulans* BC4. Поставляються у сухому вигляді, мають високу стійкість до зовнішніх впливів. Візуально оглядають для перевірки цілісності мікрокапсул.

Заквашувальні штами (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *S. thermophilus*). Перевіряють органолептичні та мікробіологічні параметри, проводять калібрування ваг для точного дозування.

Допоміжні речовини (лактоза, мальтодекстрин, казеїнат натрію, сорбіт). Перевіряють відповідність технічним умовам і зберігають у сухих умовах перед змішуванням.

2. Зважування компонентів

На технічних вагах зважують необхідну кількість кожного компоненту відповідно до матеріального розрахунку.

Приклад:

852 г мікрокапсул *B. coagulans* BC4.

По 852 г заквашувальних штамів.

По 341 г лактози та мальтодекстрину.

102 г казеїнату натрію.

68 г сорбіту.

3. Змішування компонентів

Компоненти змішуються у стерильному змішувачі із контрольованими умовами температури та вологості, щоб уникнути агломерації порошків. Передбачається почергове додавання сухих компонентів у змішувач. Перемішування на низьких обертах для рівномірного розподілу компонентів. Тестування гомогенності (візуальний контроль та проби).

4. Контроль якості суміші

Після змішування проводять перевірку за такими параметрами:

- Органолептичні властивості (колір, консистенція).
- Однорідність (відсутність грудок).
- Мікробіологічна чистота.

5. Фасування

Суміш фасують у герметичні пластикові флакони із дозованою масою. Для цього подають суміш до фасувальної лінії в умовах асептики. Герметично запаюють кришки для захисту від вологи та кисню. Флакони проходять перевірку на герметичність кожної партії.

6. Маркування

На кожен флакон наносять етикетки, що містять:

- Назву продукту.
- Склад.
- Інструкцію із застосування.

- Дату виробництва та кінцеву дату споживання.

7. Зберігання та транспортування

Умови зберігання: сухе місце при температурі не вище 25°C, уникати потрапляння прямих сонячних променів.

Транспортування: герметичність флаконів дозволяє транспортувати продукт без спеціальних температурних режимів.

8. Випробування готової партії

Вибіркова перевірка продукту за мікробіологічними, пробіотичними та фізико-хімічними показниками. Контроль відповідності технічним умовам перед відправленням на ринок.

8.7. Реферат

Корисна модель пропонує нову технологію виробництва закваски для функціонального йогурту, яка поєднує традиційні молочнокислі бактерії з мікрокапсульованими пробіотиками. Ця інновація спрямована на підвищення стабільності та ефективності пробіотичних властивостей йогурту, зокрема, на покращення виживаності бактерій під час зберігання та забезпечення їхньої активності після потрапляння в шлунково-кишковий тракт.

Особливістю цієї моделі є використання мікрокапсульованих бактерій *B. coagulans* BC4, що мають високу стійкість до зовнішніх умов, таких як зміни температури та вологості, що часто є проблемою для пробіотичних штамів. Крім того, суміш класичних заквасок, таких як *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *S. thermophilus*, забезпечує необхідну ферментаційну активність для виробництва йогурту з оптимальними органолептичними властивостями.

Технологія включає простий процес змішування сухих біологічних агентів і допоміжних речовин, що дозволяє виробляти закваску без необхідності складного обладнання. Після змішування компоненти фасуються в герметичні пластикові флакони, що захищають продукт від впливу зовнішніх факторів та забезпечують довготривале зберігання. Такий підхід дозволяє спростити виробничий процес і зробити продукт доступним для споживачів.

Переваги цієї корисної моделі включають підвищену ефективність пробіотичного впливу, стійкість продукту до змін зовнішніх умов та оптимальне поєднання бактерій для забезпечення якості йогурту. Це сприяє розвитку ринку функціональних продуктів харчування, що відповідають сучасним вимогам до здорового харчування та підтримки мікрофлори шлунково-кишкового тракту.

ВИСНОВКИ

1. Створення функціональних продуктів з додаванням пробіотиків є важливим кроком у покращенні здоров'я населення. Пробіотики, такі як *B. coagulans*, здатні позитивно впливати на мікрофлору кишківника, покращувати травлення, зміцнювати імунну систему та знижувати ризик розвитку різних захворювань. Включення пробіотиків у різноманітні харчові продукти може підвищити їхню харчову цінність та створити нові можливості для споживачів, які шукають здорові рішення у харчуванні.

2. Функціональний йогурт, збагачений пробіотичним штамом *B. coagulans* BC4, інкапсульованим у харчову матрицю пасти фініків, має значний потенціал для задоволення потреб споживачів у здорових і корисних продуктах. Інкапсуляція пробіотиків у пасту фініків забезпечує їхню високу виживаність під час зберігання та проходження через шлунково-кишковий тракт, що є критично важливим для досягнення бажаного терапевтичного ефекту. Крім того, поєднання пробіотиків з поживними властивостями фініків може підвищити органолептичні характеристики йогурту, виступаючи як підсолоджувач, роблячи його не лише корисним, але й смачним продуктом, що сприяє здоровому способу життя.

3. Розроблена закваска для функціонального йогурту, що містить мікрокапсульовані пробіотики *B. coagulans* BC4 та традиційні молочнокислі бактерії, є важливим досягненням в індустрії здорового харчування. Поєднання класичних штамів молочнокислих бактерій з мікрокапсульованими пробіотиками дозволяє значно підвищити стійкість бактерій до зберігання та забезпечити їх активність при вживанні продукту, що має важливе значення для підтримки здоров'я шлунково-кишкового тракту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія пробіотиків: Підручник / С.О.Старовойтова, О.І.Скроцька, Ю.М.Пенчук, Т.П. Пирог. К.: НУХТ, 2012. 318 с.
2. Misra, S., Pandey, P., & Mishra, H. N. (2021). Novel approaches for co-encapsulation of probiotic bacteria with bioactive compounds, their health benefits and functional food product development: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 340-351. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.039>
3. Iqbal, R., Liaqat, A., Jahangir Chughtai, M. F., Tanweer, S., Tehseen, S., Ahsan, S., ... & Khaliq, A. (2021). Microencapsulation: A pragmatic approach towards delivery of probiotics in gut. *Journal of Microencapsulation*, 38(6), 437-458. <https://doi.org/10.1080/02652048.2021.1949062>
4. Sun, Q., Yin, S., He, Y., Cao, Y., & Jiang, C. (2023). Biomaterials and encapsulation techniques for probiotics: Current status and future prospects in biomedical applications. *Nanomaterials*, 13(15), 2185. <https://doi.org/10.3390/nano13152185>
5. Marcial-Coba M. S., Pjaca A. S., Andersen C. J., Knöchel S., Nielsen D. S. Dried date paste as carrier of the proposed probiotic *Bacillus coagulans* BC4 and viability assessment during storage and simulated gastric passage. *LWT*. 2019, 99: 197-201. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.052>
6. Syngai G. G., Gopi R., Bharali R., Dey S., Lakshmanan G. A., Ahmed G. Probiotics-the versatile functional food ingredients. *Journal of food science and technology*. 2016, 53: 921-933. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2011-0>
7. Tripathi M. K., Giri S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of functional foods*. 2014, 9: 225-241. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.030>
8. Tufarelli V., Laudadio V. An overview on the functional food concept: perspectives and applied researches in probiotics, prebiotics and synbiotics. *J Exp Biol*. 2016, 4: 3S. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(3S\).273.278](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(3S).273.278)

9. Champagne C. P., da Cruz A. G., Daga M. Strategies to improve the functionality of probiotics in supplements and foods. *Current Opinion in Food Science*. 2018, 22: 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.04.008>
10. Fenster K., Freeburg B., Hollard C., Wong C., Rønhave Laursen R., Ouwehand A. C. The production and delivery of probiotics: A review of a practical approach. *Microorganisms*. 2019, 7(3): 83. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7030083>
11. Sarkar S., Sur A., Sarkar K., Majhi R., Basu S., Chatterjee K., Sikder B. Probiotics: A way of value addition in functional food. *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet.* 2016, 5: 290-293. <http://dx.doi.org/10.19070/2326-3350-1600052>
12. Terpou A., Papadaki A., Lappa I. K., Kachrimanidou V., Bosnea L. A., Kopsahelis N. Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. *Nutrients*. 2019, 11(7): 1591. <https://doi.org/10.3390/nu11071591>
13. da Silva B. V., Barreira J. C., Oliveira M. B. P. Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies. *Trends in Food Science & Technology*. 2016, 50: 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.007>
14. Palanivelu J., Thanigaivel S., Vickram S., Dey N., Mihaylova D., Desseva I. Probiotics in functional foods: survival assessment and approaches for improved viability. *Applied Sciences*. 2022, 12(1): 455. <https://doi.org/10.3390/app12010455>
15. Balthazar C. F., Guimarães J. F., Coutinho N. M., Pimentel T. C., Ranadheera C. S., Santillo A., et al. The future of functional food: Emerging technologies application on prebiotics, probiotics and postbiotics. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2022, 21(3): 2560-2586. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12962>
16. Yoha K. S., Nida S., Dutta S., Moses J. A., Anandharamakrishnan C. Targeted delivery of probiotics: perspectives on research and commercialization. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2022: 1-34. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09791-7>

17. Flach J., van der Waal M. B., van den Nieuwboer M., Claassen E., Larsen O. F. The underexposed role of food matrices in probiotic products: Reviewing the relationship between carrier matrices and product parameters. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018, 58(15): 2570-2584. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1334624>
18. Granato D., Barba F. J., Bursać Kovačević D., Lorenzo J. M., Cruz A. G., Putnik P. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*. 2020, 11(1): 93-118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
19. Corbo M. R., Bevilacqua A., Petruzzi L., Casanova F. P., Sinigaglia M. Functional beverages: the emerging side of functional foods: commercial trends, research, and health implications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2014, 13(6): 1192-1206. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12109>
20. Min M., Bunt C. R., Mason S. L., Hussain M. A. Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019, 59(16): 2626-2641. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1462760>
21. Rahmani F., Gandomi H., Noori N., Faraki A., Farzaneh M. Microbial, physiochemical and functional properties of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* enriched by green tea aqueous extract. *Food science & nutrition*. 2016, 9(10): 5536-5545. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2512>
22. Yang J., Sun Y., Gao T., Wu Y., Sun H., Zhu Q., et al. Fermentation and storage characteristics of “Fuji” apple juice using *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*: Microbial growth, metabolism of bioactives and in vitro bioactivities. *Frontiers in nutrition*. 2022, 9, 833906. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.833906>
23. Champagne C. P., Guertin N., Raymond Y. Strategies to improve the survival of probiotic *Lactocaseibacillus rhamnosus* R0011 during the production and storage of granola bars. *Canadian Journal of Microbiology*. 2022, 68(3): 147-156. <https://doi.org/10.1139/cjm-2021-0130>

24. Mani-López E., Ramírez-Corona N., López-Malo A. Advances in Probiotic Incorporation into Cereal-Based Baked Foods: Strategies, Viability, and Effects-A review. *Applied Food Research*. 2023: 100330. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100330>
25. Baroncello S., Candiago N. T., Gelinski J. M. L. N., Caliaro V., Baratto C. M. Meat pet snacks by containing encapsulated *Saccharomyces boulardii*. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2020, 2(4). <https://doi.org/10.24018/ejfood.2020.2.4.69>
26. Muñoz-Pabon K. S., Gonzálezcallejas C. A., Eduardo-Bravo J. Viability in vitro study of the *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086 in two food products: extruded snacks and cookies based on quinoa. *SYLWAN*. 2020, 164(7).
27. Bernat N., Cháfer M., González-Martínez C., Rodríguez-García J., Chiralt A. Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. *Food Science and Technology International*. 2015, 21(2): 145-157. <https://doi.org/10.1177/1082013213518936>
28. Rasika D. M., Vidanarachchi J. K., Rocha R. S., Balthazar C. F., Cruz A. G., Sant'Ana A. S., Ranadheera C. S. Plant-based milk substitutes as emerging probiotic carriers. *Current Opinion in Food Science*. 2021, 38: 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.025>
29. Mahasneh A. M., Hamdan S., Mahasneh S. A. Probiotic properties of *Lactobacillus* species isolated from local traditional fermented products. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2015, 147(3427): 1-7.
30. Ertürkmen P., Kiliç G. B., Kiliç B. Utilization of lactic acid bacteria and probiotics on meat products. 2016, 15:78-82.
31. Kim J., Muhammad N., Jhun B. H., Yoo J. W. Probiotic delivery systems: A brief overview. *Journal of pharmaceutical investigation*. 2016, 46: 377-386. <https://doi.org/10.1007/s40005-016-0259-7>
32. Sultana M., Chan E. S., Pushpamalar J., Choo W. S. Advances in extrusion-dripping encapsulation of probiotics and omega-3 rich oils. *Trends in Food Science & Technology*. 2022, 123: 69-86. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.006>

33. Xu Y., Dong M., Xiao H., Young Quek S., Ogawa Y., Ma G., Zhang C. Advances in spray-dried probiotic microcapsules for targeted delivery: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023, 1-17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2235424>
34. Bosnea L. A., Moschakis T., Biliaderis C. G. Complex coacervation as a novel microencapsulation technique to improve viability of probiotics under different stresses. *Food and Bioprocess Technology*. 2014, 7: 2767-2781. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1317-7>
35. Rezvankhah A., Emam-Djomeh Z., Askari G. Encapsulation and delivery of bioactive compounds using spray and freeze-drying techniques: A review. *Drying Technology*. 2020, 38(1-2), 235-258. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1653906>
36. Rai A., Sharma V. K., Jain A., Sharma M., Pandey A., Singh H. B., et al. Microbe-fabricated nanoparticles as potent biomaterials for efficient food preservation. *International Journal of Food Microbiology*. 2022, 379: 109833. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109833>
37. Haffner F. B., Van de Wiele T., Pasc A. Original behavior of *L. rhamnosus* GG encapsulated in freeze-dried alginate–silica microparticles revealed under simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Materials Chemistry B*. 2017, 5(38): 7839-7847. <https://doi.org/10.1039/C7TB02190A>
38. Zhang L. D. H. Recent advances in probiotics encapsulation by electrospinning. *ES Food & Agroforestry*. 2020, 2: 3-12. <https://dx.doi.org/10.30919/esfaf1120>
39. Semyonov D., Ramon O., Kovacs A., Friedlander L., Shimoni E. Air-suspension fluidized-bed microencapsulation of probiotics. *Drying Technology*. 2021, 30(16): 1918-1930. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.708692>
40. Dural-Erem, A., Biswas, T., & Nierstrasz, V. Incorporation of probiotics on textile surface by sol–gel coating. *Journal of Industrial Textiles*. 2018, 48(5): 954-965. <https://doi.org/10.1177/1528083717750886>
41. Yin, Y., Li, Z., Gao, H., Zhou, D., Zhu, Z., Tao, L., & Wang, M. (2024). Microfluidics-derived microparticles with prebiotics and probiotics for enhanced in

- situ colonization and immunoregulation of colitis. *Nano Letters*, 24(4), 1081-1089.
<https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.3c03580>
42. Rodrigues F. J., Cedran M. F., Bicas J. L., Sato H. H. Encapsulated probiotic cells: Relevant techniques, natural sources as encapsulating materials and food applications—A narrative review. *Food research international* 2020, 137, 109682. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109682>
43. Reque P. M., Brandelli A. Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: Applications in functional food industry. *Trends in Food Science & Technology* 2021, 114: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.022>
44. Abd El-Salam M. H., El-Shibiny S. Preparation and properties of milk proteins-based encapsulated probiotics: a review. *Dairy science & technology*. 2015, 95: 393-412. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0223-8>
45. Atia A., Gomaa A., Fliss I., Beyssac E., Garrait G., Subirade M. A prebiotic matrix for encapsulation of probiotics: physicochemical and microbiological study. *Journal of Microencapsulation*. 2016, 33(1): 89-101. <https://doi.org/10.3109/02652048.2015.1134688>
46. Safeer Abbas M., Afzaal M., Saeed F., Asghar A., Jianfeng L., Ahmad A., et al. Probiotic viability as affected by encapsulation materials: Recent updates and perspectives. *International Journal of Food Properties*. 2023, 26(1): 1324-1350. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2213408>
47. Singh S., Gupta R., Chawla S., Gauba P., Singh M., Tiwari R. K., et al. Natural sources and encapsulating materials for probiotics delivery systems: Recent applications and challenges in functional food development. *Frontiers in Nutrition*. 2022, 9: 971784. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.971784>
48. Rajam R., Subramanian P. Encapsulation of probiotics: Past, present and future. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 2022, 11(1): 46. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00228-w>
49. Afzaal M., Saeed F., Hussain M., Ismail Z., Siddeeg A., Ammar A. F., Aljobair M. O. Influence of encapsulation on the survival of probiotics in food matrix

under simulated stress conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022, 29(9): 103394. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103394>

50. Douillard F. P., De Vos W. M. Functional genomics of lactic acid bacteria: from food to health. *Microbial cell factories*. 2014, 13(Suppl 1): S8. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-S1-S8>

51. Linares D. M., Gómez C., Renes E., Fresno J. M., Tornadijo M. E., Ross R. P., Stanton C. Lactic acid bacteria and *Bifidobacteria* with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods. *Frontiers in microbiology*. 2017, 8: 846. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00846>

52. Szutowska J. Functional properties of lactic acid bacteria in fermented fruit and vegetable juices: A systematic literature review. *European Food Research and Technology*. 2020, 246(3): 357-372. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03425-7>

53. Waters D. M., Mauch A., Coffey A., Arendt E. K., Zannini E. Lactic acid bacteria as a cell factory for the delivery of functional biomolecules and ingredients in cereal-based beverages: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015, 55(4): 503-520. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.660251>

54. Al-Hindi R. R., Abd El Ghani S. Production of functional fermented milk beverages supplemented with pomegranate peel extract and probiotic lactic acid bacteria. *Journal of Food Quality*. 2020(1): 4710273. <https://doi.org/10.1155/2020/4710273>

55. Smaoui S., Echegaray N., Kumar M., Chaari M., D'Amore T., Shariati M. A., et al. Beyond conventional meat preservation: saddling the control of bacteriocin and lactic acid bacteria for clean label and functional meat products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2024, 196(6): 3604-3635. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>

56. Kunyeit L., Rao R. P., Anu-Appaiah K. A. Yeasts originating from fermented foods, their potential as probiotics and therapeutic implication for human health and disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024, 64(19): 6660-6671. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2172546>

57. Sen S., Mansell T. J. Yeasts as probiotics: Mechanisms, outcomes, and future potential. *Fungal Genetics and Biology*. 2020, 137: 103333. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2020.103333>
58. Islam M. Z., Masum A. K. M., Harun-ur-Rashid M. D. Milk chocolate matrix as a carrier of novel *Lactobacillus acidophilus* LDMB-01: Physicochemical analysis, probiotic storage stability and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2022, 7: 100263. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100263>
59. Lasta E. L., da Silva Pereira Ronning E., Dekker R. F., da Cunha M. A. A. Encapsulation and dispersion of *Lactobacillus acidophilus* in a chocolate coating as a strategy for maintaining cell viability in cereal bars. *Scientific Reports*. 2021, 11(1): 20550. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00077-0>
60. Funck G. D., Marques J. D. L., Cruxen C. E. D. S., Sehn C. P., Haubert L., Dannenberg G. D. S., et al. Probiotic potential of *Lactobacillus curvatus* P99 and viability in fermented oat dairy beverage. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019, 43(12): e14286. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14286>
61. Shori A. B., Aljohani G. S., Al-zahrani A. J., Al-sulbi O. S., Baba A. S. Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *Lwt*. 2022, 153: 112482. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112482>
62. Leeuwendaal N. K., Hayes J. J., Stanton C., O'Toole P. W., Beresford T. P. Protection of candidate probiotic *Lactobacilli* by Cheddar cheese matrix during simulated gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*. 2022, 92: 105042. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105042>
63. Dokoohaki Z. N., Sekhavatizadeh S. S., Hosseinzadeh S. Dairy dessert containing microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 53103) with quince seed mucilage as a coating material. *LWT*. 2019, 115: 108429. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108429>
64. Falah F., Vasiee A., Yazdi F. T., Behbahani B. A. Preparation and functional properties of synbiotic yogurt fermented with *Lactobacillus brevis* pm11

derived from a fermented cereal-dairy product. *BioMed research international*. 2021(1): 1057531. <https://doi.org/10.1155/2021/1057531>

65. Pápai G., Torres-Maravilla E., Chain F., Varga-Visi É., Antal O., Naár Z., et al. The administration matrix modifies the beneficial properties of a probiotic mix of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2021, 13(2): 484-494. <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09702-2>

66. de Oliveira P. M., Leite Júnior B. R. D. C., Martins E. M. F., Martins M. L., Vieira É. N. R., de Barros F. A. R., et al. Mango and carrot mixed juice: a new matrix for the vehicle of probiotic lactobacilli. *Journal of food science and technology*. 2021, 58: 98-109. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04518-y>

67. Fatima S. M., Hekmat S. Microbial and sensory analysis of soy and cow milk-based yogurt as a probiotic matrix for *Lactobacillus rhamnosus* GR-1. *Fermentation*. 2020, 6(3): 74. <https://doi.org/10.3390/fermentation6030074>

68. Sirini N., Stegmayer M., Ruiz M. J., Cuffia F., Rossler E., Otero J., et al. Applicability of the probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* BFL as an adjunct culture in a dry fermented sausage. *Meat Science*. 2023, 200: 109166. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109166>

69. D'Alessandro M., Pisanu F., Baldo D., Parolin C., Filippini G., Vitali B., et al. Unravelling the functional and technological potential of soy milk based microencapsulated *Lactobacillus crispatus* and *Lactobacillus gasseri*. *Journal of Functional Foods*. 2021, 87: 104745. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104745>

70. Dunkley K. E., Hekmat S. Development of probiotic vegetable juice using *Lactobacillus rhamnosus* GR-1. *Nutrition & Food Science*. 2020, 50(5): 955-968. <https://doi.org/10.1108/NFS-06-2019-0192>

71. Shoaie F., Heshmati A., Mahjub R., Garmakhany A. D., Taheri M. The assessment of microencapsulated *Lactobacillus plantarum* survivability in rose petal jam and the changes in physicochemical, textural and sensorial characteristics of the product during storage. *Scientific reports*. 2022, 12(1): 6200. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10224-w>

72. Terpou A., Mantzourani I., Galanis A., Kanellaki M., Bezirtzoglou E., Bekatorou A., et al. Employment of *L. paracasei* K5 as a novel potentially probiotic freeze-dried starter for feta-type cheese production. *Microorganisms*. 2018, 7(1): 3. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7010003>
73. Kyereh E., Sathivel S. Viability of *Lactobacillus plantarum* NCIMB 8826 immobilized in a cereal-legume complementary food “weanimix” with simulated gastrointestinal conditions. *Food Bioscience*. 2021, 40: 100848. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100848>
74. Vasconcelos L. I. M., da Silva-Buzanello R. A., Kalschne D. L., Scremin F. R., Bittencourt P. R. S., Dias J. T. G., et al. Functional fermented sausages incorporated with microencapsulated *Lactobacillus plantarum* BG 112 in Acrycoat S100. *LWT*. 2021, 148: 111596. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111596>
75. Gürkan Özlü B., Terzi Y., Uyar E., Shatila F., Yalçın H. T. Characterization and determination of the potential probiotic yeasts isolated from dairy products. *Biologia*. 2022, 77(5): 1471-1480. <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01032-8>
76. Nguyen T. L., Toh M., Lu Y., Ku S., Liu S. Q. Biovalorization of market surplus bread for development of probiotic-fermented potential functional beverages. *Foods*. 2022, 11(3): 250. <https://doi.org/10.3390/foods11030250>
77. Vohra A., Syal P., Madan A. Probiotic yeasts in livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*. 2016, 219: 31-47. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.019>
78. Elshaghabee F. M., Rokana N., Gulhane R. D., Sharma C., Panwar H. *Bacillus* as potential probiotics: status, concerns, and future perspectives. *Frontiers in microbiology*. 2017, 8: 1490. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01490>
79. Chan M. Z. A., Toh M., Liu S. Q. Growth, survival, and metabolic activities of probiotics *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM-I745 in fermented coffee brews. *International Journal of Food Microbiology*. 2021, 350: 109229. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109229>

80. Di Cagno R., Filannino P., Cantatore V., Polo A., Celano G., Martinovic A., et al. Design of potential probiotic yeast starters tailored for making a cornelian cherry (*Cornus mas* L.) functional beverage. *International Journal of Food Microbiology*. 2020, 323: 108591. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108591>
81. de Paula B. P., de Souza Lago H., Firmino L., Júnior W. J. F. L., Corrêa M. F. D., Guerra A. F., et al. Technological features of *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* for potential probiotic wheat beer development. *LWT*. 2021, 135: 110233. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110233>
82. Ogunremi O. R., Agrawal R., Sanni A. I. Development of cereal-based functional food using cereal-mix substrate fermented with probiotic strain–*Pichia kudriavzevii* OG 32. *Food science & nutrition*. 2015, 3(6): 486-494. <https://doi.org/10.1002/fsn3.239>
83. Amorim J. C., Piccoli R. H., Duarte W. F. Probiotic potential of yeasts isolated from pineapple and their use in the elaboration of potentially functional fermented beverages. *Food Research International*. 2018, 107: 518-527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.054>
84. Singu B. D., Bhushette P. R., Annapure U. S. Thermo-tolerant *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* coated cornflakes as a potential probiotic vehicle. *Food Bioscience*. 2020, 36: 100668. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100668>
85. Calazans A. P. C. T., Milani T. M. S., Prata A. S., Clerici M. T. P. S., Nicoli J. R., Martins F. S., Borges M. C. A Functional Bread Fermented with *Saccharomyces cerevisiae* UFMG A-905 Prevents Allergic Asthma in Mice. *Current Developments in Nutrition*. 2024, 8(4): 102142. <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2024.102142>
86. Sarwar A., Aziz T., Al-Dalali S., Zhang J., ud Din J., Chen C., et al. Characterization of synbiotic ice cream made with probiotic yeast *Saccharomyces bouardii* CNCM I-745 in combination with inulin. *LWT*. 2021, 141: 110910. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110910>

87. Wang R., Sun J., Lassabliere B., Yu B., Liu S. Q. Green tea fermentation with *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 and *Lactiplantibacillus plantarum* 299V. *Lwt.* 2022, 157: 113081. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113081>
88. Galli V., Venturi M., Mari E., Guerrini S., Granchi L. Selection of yeast and lactic acid bacteria strains, isolated from spontaneous raw milk fermentation, for the production of a potential probiotic fermented milk. *Fermentation.* 2022, 8(8): 407. <https://doi.org/10.3390/fermentation8080407>
89. González-Orozco B. D., McGovern C. J., Barringer S. A., Simons C., Jiménez-Flores R., Alvarez V. B. Development of probiotic yogurt products incorporated with *Lactobacillus kefiranofaciens* OSU-BSGOA1 in mono-and co-culture with *Kluyveromyces marxianus*. *Journal of Dairy Science.* 2024. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24756>
90. Reddy O. V. S. Optimization of co-fermentation of carrot and tomato juices by probiotic bacteria and yeast using a central composite design. *International Journal on Nutraceuticals, Functional Foods and Novel Foods.* 2016, 15:191-205. <https://doi.org/10.17470/NF-016-1036-3>
91. Fratianni F., Cardinale F., Russo I., Iuliano C., Tremonte P., Coppola R., Nazzaro F. Ability of synbiotic encapsulated *Saccharomyces cerevisiae boulardii* to grow in berry juice and to survive under simulated gastrointestinal conditions. *Journal of microencapsulation.* 2014, 31(3): 299-305. <https://doi.org/10.3109/02652048.2013.871361>
92. Arif M., Akteruzzaman M., Islam S. S., Das B. C., Siddique M. P., Kabir S. L. Dietary supplementation of *Bacillus*-based probiotics on the growth performance, gut morphology, intestinal microbiota and immune response in low biosecurity broiler chickens. *Veterinary and Animal Science.* 2021, 14: 100216. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100216>
93. Łubkowska B., Jeżewska-Fraćkowiak J., Sroczyński M., Dzitkowska-Zabielska M., Bojarczuk A., Skowron P. M., Ciężczyk P. Analysis of industrial *Bacillus* species as potential probiotics for dietary supplements. *Microorganisms* 2023, 11(2), 488. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020488>

94. Payne J., Bellmer D., Jadeja R., Muriana P. The Potential of *Bacillus* Species as Probiotics in the Food Industry: A Review. *Foods*. 2024, 13(15): 2444. <https://doi.org/10.3390/foods13152444>
95. Schultz M., Burton J. P., Chanyi R. M. Use of *Bacillus* in human intestinal probiotic applications. In *The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology*. 2017. P. 119-123. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00011-2>
96. Enujiugha V. N., Badejo A. A. Probiotic potentials of cereal-based beverages. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017, 57(4): 790-804. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.930018>
97. Zhou X., Jin E., Li S., Wang C., Qiao E., Wu G. Effects of dietary supplementation of probiotics (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, and *Bacillus natto*) on broiler muscle development and meat quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2015, 39(2): 203-210. <https://doi.org/10.3906/vet-1406-67>
98. Almada-Érix C. N., Almada C. N., Pedrosa G. T. S., Lollo P. C., Magnani M., Sant'Ana A. S. Development of a semi-dynamic in vitro model and its testing using probiotic *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086 in orange juice and yogurt. *Journal of Microbiological Methods*. 2021, 183: 106187. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2021.106187>
99. Maity C., Bagkar P., Dixit Y., Tiwari A., Gupta A. K. Process and storage stability of *Bacillus coagulans* LBSC in food matrices and appraisal of calorific restriction: *B. coagulans* LBSC stability and calorie restriction. *Applied Food Biotechnology*. 2021, 8(1): 57-69. <https://doi.org/10.22037/afb.v8i1.31212>
100. Vasilean I., Banuc M., Patrascu L., Constantin O. E. Studies on the use of carob powder and *Bacillus subtilis* for improving functionality of the cereal bars. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*. 2022, 46(2): 125-140. <https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2022.2.09>
101. Tan Y. X., Mok W. K., Chen W. N. Potential novel nutritional beverage using submerged fermentation with *Bacillus subtilis* WX-17 on brewers' spent grains. *Heliyon*. 2020, 6(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04155>

102. Soares M. B., Almada C. N., Almada C. N., Martinez R. C., Pereira E. P., Balthazar C. F., et al. Behavior of different *Bacillus* strains with claimed probiotic properties throughout processed cheese (“requeijão cremoso”) manufacturing and storage. *International journal of food microbiology*. 2019, 307: 108288. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108288>
103. Braber N. V., Vergara L. D., Rossi Y. E., Aminahuel C. A., Mauri A. N., Cavaglieri L. R., Montenegro M. A. Effect of microencapsulation in whey protein and water-soluble chitosan derivative on the viability of the probiotic *Kluyveromyces marxianus* VM004 during storage and in simulated gastrointestinal conditions. *LWT*. 2020, 118: 108844. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108844>
104. do Carmo Alves A. P., do Carmo Alves A., Ferreira Rodrigues R. A., da Silva Cerozi B., Possebon Cyrino J. E. Microencapsulation of *Bacillus subtilis* and oat β -glucan and their application as a synbiotic in fish feed. *Journal of microencapsulation*. 2023, 40(7): 491-501. <https://doi.org/10.1080/02652048.2023.2220394>
105. Bis-Souza C. V., Penna A. L. B., da Silva Barretto A. C. Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*. 2020, 168: 108186. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108186>
106. Singu B. D., Bhushette P. R., Annapure U. S. Thermo-tolerant *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* coated cornflakes as a potential probiotic vehicle. *Food Bioscience*. 2020, 36: 100668. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100668>
107. Cao, J., Yu, Z., Liu, W., Zhao, J., Zhang, H., Zhai, Q., & Chen, W. (2020). Probiotic characteristics of *Bacillus coagulans* and associated implications for human health and diseases. *Journal of Functional Foods*, 64, 103643. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103643>
108. Sanadi, N. F. A., Van Fan, Y., Leow, C. W., Wong, J. H., Koay, Y. S., & Lee, C. T. (2017). Growth of *Bacillus coagulans* using molasses as a nutrient source. *CHEMICAL ENGINEERING*, 56. <https://doi.org/10.3303/CET1756086>

109. Altun, G. K., & Erginkaya, Z. (2021). Identification and characterization of *Bacillus coagulans* strains for probiotic activity and safety. *LWT*, *151*, 112233. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112233>

110. Majeed, M., Nagabhushanam, K., Natarajan, S., Sivakumar, A., Eshuis-de Ruiter, T., Booij-Veurink, J., ... & Ali, F. (2016). Evaluation of genetic and phenotypic consistency of *Bacillus coagulans* MTCC 5856: a commercial probiotic strain. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *32*, 1-12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-016-2027-2>

111. Mazhar, S., Simon, A., Khokhlova, E., Colom, J., Leeuwendaal, N., Deaton, J., & Rea, K. (2024). In vitro safety and functional characterization of the novel *Bacillus coagulans* strain CGI314. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1302480. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1302480>

112. Spaggiari, L., Ardizzoni, A., Pedretti, N., Iseppi, R., Sabia, C., Russo, R., ... & Pericolini, E. (2024). *Bacillus coagulans* LMG S-24828 Impairs Candida Virulence and Protects Vaginal Epithelial Cells against Candida Infection In Vitro. *Microorganisms*, *12*(8), 1634. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12081634>

113. Koh, Y. C., Chang, Y. C., Lin, W. S., Leung, S. Y., Chen, W. J., Wu, S. H.,.....& Pan, M. H. (2024). Efficacy and Mechanism of the Action of Live and Heat-Killed *Bacillus coagulans* BC198 as Potential Probiotic in Ameliorating Dextran Sulfate Sodium-Induced Colitis in Mice. *ACS omega*, *9*(9), 10253-10266. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07529>

114. Закваска йогурт, Genesis Laboratories OOD, 5 пакетиков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://biotus.ua/zakvaska-jogurt-genesis-laboratories-ood-5-paketikov.html?srsltid=AfmBOooyuUjUqhChPWBZf5669-bRhT-j_IlbmOjMiwn4s7TMu0FprTR9

115. Закваска для кефира Danisco Kefir DC LYO 100 литров. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://prom.ua/p1865683789-zakvaska-dlya-kefira.html?srsltid=AfmBOorZBRCPth0_YICl5Ys19sqQvLBrgjyB-0ujNaUd27t9bshB3C-btCM

116. Йогурт, кефір і закваска. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://life.liga.net/poyasnennya/article/yogurt-kefir-i-zakvaska-o-molochnyh-produktah-rasskazyvayut-mikrobiolog-i-dietolog>
117. Чим відрізняється йогурт від кефіру: порівняння. Що корисніше, краще, смачніше: йогурт або кефір? Чим відрізняються закваски для йогурту і кефіру? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://goodhouse.com.ua/poradi/17084-chim-vidriznyayetsya-jogurt-vid-kefiru-porivnyannya-shho-korisnishe-krashhe-smachnishe-jogurt-abo-kefir-chim-vidriznyayutsya-zakvaski-dlya-jogurtu-i-kefiru.html>
118. Мардар, М. Р., & Устенко, І. А. (2021). Розробка маркетингових методів підвищення конкурентоспроможності йогуртів локальних виробників. *Агросвіт*, (17), 10-20.
119. Населення Києва (Україна) 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://awdb.ru/ukraine/kyiv/>
120. Is Making Homemade Yogurt *Really* Worth It? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://chatelaine.com/food/how-to/homemade-yogurt-faq/>
121. Закваска ЙОГУРТ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://prodamix.com.ua/ua/p1684663883-zakvaska-jogurt-400.html>
122. Карлаш Ю.В., Красінько В.О. Основи проектування біотехнологічних виробництв: Навч. посібник. –К.:НУХТ, 2022. –373 с.
123. Aulitto, M., Fusco, S., Nickel, D. B., Bartolucci, S., Contursi, P., & Franzén, C. J. (2019). Seed culture pre-adaptation of *Bacillus coagulans* MA-13 improves lactic acid production in simultaneous saccharification and fermentation. *Biotechnology for biofuels*, 12, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1382-2>
124. Xu, L., Zhan, Z. C., Du, S., Wang, S., Zhang, Q., Wang, C., ... & Chen, X. (2023). Isolation, functional evaluation, and fermentation process optimization of probiotic *Bacillus coagulans*. *Plos one*, 18(11), e0286944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286944>

125. Yang, X., Shi, Z., Wang, T., Meng, X., Song, L., Zhang, Z., ... & Wei, T. (2023). Fermentative L-lactic acid production using *Bacillus coagulans* from corn stalk deconstructed by an anaerobic microbial community. *Fermentation*, 9(7), 611. <https://doi.org/10.3390/fermentation9070611>
126. Biermann, R., Rösner, L., Beyer, L. M., Niemeyer, L., & Beutel, S. (2023). Bioprocess development for endospore production by *Bacillus coagulans* using an optimized chemically defined medium. *Engineering in Life Sciences*, 23(10), e2300210. <https://doi.org/10.1002/elsc.202300210>
127. Adibpour, N., Hosseini-zhad, M., Pahlevanlo, A., & Hussain, M. A. (2019). A review on *Bacillus coagulans* as a Spore-Forming Probiotic. *Applied Food Biotechnology*, 6(2), 91-100. <https://doi.org/10.22037/afb.v6i2.23958>
128. The use of LactoSpore® as a food ingredient. [Электронный ресурс].
Режим доступа: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/genetically-modified-foods-other-novel-foods/approved-products/lactospore/document.html>
129. Suwanangul, S., Jaichakan, P., Narkprasom, N., Kraithong, S., Narkprasom, K., & Sangsawad, P. (2023). Innovative Insights for Establishing a Synbiotic Relationship with *Bacillus coagulans*: Viability, Bioactivity, and In Vitro-Simulated Gastrointestinal Digestion. *Foods*, 12(19), 3692. <https://doi.org/10.3390/foods12193692>
130. Та, L. P., Bujna, E., Kun, S., Charalampopoulos, D., & Khutoryanskiy, V. V. (2021). Electrospayed mucoadhesive alginate-chitosan microcapsules for gastrointestinal delivery of probiotics. *International Journal of Pharmaceutics*, 597, 120342. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120342>
131. Sharma, G., Sharma, M., Sood, R., Neelamraju, J., Lakshmi, S. G., Madempudi, R. S., & Kaur, I. P. (2021). Self-preserving gelatin emulgel containing whole cell probiotic for topical use: Preclinical safety, efficacy, and germination studies. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 18(11), 1777-1789. <https://doi.org/10.1080/17425247.2021.1947239>

132. Razavi, S. M., & Karazhiyan, H. (2012). Rheological and textural characteristics of date paste. *International Journal of Food Properties*, 15(2), 281-291. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.483615>

133. Konuray, G., & Erginkaya, Z. (2018). Potential use of *Bacillus coagulans* in the food industry. *Foods*, 7(6), 92. <https://doi.org/10.3390/foods7060092>

134. Suwanangul, S., Jaichakan, P., Narkprasom, N., Kraithong, S., Narkprasom, K., & Sangsawad, P. (2023). Novel Encapsulating Agent for Establishing a Synbiotic Relationship with *Bacillus coagulans*: Microencapsulation, Bioactivity, and Gastrointestinal Simulation. <https://doi.org/10.20944/preprints202309.1479.v1>

135. Повітряний касетний фільтр Vents ФБ 125. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://growpro.ua/ua/catalog/detail/vozdushnyy_kassetnyy_filtr_vents_fb_125/

136. Фільтр ESPERANZA Filter ЕНР002SP. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://bt.rozetka.com.ua/ua/esperanza_filter_ehp002sp/p203869999/

137. НЕРА фільтр. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ventfilter.kiev.ua/ru/goods/hepa-filtr-dlya-farmatsevticheskoy-promyshlennosti-i-medsiny-4734845/>

138. Теплообмінник двухрядний Roen Est 50-25\2R. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://prom.ua/p672798060-teploobmennik-dvuhryadnyj-roen.html?token=v2%3AuFcp_bOTpjtBl4MT0Qt2uX_ZT-0rumEmeS198OrgirCziQmgZpaX3CxlW6Aq-rY_UPcKRwxpynCaeHm2iFZXLno7oJbOBm3dXrxrL7dLoFRlg02u_hftUZygrrPO-Fca&campaign_id=107082&product_id=672798060&source=prom%3Asearch%3Atag%3Aserp&locale=ru&category_ids=14240201&primelead=NS4xNg&from_spa=true

139. Установка зворотнього осмосу ECOSOFT MO2500LPD MINI. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://aqua-line.net.ua/catalog/filtru-dlya-promuslovosti/ustanovki-zvorotnogo-osmosu/ustanovka-zvorotnogo-osmosu-ecosoft-mo2500lpd-mini/>

140. Перистальтичний насос SEKO KRONOS KSFM0025M1000, 25 л/год, 0,1 бар. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dosingtech.com.ua/uk/product/peristaltichnij-nasos-seko-kronos-ksfm0025m1000-25-1-god-0-1-bar-santoprene/>
141. 5L Double-Layer Stainless Steel Reactor. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.nanbeinstrument.com/glass-reactor/stainless-steel-reactor/5l-double-layer-stainless-steel-reactor.html>
142. Рідинний дозатор для дозування рідких компонентів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://abvstroy.com.ua/ua/p404078789-kontroller-zhidkostnyj-dozator.html>
143. Новий хімічний реактор Stainless Steel Reactor. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://machineryline.ua/ru/-/prodazha/himicheskie-reaktory/Stainless-Steel-Reactor--22081713365464931200>
144. 2 or 3 Phase Solid Liquid Liquid Separator Disc Stack Centrifuge. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dlreyes.en.made-in-china.com/product/XCDnpgcxhuhy/China-2-or-3-Phase-Solid-Liquid-Liquid-Separator-Disc-Stack-Centrifuge.html>
145. High Separation Factor Pharmaceutical Industry Bacterial Separation Equipment Tubular Centrifuge Price. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dlreyes.en.made-in-china.com/product/VETRiALvIJUF/China-High-Separation-Factor-Pharmaceutical-Industry-Bacterial-Separation-Equipment-Tubular-Centrifuge-Price.html>
146. 5L/h Lab Mini Spray Drying Melamine Spray Dryer with Centrifugal Nozzle. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/5L-h-Lab-Mini-Spray-Drying_1600179494596.ht
147. Вакуумні пакети металізовані. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://kozakplus.ua/products/vacuum-packing/metallized-vacuum-bags?srsId=AfmBOoqclHgtYwu5JjmNO6MvrNg3kXur_ZuWuC2_AAEC-SPTSOjExi9Y

148. Бактеріальна закваска «Наріне VIVO» в пакетиках. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/224034385/p224034385/>
149. Наріне. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://naturelife.com.ua/products/narine>
150. Йогурт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.zakvaski.com/production/yoghurt-vivo.html>
151. Симбіотик НАРІНЕ в капсулах, 30 шт x 500мг. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakvaska-jogurt.com.ua/ua/p1343347430-simbiotik-narine-kapsulah.html>
152. Закваска для ряженки. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://epicentrk.ua/shop/mplc-zakvaska-dla-razanki-10-st-1-l-4112-1ef8fb39-184a-61c8-b1f6-a11a67935d42.html?srsId=AfmBOop92PGg6Ha7ZZIXTHGnITNyU5O2rZpPhqUnW_bYqDtSuMa7rjFZKN4
153. Chandan, R. C. (2017). An overview of yogurt production and composition. Yogurt in health and disease prevention, 31-47. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00002-X>
154. Blender for mixing vanilla powder matcha coconut food lab mixer chemical powder Laboratory Mixers. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/Blender-For-Mixing-Vanilla-powder-Matcha_1601020978490.html?spm=a2700.7724857.0.0.7b57655eNyZNe6
155. 2024 U TECH Automatic rotary glass plastic ampoule filling and sealing machine Price. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/2024-U-TECH-Automatic-rotary-glass_1601202801216.html?spm=a2700.7724857.0.0.14ed3debZDIgWg
156. GMP Standard Automatic Cartoning Machine Stainless Steel PLC Control High Capacity. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://pharma-machinery.en.made-in-china.com/product/xAYUezWuTghG/China-GMP-Standard-Automatic-Cartoning-Machine-Stainless-Steel-PLC-Control-High-Capacity.html?pv_id=1ldq5muef743&faw_id=1ldq5nsjqde5

157. Langen LRC-400. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mpac-group.com/products/cartoning-machines-mpac-automation-ecosystems/langen-lrc-400/>
158. Abdollahzadeh, E., Nematollahi, A., & Hosseini, H. (2021). Composition of antimicrobial edible films and methods for assessing their antimicrobial activity: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 291-303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.084>
159. Ratajczak, M., Kubicka, M. M., Kamińska, D., Sawicka, P., & Długaszewska, J. (2015). Microbiological quality of non-sterile pharmaceutical products. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 23(3), 303-307. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2014.11.015>
160. Shtrimaitis, O., Zdoryk, O., Strilets, O., & Georgiyants, V. (2014). Microbiological purity determination of concentrated solutions of inorganic salts pharmaceutical preparation. *Annals of Mechnikov's Institute*, (2), 40-43.
161. Як працює вага-вологомір. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/vesy/krvv/>
162. Аналізатор вологості A&D MX-50. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ventalab.ua/analizator-volohosti-ad-mx-50/>
163. Rodrigues, B. M., Olivo, P. M., Osmari, M. P., Vasconcellos, R. S., Ribeiro, L. B., Bankuti, F. I., & Pozza, M. S. (2020). Microencapsulation of probiotic strains by lyophilization is efficient in maintaining the viability of microorganisms and modulation of fecal microbiota in cats. *International Journal of Microbiology*, 2020(1), 1293481. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/1293481>
164. Технологія пробіотиків та вакцин [Електронний ресурс]: Лабор. практик. для студ. освітнього рівня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології і біоінженерія» денної форми навч. / Уклад.: Ю.М. Пенчук, Т.Л. Сулейко Т.М. Нечипор – К: НУХТ, 2018. – 36 с.
165. Suzuki, H., Fujiwara, Y., Thongbhubate, K., Maeda, M., & Kanaori, K. (2023). Spore-Forming Lactic Acid-Producing Bacterium *Bacillus coagulans*

Synthesizes and Excretes Spermidine into the Extracellular Space. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(25), 9868-9876.

166. Zhao, R., Zhao, R., Tu, Y., Zhang, X., Deng, L., & Chen, X. (2018). A novel α -galactosidase from the thermophilic probiotic *Bacillus coagulans* with remarkable protease-resistance and high hydrolytic activity. *PLoS One*, 13(5), e0197067.

167. Liu, P., Xie, J., Liu, J., & Ouyang, J. (2019). A novel thermostable β -galactosidase from *Bacillus coagulans* with excellent hydrolysis ability for lactose in whey. *Journal of dairy science*, 102(11), 9740-9748.

168. Gu, S. B., Zhao, L. N., Wu, Y., Li, S. C., Sun, J. R., Huang, J. F., & Li, D. D. (2015). Potential probiotic attributes of a new strain of *Bacillus coagulans* CGMCC 9951 isolated from healthy piglet feces. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31, 851-863. <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1838-x>

169. Kim, Y. S., Lee, J., Heo, S., Lee, J. H., & Jeong, D. W. (2021). Technology and safety evaluation of *Bacillus coagulans* exhibiting antimicrobial activity for starter development. *LWT*, 137, 110464. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110464>

170. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5594282/>

171. ДСТУ ISO 22000:2018 Системи менеджменту безпечності харчових продуктів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://sfero.org.ua/wp-content/uploads/2020/04/ISO-22000-2018-2_sfero.pdf

172. ДСТУ 8552:2015 Молоко та молочні продукти. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71700

173. ISO 5538:2004 Бактерії молочнокислі. Загальні вимоги до штамів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84842

174. ДСТУ 4161-2003 Гігієнічні вимоги до харчової продукції.
[Електронний ресурс]. Режим доступу:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57909

175. ISO/TS 22002-1:2009 Вимоги до мікрокапсул для харчової промисловості. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91254

176. ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014 Харчові добавки та матеріали.
[Електронний ресурс]. Режим доступу:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91495

177. ДСТУ 7357:2013 Мікробіологічний контроль. [Електронний ресурс].
Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84675

178. FAO/WHO Guidelines. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/en/>

Accepted Manuscript

Dried date paste as carrier of the proposed probiotic *Bacillus coagulans* BC4 and viability assessment during storage and simulated gastric passage

Martín Sebastián Marcial-Coba, Aleksandra Sasa Pjaca, Camilla Juul Andersen, Susanne Knøchel, Dennis Sandris Nielsen



PII: S0023-6438(18)30784-9

DOI: [10.1016/j.lwt.2018.09.052](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.052)

Reference: YFSTL 7432

To appear in: *LWT - Food Science and Technology*

Received Date: 4 April 2018

Revised Date: 17 September 2018

Accepted Date: 19 September 2018

Abstract.

This work aimed to determine the suitability of dried date paste, an intermediate a_w (0.5-0.6) matrix, as a carrier of the spore-former *Bacillus coagulans* BC4 in terms of survival during storage and *in vitro* gastric simulation. Freeze-dried *B. coagulans* BC4, mostly in the spore form, was added to 5 different dried date paste preparations obtaining an initial concentration between 7.87 - 8.12 log CFU g⁻¹. Although the characteristic a_w of the tested matrix has previously been described as non-optimal for maintaining the viability of non-spore-forming dehydrated probiotics, no significant variation ($P > 0.05$) regarding viability and spores percentage was detected between the pastes after 45 days of storage under aerobic and anaerobic conditions. Furthermore, after *in vitro* gastric passage, *B. coagulans* showed no significant viability loss ($P > 0.05$) neither when embedded in date paste nor as free spores.

Our results showed that *B. coagulans* BC4 spores embedded in dried date paste are highly stable during storage at room temperature and *in vitro* gastric passage.

Materials and methods.

2.1. Bacterial strain, bar preparation and storage conditions.

Freeze-dried *B. coagulans* BC4 spores (Code M93BC415MLD) standardized with maltodextrin and containing 10^{12} CFU g^{-1} (Sacco, Cadorago, Italy) were incorporated in 5 different dried date pastes (Table 1) provided by Castus A/S (Køge, Denmark) and homogenized to obtain a final concentration of approx. 10^8 CFU g^{-1} . Duplicate samples (approx. 12.5 g) of the potentially probiotic preparation were stored at 25 °C in sealed aluminium laminated bags containing anaerobic atmosphere (N₂ 90%, CO₂ 10%) or aerobic environmental atmosphere (O₂ 21%, CO₂ 0.1%, N₂ 78%).

3.1. Viability assessment during preparation and storage.

The 5 different un-inoculated raw pastes used in this experiment contained an accompanying microbiota corresponding to 3.6 ± 0.05 log CFU g^{-1} which was more than 4 log CFU g^{-1} below the initial concentration of *B. coagulans* BC4 which ranged between 7.87 log CFU g^{-1} to 8.12 log CFU g^{-1} in the 5 different preparations (Table 2).

Viability of embedded *B coagulans* BC4 was highly stable during 45 days of storage at 25 °C, since no significant ($P > 0.05$) variations in log CFU g^{-1} over time were detected, except for “Date pasta” after 14 days of storage at aerobic conditions, which was significantly different ($P < 0.05$) from the initial concentration, but not from the concentrations found after 7 and 45 days under the same conditions.

Table 1. Composition of 5 different dried-date pastes formulated by Castus A/S.

Paste Denomination	Ingredients
Orange, mango and carrot	Dried dates 86%, freeze-dried orange powder 1.5 %, freeze-dried mango powder 1.5 %, carrot granules 3%, carrot concentrate 3%, palm fat 2%, potato fiber 1%, water 2%, orange and mango aroma
Nut mix	Dates 86%, hazelnuts 5%, peanuts 4%, sunflower oil and water
Conventional dates	Dried dates 99%, sunflower oil 1%
Date pasta	Dried dates 100%
Organic dates	Organic dried dates 99%, sunflower oil 1%

	Aerobic storage				
	Orange, mango and carrot	Nut mix	Conventional dates	Date pasta	Organic dates
7 days					
Total log CFU g ⁻¹	8.15 ± 0.04	7.79 ± 0.05	7.95 ± 0.11	7.98 ± 0.03	7.74 ± 0.12
Spores log CFU g ⁻¹	8.08 ± 0.13	7.91 ± 0.04	7.89 ± 0.02	7.92 ± 0.06	7.61 ± 0.01
Spores %	87.3 ± 17.67	86.0 ± 5.11	85.6 ± 2.76	86.7 ± 8.59	86.9 ± 1.44
a _w	0.52 ± 0.01	0.51 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.59 ± 0.004	0.52 ± 0.001
14 days					
Total log CFU g ⁻¹	8.30 ± 0.03	8.12 ± 0.09	8.14 ± 0.02	8.09 ± 0.02 ^a	7.91 ± 0.03
Spores log CFU g ⁻¹	8.24 ± 0.09	8.05 ± 0.13	8.04 ± 0.12	8.02 ± 0.16	7.86 ± 0.02
Spores %	86.4 ± 11.9	86.3 ± 18.18	85.5 ± 17.25	87.2 ± 22.7	87.7 ± 2.81
a _w	0.57 ± 0.02	0.56 ± 0.003	0.52 ± 0.01	0.59 ± 0.02	0.49 ± 0.002
45 days					
Total log CFU g ⁻¹	8.28 ± 0.04	8.07 ± 0.02	8.06 ± 0.06	7.90 ± 0.06	7.92 ± 0.03
Spores log CFU g ⁻¹	8.22 ± 0.05	7.99 ± 0.03	7.99 ± 0.08	7.85 ± 0.06	7.87 ± 0.04
Spores %	89.36 ± 1.12	84.92 ± 9.72	84.23 ± 4.23	88.95 ± 0.91	87.98 ± 1.91
a _w	0.54 ± 0.01	0.53 ± 0.003	0.51 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.5 ± 0.02

^a Significantly different ($p \leq 0.05$) from total log CFU g⁻¹ at Time 0 but not from the other sampling points.