

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

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

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

« 02 » грудня 2024 р.

« 02 » грудня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

освітньо-професійної програми «Промислова та фармацевтична
біотехнологія»

на тему: «Роль мікроорганізмів у технологіях ферментованих м'ясних
продуктів»

Виконав: здобувач II курсу, групи 1
МУРЕНКО Кирил Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник СТАРОВОЙТОВА Світлана Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Людмила РЕШЕТНЯК
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

МУРЕНКА Кирила Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи « Роль мікроорганізмів у технологіях ферментованих м'ясних продуктів »

Керівник роботи СТАРОВОЙТОВА Світлана Олександрівна, к.б.н., доц.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 07 жовтня 2024р. № 875-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2024

3. Вихідні дані до роботи: штам *Lactobacillus rhamnosus* R0011 в якості доповнення до готової стартової культури

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Реферат, Вступ, РОЗДІЛ 1.Огляд літератури РОЗДІЛ 2. Техніко-економічне обґрунтування вибору. РОЗДІЛ 3. Обґрунтування вибору післяферментаційних процесів отримання біотехнологічного продукту. РОЗДІЛ 4. Опис технологічної схеми післяферментаційного виділення і очищення біотехнологічного продукту. РОЗДІЛ 5. Технологічні особливості отримання готової кінцевої форми цільового продукту. РОЗДІЛ 6. Методи контролю кінцевої форми цільового продукту

5. Перелік графічного матеріалу Технологічна схема : одержання стартової культури аркуш формату А1; Апаратурна схема одержання стартової культури 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. Огляд літератури	01.10.24р.- 10.10.24р	
2	РОЗДІЛ 2. Техніко-економічне обґрунтування	11.10.24р.- 14.10.24р.	
3	РОЗДІЛ 3. Обґрунтування вибору післяферментаційних процесів отримання біотехнологічного продукту	15.10.24р.- 18.10.24р.	
4	РОЗДІЛ 4. Опис технологічної схеми післяферментаційного виділення і очищення біотехнологічного продукту	19.10.24р.- 20.10.24р.	
5	РОЗДІЛ 5. Технологічні особливості отримання готової кінцевої форми цільового продукту	21.10.24р.- 24.10.24р.	
6	РОЗДІЛ 6. Методи контролю кінцевої форми цільового продукту	25.10.24р.- 29.11.24р.	
7	Оформлення апаратурних та технологічних схем	15.11.24р.- 19.11.24р	
8	Оформлення вступу та реферату	20.11.24 р.- 22.11.24р.	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Кирил МУРЕНКО
(ім'я та прізвище)

Світлана СТАРОВОЙТОВА
(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СТАРТОВІ КУЛЬТУРИ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ КОВБАС	10
1.1. Види стартових культур	10
1.2. Безпека м'ясних продуктів.....	11
1.3. Роль екзополісахаридів.....	13
1.4. Роль бактеріоцинів.....	14
1.5. Властивості молочнокислих бактерій у ферментованому м'ясі.....	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	17
2.1. Характеристика біотехнологічного продукту	17
2.2. Розрахунок річної потужності виробництва	21
2.3 Розрахунок геометричного об'єму ферментера	22
2.4 Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу	23
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОДУКТУ.	27
3.1 Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях.	30
3.2. Специфікація обладнання	36
РОЗДІЛ 4. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ (ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНЕ ВИДІЛЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОДУКТУ).....	40
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ГОТОВОЇ КІНЦЕВОЇ ФОРМИ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	42
5.1. Обґрунтування кінцевої форми та упаковки вибору форми випуску кінцевого продукту та необхідних умов виробництва.....	42
РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ КІНЦЕВОЇ ФОРМИ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	45
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	50

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена виділенню та очищенню пробіотичної культури для подальшого використання її у м'ясній промисловості. Було розглянуто вплив мікроорганізмів на технологічні процеси виробництва ферментованих м'ясних продуктів. Досліджено роль стартових культур у забезпеченні стабільності технологічного процесу та формуванні бажаних характеристик кінцевого продукту. Розглянуто основні види молочнокислих бактерій, що використовуються у ферментації, та їх вплив на структуру, колір та смак ковбас. Оцінено економічну доцільність впровадження біотехнологічних продуктів у виробництво ковбас. Проведено розрахунок річної потужності виробництва, геометричного об'єму ферментера та кількості стадій підготовки посівного матеріалу. Проведено аналіз технологічних процесів після ферментації, обґрунтовано вибір відповідного обладнання з урахуванням матеріальних потоків на різних стадіях виробництва. Надано специфікацію обладнання, необхідного для оптимізації технологічних процесів. Описано основні етапи технологічного процесу після ферментації, включаючи виділення і очищення біотехнологічного продукту. Розглянуто особливості формування кінцевої форми продукту, обґрунтовано вибір пакування та умов виробництва, що відповідають стандартам чистоти. Проаналізовано вплив різних факторів на кінцеву якість продукту. Визначено основні методи контролю якості та безпеки кінцевої форми продукту.

Кваліфікаційна робота викладена на 58 сторінках друкованого тексту, містить 1 рисунок та 2 таблиці. Складена технологічна та апаратурна схема отримання кінцевого продукту

Ключові слова: стартові культури, лактобактерії, біотехнологічний продукт, поживні середовища, біосинтез, культуральна рідина.

ABSTRACT

The qualification work is devoted to the isolation and purification of probiotic culture for further use in the meat industry. The influence of microorganisms on technological processes of production of fermented meat products was considered. The role of starter cultures in ensuring the stability of the technological process and forming the desired characteristics of the final product was studied. The main types of lactic acid bacteria used in fermentation and their influence on the structure, color and taste of sausages are considered. The economic feasibility of the introduction of biotechnological products in the production of sausages was evaluated. The annual production capacity, the geometric volume of the fermenter and the number of stages of seed preparation were calculated. The analysis of technological processes after fermentation was carried out, the choice of appropriate equipment was substantiated, taking into account material flows at various stages of production. The specification of the equipment necessary for the optimization of technological processes is provided. The main stages of the technological process after fermentation are described, including the isolation and purification of the biotechnological product. The peculiarities of the formation of the final form of the product are considered, the choice of packaging and production conditions that meet purity standards are justified. The influence of various factors on the final quality of the product was analyzed. The main methods of quality and safety control of the final form of the product are defined.

The qualification work is laid out on 58 pages of printed text, contains 1 figure and 2 tables. A technological and hardware scheme for obtaining the final product has been developed.

Key words: probiotic starter, lactobacilli, biotechnological product, nutrient media, biosynthesis, culture liquid.

ВСТУП

Ферментовані м'ясні продукти є одними з найдавніших видів харчових продуктів, які люди споживають протягом тисячоліть. Вони відзначаються не лише високими смаковими якостями, але й здатністю зберігатися тривалий час завдяки процесам ферментації. Ключову роль у цих процесах відіграють мікроорганізми, зокрема молочнокислі бактерії та інші пробіотичні штами, які забезпечують створення бажаних органолептичних властивостей, текстури та безпеки продукту.

Наукові дослідження та практичний досвід показують, що правильний підбір та використання стартових культур мікроорганізмів у виробництві ковбас та інших ферментованих м'ясних виробів сприяє значному скороченню термінів дозрівання продукції, покращенню її якості, та зниженню ризику розвитку патогенних мікроорганізмів. Сучасні біотехнологічні методи дозволяють цілеспрямовано регулювати процеси ферментації, що дає змогу отримати м'ясні продукти з покращеними харчовими та функціональними властивостями [1].

У зв'язку з цим, актуальність дослідження ролі мікроорганізмів у технологіях ферментованих м'ясних продуктів не викликає сумнівів. Вивчення взаємодії різних видів мікроорганізмів, їх впливу на біохімічні процеси у м'ясній сировині, а також оптимізація умов ферментації є важливими аспектами для розвитку цієї галузі. Особлива увага приділяється застосуванню пробіотичних культур, які можуть не лише покращити органолептичні характеристики продукції, але й позитивно впливати на здоров'я споживачів

					НУХТ БТЕК 02.01.12 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Муренко К.М.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Старовойтова С.О.					8	58
Н. Контр.					Кафедра БТМ₈			
Затверд.		Стабніков В.П.						

завдяки своїм пробіотичним властивостям [2].

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження ролі мікроорганізмів у виробництві ферментованих м'ясних продуктів, виявлення найбільш ефективних штамів для використання у виробництві, а також розробка рекомендацій щодо їх застосування для отримання продукції високої якості. Дослідження буде спрямоване на аналіз сучасних біотехнологій, вивчення їх впливу на органолептичні та мікробіологічні показники продукції, а також розробку інноваційних підходів до покращення технологічних процесів ферментації.

Таким чином, робота сприятиме розвитку науково-технічної бази та практичних аспектів виробництва ферментованих м'ясних продуктів, забезпечуючи споживачів високоякісною та безпечною продукцією з пробіотичними властивостями.

Актуальність. Сучасний розвиток харчової промисловості вимагає впровадження інноваційних технологій, спрямованих на покращення якості та безпечності продукції. Використання пробіотичних культур у виробництві ковбасних виробів сприяє покращенню органолептичних характеристик продукції, підвищенню її безпечності та продовженню терміну зберігання.

Новизна розробки. Дослідження ролі пробіотичних культур для м'ясних продуктів є перспективним напрямком, що дозволяє розробити нові функціональні продукти з підвищеними пробіотичними властивостями, що сприяють поліпшенню здоров'я споживачів.

РОЗДІЛ 1. СТАРТОВІ КУЛЬТУРИ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ КОВБАС

1.1. Види стартових культур

Закваски або закваски — це окремі або змішані мікробні культури, які використовуються у відомих концентраціях для сприяння та проведення бродіння в м'ясних продуктах. Бактерії, зокрема молочнокислі бактерії (МКБ) і коагулазонегативні стафілококи (CNS), а також дріжджі та плісняви можуть використовуватися як закваски, що сприяє підвищенню безпеки ферментованих м'ясних продуктів. Крім того, закваски можуть допомогти стандартизувати властивості продукту та скоротити час дозрівання ферментованих м'ясних продуктів.

Зростання шкідливих мікроорганізмів, таких як харчові патогени, у ферментованих ковбасах можна пригнічувати, застосовуючи до них закваски, знижуючи їх рН [3].

В даний час особлива увага приділяється використанню заквасок у виробництві м'ясних продуктів. У м'ясних продуктах найбільш широко використовуваними заквасками є LAB (грампозитивні, каталазонегативні коки або бацили), грампозитивні, каталазопозитивні коки, головним чином CNS і дріжджі метаболізм яких виробляє кілька сполук з антимікробною дією. Ці закваски мікроорганізмів можна використовувати як окремі або змішані культури [4].

LAB, які зазвичай використовуються як закваски у ферментованих м'ясних продуктах, зазвичай є факультативними анаеробами і належать

					НУХТ БТЕК 02.01.12 КР ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 1. СТАРТОВІ КУЛЬТУРИ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ КОВБАС					
Розробив	Муренко К.М.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Старовойтова								10	58
Н. Контр.								Кафедра БТМ ¹⁰		
Затверд.	Стабніков В.П.									

переважно до родів *Lactobacillus* , *Leuconostoc* , *Pediococcus* , *Lactococcus* і *Enterococcus* [5].

Серед видів CNS, які найчастіше використовуються для ферментації м'ясних продуктів, є факультативні анаероби *Staphylococcus carnosus* і *S. xylosus* [6].

Найпоширенішими дріжджами, які використовуються як м'ясні закваски, є *Debaryomyces* spp. і *Candida* spp. які можуть демонструвати аеробний або факультативно анаеробний метаболізм [7].

1.2. Безпека м'ясних продуктів

Основними мікробіологічними небезпеками, які можуть виникнути в м'ясних продуктах, є збудники харчових продуктів *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* , *Escherichia coli*, а також токсини *Staphylococcus aureus* , *Clostridium perfringens* та *Clostridium botulinum* [8].

Однією з цілей використання заквасок є прискорення виробництва молочної кислоти в результаті бродіння цукрів. Антимікробні властивості молочної кислоти є результатом створення несприятливих умов, які зменшують швидкість росту небажаних мікроорганізмів [9].

Можуть вироблятися інші речовини, такі як оцтова та пропіонова кислоти, етанол, перекис водню, реутерин, антимікробні пептиди та бактеріоцини. Ці продукти повинні бути ефективними проти мікроорганізмів, що викликають псування, таких як *Pseudomonas* spp., *Clostridium tyrobutyricum* , *Brochothrix thermosphacta* , а також можуть контролювати ріст ентеробактерій, *E. coli* , *Y. enterocolitica* , *L. monocytogenes* , *C. perfringens* [10].

У свинячому фарші для приготування ферментованої селямі *Lb. plantarum* , інокульований у концентрації 9,0 log КУО/г, пригнічував ріст

штучно інокульованих (4,0 log КУО/г) *C. perfringens* і *Clostridium spp.* у 2,0 log КУО/г і 1,5 log КУО/г відповідно після 9 днів бродіння [11].

Крім виробництва молочної кислоти, деякі штами LAB здатні виробляти кілька інших антимікробних сполук, а саме перекис водню, етанол, вуглекислий газ і реутерин [12].

Перекис водню (H₂O₂) — це сполука, що утворюється LAB у присутності кисню за допомогою оксидаз, таких як піруватоксидази, лактатоксидази, NADH оксидази та флавопротеїнові редуктази в анаеробіозі. Його згубний вплив полягає в окислювальному ефекті сульфгідрильних груп ферментів, а перекисне окислення мембранних ліпідів є основною причиною руйнування мікробів. *L. monocytogenes* і *E. coli* O157:H7 можуть бути інактивовані перекисом водню, що виробляється двома автохтонними *L. Sakei*.

Молочнокислі бактерії також виробляють етанол, який, як і інші леткі речовини, сприяє типовому смаку деяких ферментованих продуктів.

Вуглекислий газ є побічним продуктом бродіння цукрів гетероферментативним LAB. Він відіграє важливу роль у збереженні харчових продуктів, замінюючи аеробну атмосферу анаеробною. Його протигрибкова активність зумовлена накопиченням у мембрані, що порушує її проникність, через інгібування ферментативного декарбоксилювання [10].

Серед різних антимікробних сполук, що виробляються LAB, останнім часом об'єктом уваги стали бактеріоцини. Їх можна вважати альтернативним типом протимікробних агентів [13]. Вони становлять групу пептидів, що мають бактерицидну або бактеріостатичну дію проти видів, тісно пов'язаних із псуванням їжі та харчові отруєння, такі як *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, *Staphylococcus spp.* і *Listeria spp.* Вони синтезуються рибосомами та вивільняються позаклітинно. Прикладами

бактеріоцинів є нізин, педіоцин, сакацин, курвацин, плантарицин і бактеріолізину, такі як ентеролізін А і лізостафін. Вони ефективні в боротьбі з кількома видами патогенів, включаючи *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Campylobacter* spp., *E. coli*, *C. perfringens* і *Bacillus cereus* [7]. Два штами *Lactobacillus curvatus*, виділені з італійської салямі, продукують два бактеріоцини, сакацин Р і сакацин Х, з активністю проти *L. monocytogenes*. Крім того, застосування напівочищених бактеріоцинів у клярі салямі призвело до зменшення кількості *L. monocytogenes* на 2 log КУО/г у кінцевому продукті, таким чином сприяючи підвищенню безпеки цих видів м'ясних продуктів [14].

Стафілококи також відіграють важливу роль у збереженні м'ясних продуктів шляхом синтезу оксиду азоту, яка широко поширена в стафілококах [15].

1.3. Роль екзополісахаридів

Екзополісахариди (EPS) - це широко вивчені групи мікробних метаболітів з численними корисними властивостями, які викликають особливий інтерес. EPS – це молекули цукру з довгим ланцюгом, що виробляються LAB (та іншими мікробними групами), які можуть відігравати важливу роль у технологічних процесах, включаючи покращення текстури ферментованих продуктів. Вони можуть мати переваги для здоров'я, такі як імуномодуляція та процеси зниження рівня холестерину [16]. Виробництво полісахаридів LAB може відігравати істотну технологічну роль у приготуванні м'ясних продуктів. Полісахариди мають вирішальне значення для підвищення якості, стабільності та харчової цінності ферментованих м'ясних продуктів. Ключову роль відіграє специфіка текстури, де полісахариди діють як загусники та гелеутворювачі, покращуючи текстуру та смак ферментованого м'яса. Крім того, полісахариди беруть участь у зв'язуванні води і жиру, покращуючи

загальну консистенцію і соковитість продукту. Також, полісахариди можуть служити стабілізаторами, запобігаючи розшарування інгредієнтів і забезпечуючи однорідний зовнішній вигляд кінцевого продукту. Це особливо важливо для збереження якості та зовнішнього вигляду ферментованого м'яса з часом [17]. Слід визнати роль полісахаридів як пребіотиків, оскільки їх можна вважати джерелом енергії для корисних бактерій, які беруть участь у процесі бродіння. Це може посилити ріст і активність цих бактерій, що призводить до більш ефективної та контрольованої ферментації [18].

Завдяки метаболічним властивостям мікроорганізмів полісахариди можуть бути включені до ферментованих харчових продуктів для покращення поживного профілю ферментованого м'яса. Полісахариди можуть додавати харчові волокна та інші біологічно активні сполуки, які сприяють користі для здоров'я кінцевого продукту [19].

Крім того, полісахариди можуть впливати на смакові та сенсорні властивості ферментованого м'яса. Вони можуть допомогти розвинути бажані смаки та аромати, роблячи продукт більш привабливим для споживачів [20].

1.4. Роль бактеріоцинів

Бактеріоцини — це антимікробні пептиди, що виробляються рибосомальним механізмом БК (та інших типів мікроорганізмів). Вони, як правило, описуються як такі, що мають інгібіторну активність проти інших близькоспоріднених видів бактерій [21].

Бактеріоцин можна розглядати як альтернативу хімічним консервантам у харчових продуктах, зменшуючи додавання хімічних консервантів та інтенсивність термічної обробки, в результаті чого харчові продукти більш природно зберігаються та багатші за органолептичними та поживними властивостями [22].

LAB та їхні бактеріоцини привернули значну наукову увагу завдяки своїй здатності зберігати м'ясні продукти, одночасно запобігаючи псуванню. Ці сполуки можна застосовувати як природні антимікробні агенти, замість хімічних консервантів та термічної обробки, які можуть зашкодити харчовим і сенсорним якостям м'яса. Ця перспектива може бути досліджена далі, оскільки сучасні тенденції в суспільстві, промисловості та наукових колах прагнуть замінити традиційні методи збереження, які використовують звичайні хімічні агенти. LAB є основним джерелом цих антимікробних пептидів, і багато досліджень уже задокументували їх багатообіцяючі та переконливі властивості [23]. Вузкий спектр активності цих позаклітинних молекул є цікавим елементом, оскільки його інгібування впливає лише на специфічні мікроорганізми як патогени, дозволяючи бактеріям, пов'язаним з процесом бродіння, працювати [24].

Важливо підкреслити, що вони також можуть бути стабільними в різних умовах, таких як рН, температура, наявність ліпідів, білків та інших хімічних речовин. Ці фізичні/хімічні характеристики можуть дозволити їм бути промислово застосовними. Їх можна порівняти з антибіотиками, але бактеріоцини більш толерантні до високих температурних рівнів і більш активні в ширшому діапазоні рН, ніж традиційні антибіотики [25].

1.5. Властивості молочнокислих бактерій у ферментованому м'ясі

У процесі дозрівання популяція LAB стає домінуючою у ферментованому м'ясі, досягаючи значень, що перевищують 6–8 log КУО/г завдяки їх оптимальній адаптації до середовища дозрівання цих м'ясних продуктів, що активно сприяє формуванню смаку, смаку, структуру та біотрансформацію білків, ліпідів та вуглеводів [26]. LAB мають вирішальне значення в цьому типі продукту, оскільки вони сприяють важливим і бажаним

характеристикам, бо вони не тільки здатні перетворювати цукор в органічні кислоти, але також мають низку ферментів, здатних розщеплювати білки, жири та вуглеводи на менші сполуки, відповідальні за створення бажаних смаків, ароматів і текстур [27].

Найбільш часто зареєстрованими місцевими видами мікробіоти LAB є *Ltb. sakei*, *Ltb. curvatus* і *Lpb. plantarum*. Найпоширенішими родами у ферментованих ковбасах є *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella* та *Enterococcus*. Під час дозрівання ці мікроорганізми відіграють важливу роль, оскільки вони виробляють молочну кислоту, сприяючи підкисленню середовища, і бактеріоцини, які роблять середовище непридатним для бактерій псування, таких як *Pseudomonas* spp. та ентеробактерії [28].

LAB, які зазвичай використовуються як закваски в м'ясних продуктах, здебільшого є гомоферментативними, що призводить до виключного виробництва молочної кислоти як побічного продукту бродіння. Підкислення безпосередньо впливає на сенсорну якість продукту, надаючи «гострий» смак, а зниження рН сприяє коагуляції м'ясних білків і реакцій забарвлення [29]. LAB виробляють органічні кислоти, такі як молочна кислота, які можуть діяти як антимікробні агенти в харчових продуктах [30]. У дослідженні [31] оцінили антимікробну дію LAB на поверхню свинячих ковбас холодного копчення, на додаток до встановлення зв'язку з виробництвом органічних кислот. Під час бродіння збільшується кількість органічної кислоти, що демонструє високу активність проти хвороботворних бактерій та бактерій, що псують харчові продукти. На додаток до молочної кислоти, LABs можуть виробляти оцтову кислоту та інші органічні кислоти шляхом ферментації цукру, що може впливати на гомеостаз внутрішньоклітинного рН патогена, що буде перешкоджати основним метаболічним реакціям [32].

РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

2.1. Характеристика біотехнологічного продукту

Біотехнологічний продукт у контексті виробництва ковбасних виробів — це пробіотичні культури, спеціально розроблені для інтеграції у харчову продукцію.

Пробіотики — це живі мікроорганізми, які, при достатньому вживанні, позитивно впливають на здоров'я людини, зокрема на стан мікрофлори кишківника. У випадку ковбасних виробів, пробіотичні культури можуть виконувати декілька функцій:

- Поліпшення органолептичних властивостей: Пробіотики можуть сприяти утворенню смакових і ароматичних сполук під час ферментації, що покращує загальне сприйняття продукту.
- Підвищення безпечності продукції: Пробіотичні культури мають антимікробні властивості, що можуть інгібувати розвиток патогенних мікроорганізмів у готових продуктах, знижуючи ризик харчових інфекцій.
- Подовження терміну зберігання: Завдяки їхній здатності знижувати рН продукту та виділяти антимікробні речовини, пробіотики можуть продовжити термін придатності ковбасних виробів.
- Функціональність продукту: Присутність пробіотиків робить ковбасні вироби функціональними продуктами, що сприяють підтримці та покращенню здоров'я споживачів.

					НУХТ БТЕК 02.01.12 КР ПЗ		
Змн.	Лист	Мурманськ	Підпис	Дата			
Розробив	Старовойтова				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів						18	58 17
Н. Контр.					Кафедра БТМ		
Затверд.	Стабніков В.П.						

Це особливо актуально для людей, які прагнуть покращити стан свого кишківника або імунної системи.

Культурами, які найчастіше використовуються у біотехнологічному виробництві ковбас, є представники родів *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, а також деякі штами *Streptococcus* та *Enterococcus*. Кожен з них має свої специфічні властивості, які підбираються залежно від бажаного ефекту на кінцевий продукт.

На сьогоднішній день на ринку України представлено багато стартових культур для м'ясної промисловості: BIOVITEC (Франція), Chr. HANSEN (Данія), RedSTART (Швейцарія). Одна з популярних заквасок для сирокочених ковбас, RedSTART (виробник «HAYA Sweiz GmbH», Швейцарія), включає в себе штами *Staphylococcus xylosum* та *Staphylococcus carnosus* у співвідношенні 1:1. Ці мікроорганізми мають ряд корисних властивостей, таких як швидке зростання, вироблення корисних біологічно активних речовин та пригнічення сапрофітної та патогенної мікрофлори [51]. Вони відповідають за відновлення нітратів і нітритів до оксиду азоту, який в свою чергу вступає в реакцію з міоглобіном, тим самим надає м'ясу рожевого забарвлення [52]. Хоча ця закваска добре виконує свою функцію, але я пропоную доповнити її склад культурою *L. rhamnosus* R0011. Оскільки даний мікроорганізм володіє антагоністичною активністю проти *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* та *Salmonella dublin*, за рахунок високого накопичення молочної кислоти. Також вона активно бере участь у формуванні смаку та аромату м'ясних виробів. Отже, доповнення стартової культури «RedSTART» культурою *L. rhamnosus* R0011 створить унікальний смак та аромат готового продукту та значно підвищить термін придатності [53].

Молочнокислі бактерії - група мікроаерофільних грампозитивних мікроорганізмів, що зброджують вуглеводи з утворенням молочної кислоти як

одного з основних продуктів [33]. Молочнокисле бродіння стало відоме людям на зорі розвитку цивілізації. З того часу ним користуються в домашніх умовах та в харчовій промисловості для переробки та збереження їжі та напоїв. Традиційно до молочнокислих бактерій відносять нерухомих, неспоротворних кокоподібних або паличкоподібних представників *Lactobacillales* (рисунок 1).

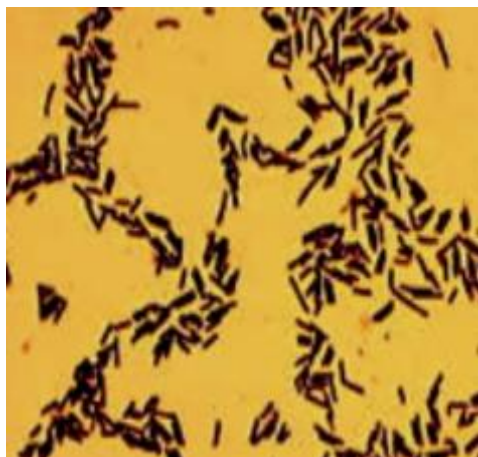


Рисунок 2.1 – Лактобактерії

До цієї групи входять бактерії, що використовуються у ферментації молочних продуктів. Молочнокислі бактерії відіграють важливу роль у приготуванні тіста, какао та силосу.

Підбір стартових культур слід виконувати з урахуванням вимог сучасної технології ферментованих м'ясопродуктів, в якій можна виділити два напрямки:

- 1) заміна традиційної технології інтенсивною;
- 2) запровадження технологій нових ферментованих продуктів, невідомих раніше.

Завдання щодо підбору культур при виробництві різних видів ферментованих продуктів може бути вирішене шляхом:

- виділення з м'ясної сировини мимоволі розвиваючих корисних мікроорганізмів, їх ідентифікації та селекції з метою використання як стартових культур;

- використання заквасок та чистих культур мікроорганізмів, що застосовуються для виробництва харчових продуктів;

- застосування пробіотичних та захисних культур.

У всьому світі домінуючим критерієм відбору мікроорганізмів як стартові культури служить ступінь впливу їх на смакоароматичні характеристики готового продукту, особливо в умовах інтенсивного виробництва. Ця категорія якості визначає насамперед споживчий попит. Слід зазначити, що типові мезофільні та психрофільні молочнокислі мікроорганізми м'яса зазвичай не забезпечують необхідних характеристик. Тому найчастіше при складанні композицій культур у них вводять ароматутворюючі мікроорганізми, а також мікрококи [8].

Пробіотичні бактерії, що належать до різних штамів лактобактерій та біфідобактерій, зазвичай застосовуються у виробництві молочних продуктів і вже добре відомі споживачам. Виробництво пробіотичних м'ясних продуктів наразі перебуває на початковій стадії розвитку з кількох причин:

- нижча активність води у порівнянні з молочними виробами, особливо у сирокочених та сиров'ялених ковбасах;
- відсутність методів значного зменшення кількості вихідної мікрофлори, яка конкурує з пробіотичними мікроорганізмами;
- необхідність додавання великої кількості мікроорганізмів для досягнення пробіотичного ефекту.

Незважаючи на це, пробіотичні мікроорганізми все активніше знаходять застосування у виробництві ферментованих м'ясних продуктів. Використання пробіотичних культур особливо ефективно у технологіях таких ферментованих

продуктів, де знижено консервуючу дію технологічних факторів через прискорення процесу. Наприклад, це може бути пов'язано зі скороченням тривалості сушіння ковбас чи часу дозрівання у посолі (делікатесні вироби), а також з короткочасною обробкою димом. Для забезпечення належної гігієнічної якості до таких виробів слід додавати захисні або пробіотичні мікроорганізми, які конкурують із наявною мікрофлорою або сприяють активному зниженню рН [8].

2.2. Розрахунок річної потужності виробництва

Річна потужність виробництва — це кількість продукції, яку підприємство здатне виготовити протягом року при заданих виробничих умовах і з урахуванням всіх етапів технологічного процесу.

Станом на 2021 р, в Україні було вироблено близько 253 тис. тон ковбасних виробів. Згідно до рекомендацій використання стартових культур для ковбасних виробів, 30 г сухої пробіотичної закваски розрахована на 100 кг фаршу.

Згідно інформації, яка була представлена, для виробництва ферментованих ковбасних виробів нам необхідно таку кількість сухої пробіотичної закваски:

$$30 \text{ г} - 0,1 \text{ т} \quad X = 75\,900\,000 \text{ г} = 75,9 \text{ тис кг}$$

$$X \text{ г} - 253000 \text{ т}$$

Наприклад, ми плануємо забезпечити лише 10 % від зазначеної кількості.

Отже, вироблятимемо таку кількість:

$$75900 * 0,1 = 7590 \text{ кг}$$

Візьмемо до уваги, що готова пробіотична закваска містить 30 грам стартової культури, яка в свою чергу складається з 2-3 пробіотичних штамів. Отже, якщо ми плануємо використати певний пробіотик, як доповнення до вже

готової пробіотичної закваски, то відповідно він буде припадати на близько 30 % від загальної кількості. Отже, сухої біомаси нам потрібно:

$$7590 \text{ кг} * 0,3 = 2277 \text{ кг.}$$

Наприклад, обраний нами біологічний агент синтезує біомасу у концентрації близько 1 г/л. Об'єм культуральної рідини, необхідний для отримання 2277 кг біомаси становить:

$$1 \text{ кг} - 1 \text{ м}^3 \qquad X = 2277 \text{ м}^3$$

$$2277 \text{ кг} - X$$

З урахуванням втрат біомаси при виділенні та очистці (близько 22%), необхідно отримати: $2277 * 1,22 = 2777 \text{ м}^3$ культуральної рідини

2.3 Розрахунок геометричного об'єму ферментера

Згідно розрахунків, нам необхідно отримати 2777 м^3 культуральної рідини.

Спочатку розраховуємо, яку кількість культуральної рідини ми отримаємо за добу, якщо кількість трудоднів буде становити 280.

$$V_d = V_{\text{гп}} / T_{\text{тр}} = 2777/280 = 9,9 \text{ м}^3$$

Кількість продукту за один цикл дорівнює:

$$V_{\text{цк}} = (K_1 * V_d * T_{\text{цф}}) / 24 = (1,1 * 9,9 * 20,5) / 24 = 9,3 \text{ м}^3$$

де $T_{\text{цф}}$ – цикл роботи ферментера, який включає тривалість виробничого біосинтезу (12 год) та час підготовки ферментера (8,5 год). K_1 – коефіцієнт запасу, що враховує можливість нестерильних операцій ($K_1 = 1,1 - 1,5$).

Підготовка ферментера складається з: миття та огляд (1,5 год), перевірка на герметичність (1 год), підігрів апарату (0,5 год), стерилізація (1 год), охолодження (1 год), завантаження середовища (2 год), засів (0,5 год), вивантаження культуральної рідини (1 год).

Далі нам необхідно розрахувати геометричних об'єм ферментера, знаючи об'єм культуральної рідини за один цикл (9,3 м³) та коефіцієнт заповнення ферментера (0,5):

$$V_{\Gamma} = V_{\text{цк}} / K_3 = 9,3/0,5 = 18,6 \text{ м}^3$$

Найближчий за об'ємом стандартний ферментер (20 м³), та уточнюємо коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = 9,3/20 = 0,47 \text{ – не перевищує}$$

2.4 Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу

За один виробничий цикл ми отримуємо 9,02 м³ культуральної рідини. Необхідно також враховувати втрати культуральної рідини через колектор відпрацьованого повітря (E_ф), які становлять від 10 - 15%.

Тому з урахуванням втрат 10 % об'єм поживного середовища та посівного матеріалу перед біосинтезом має становити:

$$V_{\text{роб.1}} = V_{\text{кр}}/(1-E_{\text{ф}}) = 9,02/0,9 = 10,02 \text{ м}^3,$$

де E_ф – втрати культуральної рідини під час біосинтезу.

Отже, ми будемо використовувати виробничий ферментер робочим об'ємом 10,02 м³. За даного коефіцієнта заповнення 0,5 геометричний об'єм становить:

$$V_{\text{ф}} = 10,02/0,5 = 20,04 \text{ м}^3$$

Приймаємо стандартний ферментер об'ємом V_{ст1} = 20 м³.

Уточнюємо коефіцієнт заповнення: K₃₁ = 10,02/20 = 0,5. Геометричний об'єм ферментера обрано правильно.

Так як кількість посівного матеріалу становить 10 % від об'єму поживного середовища, то поживного середовища потрібно:

$$V_{\text{пс1}} = V_{\text{роб.1}}/(1+X_{\text{ф}}) = 10,02/1,1 = 9,10 \text{ м}^3,$$

де X_ф = 0,1 – доза посівного матеріалу для ферментера

Тоді об'єм посівного матеріалу в ферментері дорівнює:

$$V_{\text{пм1}} = V_{\text{роб.1}} - V_{\text{пс1}} = 10,02 - 9,10 = 0,91 \text{ м}^3,$$

Враховуємо, що внаслідок краплинності під час отримання 0,91 м³ інокуляту втрати складають 10 % культуральної рідини. З урахуванням цього, об'єм поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становить:

$$V_{\text{роб.2}} = V_{\text{пм1}} / (1 - E_{\text{ф}}) = 0,91 / 0,9 \approx 1 \text{ м}^3$$

Для одержання такого об'єму інокуляту з коефіцієнтом заповнення 0,5 можна використати виробничий ферментер об'ємом: $V_{\text{па2}} = 1 / 0,5 = 2 \text{ м}^3$.
Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{ст2}} = 2 \text{ м}^3$.

Кількість посівного матеріалу для ферментера становить 10 % від об'єму поживного середовища, отже, кількість поживного середовища дорівнює:

$$V_{\text{пс2}} = V_{\text{роб.2}} / (1 + X_{\text{ф}}) = 1 / 1,1 = 0,9 \text{ м}^3,$$

де $X_{\text{ф}} = 0,1$ – доза посівного матеріалу для посівного апарата.

Виходить, що об'єм посівного матеріалу становить:

$$V_{\text{пм2}} = V_{\text{роб.2}} - V_{\text{пс2}} = 1 - 0,9 = 0,1 \text{ м}^3.$$

Враховуємо, що внаслідок краплинності під час отримання 0,1 м³ інокуляту втрати складають 10 % культуральної рідини. З урахуванням цього, об'єм поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становить:

$$V_{\text{роб.3}} = V_{\text{пм2}} / (1 - E_{\text{ф}}) = 0,1 / 0,9 \approx 0,1 \text{ м}^3 \text{ або } 100 \text{ л.}$$

Для одержання такого об'єму інокуляту з коефіцієнтом заповнення 0,5 можна використати посівний апарат об'ємом: $V_{\text{па3}} = 100 / 0,5 = 200 \text{ л}$.
Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{ст2}} = 200 \text{ л}$.

Кількість посівного матеріалу для ферментера становить 10 % від об'єму поживного середовища, отже, кількість поживного середовища дорівнює:

$$V_{пс3} = V_{роб.3}/(1+X_{ф}) = 100/1,1 = 90 \text{ л,}$$

де $X_{ф} = 0,1$ – доза посівного матеріалу для посівного апарата.

Виходить, що об'єм посівного матеріалу становить:

$$V_{пм3} = V_{роб.3} - V_{пс3} = 100 - 90 = 10 \text{ л.}$$

Враховуємо, що внаслідок краплиносу під час отримання 10 л інокуляту втрати складають 10 % культуральної рідини. З урахуванням цього, об'єм поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становить:

$$V_{роб.4} = V_{пм3}/(1-E_{ф}) = 10/0,9 \approx 11 \text{ л.}$$

Для одержання такого об'єму інокуляту з коефіцієнтом заповнення 0,5 можна використати посівний апарат об'ємом: $V_{па4} = 11/0,5 = 22 \text{ л}$. Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{ст2} = 20 \text{ л}$. Уточнюємо коефіцієнт заповнення: $K_{з4} = 11/20 = 0,55$. Геометричний об'єм ферментера обрано правильно.

Кількість посівного матеріалу для ферментера становить 10 % від об'єму поживного середовища, отже, кількість поживного середовища дорівнює:

$$V_{пс4} = V_{роб.4}/(1+X_{ф}) = 11/1,1 = 10 \text{ л,}$$

де $X_{ф} = 0,1$ – доза посівного матеріалу для посівного апарата.

Виходить, що об'єм посівного матеріалу становить:

$$V_{пм4} = V_{роб.4} - V_{пс4} = 11 - 10 = 1 \text{ л.}$$

Одержання посівного матеріалу $V_{пм4} = 1 \text{ л}$ для засіву інокулятора здійснюють в колбах на качалках ($V_{колб} = 750 \text{ мл}$, $K_{з} = 0,2$) Розраховуємо кількість колб:

$$N_{колб} = V_{пм4}/(V_{колб} * K_{зк}) = 1000/(750 * 0,2) = 6,6 \text{ колб} = 7 \text{ колб}$$

Отже, за результатами, які представлені вище, для накопичення необхідної кількості біомаси необхідно встановити ферментер для

виробничого біосинтезу об'ємами 20 та 2 м³, інокулятори об'ємами 200 л, 20 л, та 7 качалочних колб.

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОДУКТУ.

Післяферментаційні процеси є критичним етапом у виробництві біотехнологічних продуктів, включаючи пробіотичні культури для ковбасних виробів. Ці процеси мають на меті стабілізацію, очищення та підготовку продукту до зберігання та використання, зберігаючи при цьому активність та життєздатність пробіотичних бактерій. Вибір відповідних післяферментаційних процесів визначається властивостями пробіотичних культур, вимогами до кінцевого продукту, а також економічними та технологічними аспектами.

Основні післяферментаційні процеси

Післяферментаційні процеси включають декілька етапів, таких як відділення біомаси, стабілізація біомаси, сушіння пробіотичних культур. Розглянемо кожен з них детальніше.

Відділення біомаси

Фільтрація – процес відділення твердої фази від рідкої шляхом пропускання через фільтруючий матеріал або полімерну сітку з відповідними розмірами отворів. Основним недоліком фільтрації є значні втрати біомаси, оскільки частина клітин може проходити через пори фільтра, а сам фільтр може забруднюватися і потребувати заміни або очищення.

Сепарація – процес розділення твердої фази від рідкої на основі різниці характеристик часток, використовуючи відцентрову силу. Ефективність сепарації залежить від частоти обертання барабана, його діаметра, розміру часток і різниці густин фаз. Недоліком є велика енергоємність процесу.

					НУХТ БТЕК 02.01.12 КР ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПІСЛЯФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОДУКТУ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Муренко К.М.					28	55
<i>Перевірів</i>		Старовойтова				Кафедра БТМ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Стабніков В.П.						

Центрифугування – процес розділення суспензій на рідку та тверду фази під дією відцентрових сил. Центрифуги, які використовуються для цього процесу, поділяються на фільтруючі, осаджувальні та комбіновані (осаджувально-фільтруючі). Вони дозволяють розділяти частки від 0,5 мкм до 25 мм. У фільтруючих центрифугах рідина проходить через фільтрувальну тканину або металеву сітку, а тверда фаза осідає або видаляється під час обертання ротора. Рідка фаза виходить через сито та отвори в роторі.

Переваги центрифугування:

- Менші втрати біомаси порівняно з фільтрацією.
- Можливість автоматизації процесу.
- Високий коефіцієнт розділення.
- Велика поверхня осадження.
- Високий ступінь розділення високодисперсних систем.

Отже, обираємо метод центрифугування через його високу ефективність, простоту реалізації та можливість масштабування.

Стабілізація

У виробництві ферментованих харчових продуктів важливо забезпечити ефективно і довготривале зберігання клітин мікроорганізмів заквашувальних препаратів. З відомих способів зберігання біоматеріалів найбільш придатним для промислового виробництва вважається сублимаційне чи ліофільне сушіння – осушування матеріалу в умовах низького тиску і за низьких температур. В основі методу лежить явище сублимації – випаровування вологи з оминанням рідкої фази. Низька температура, за якої тривалий час знаходиться висушуваний матеріал, оберігає білки від денатуруючої дії підвищених концентрацій електролітів, що виникають внаслідок видалення води.

До захисних середовищ зазвичай уводять речовини, що зменшують відмирання мікроорганізмів під час заморожування, сушіння та зберігання у сухому вигляді.

Ефективними ліопротекторами можуть бути:

–цукроза, лактоза, тригалоza, мальтоза, манноза, сорбіт, агар-агар

–желатин, сухе знежирене молоко, пептон

–цитрат натрію, глутамат натрію, фосфатний буфер.

Як приклад можемо використати захисне середовище, яке містить сахароза, цитрат натрію, сухе знежирене молоко [34].

Сушіння

Зазвичай, напівфабрикат у вигляді стабілізованої захисним середовищем біомаси заморожують за температури $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. За цієї температури його витримують упродовж 18-24 год, після чого сублімаційно сушать [35].

Сушіння сублімацією або ліофільне висушування є одним з найефективніших методів зневоднення живої біомаси, бактерійних препаратів та інших термолабільних біологічних матеріалів. При температурі 0°C колоїдні системи, включаючи їх вологу, замерзають, а далі відбувається процес сублімації. Це означає, що вода переходить з твердого стану безпосередньо в пароподібний, минаючи рідку фазу. Використовуючи цей метод сушіння, молекулярна структура матеріалу зберігається майже без змін, а висушений матеріал характеризується хорошою дисперсністю і пористістю. У порівнянні з традиційним сушінням, де об'єм матеріалу суттєво зменшується, ліофільне висушування зберігає початкову структуру матеріалу в значній мірі [34].

3.1 Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях.

У процесі виробництва пробіотичних культур для ковбасних виробів важливим аспектом є підбір відповідного технологічного обладнання на кожній стадії виробництва. Правильно обране обладнання забезпечує ефективність процесу, збереження життєздатності пробіотичних бактерій та відповідність вимогам до якості кінцевого продукту. Далі розглянемо стадії виробництва пробіотичних культур і підберемо необхідне обладнання для кожної з них.

1. Відділення біомаси
2. Стабілізація
3. Сушіння
4. Подрібнення
5. Просіювання
6. Змішування з комерційною стартовою культурою
7. Пакування та маркування

Вихідні дані:

- Об'єм культуральної рідини (КР) з однієї ферментації – 9300 л
- Концентрація біомаси – 1 г/л
- Втрати на стадіях виділення цільового продукту – 22 %

Розподіл втрат по стадіях та підбір необхідного обладнання наведено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях

№ п/п	Назва стадії (операції)	Матеріальні потоки на стадії	Кількість по стадіях			Необхідне обладнання
			Надійшло	Втрати, (Разом 22%)	Вийшло	
1	2	3	4	5	6	7
Виділення та очищення біомаси						
1	Центрифугування культуральної рідини	Біомаса	8,7 кг (8700×1)- АСБ, з врахуванням 90% вологості 78,3 кг	3,9 кг (5 %)	74,3 кг	Центрифуга
		Фугат	8625 л (8700-74,3)	-	8625 л	На утилізацію

Продовження табл. 3.1

2	Стабілізація біомаси	Біомаса	74,3 кг	-	-	Збірник 200 л
		Захисне середовище	74,3 кг	-	-	
		Біомаса з захисним середовищем	148,6 кг (74,3+74,3 при співвідношенні 1:1)	-	-	На ліофілізацію
3	Заморожування біомаси	Біомаса з захисним середовищем	148,6 кг	-	-	Ліофілізаційна машина
		Заморожена біомаса	148,6 кг	-	148,6 кг	Ліофілізаційна машина

Продовження табл. 3.1

4	Ліофільне висушування	Заморожена біомаса	148,6 кг	-	-	Ліофілізаційна машина
		Висушена біомаса (вологість 6 %) 148,6 кг * 0,06 = 8,9 кг Видалено води = 148,6 – 8,9 = 139,7 кг (вологість 6 %)	8,9 кг	-	8,9 кг	
5	Подрібнення	Висушена біомаса	8,9 кг	0,45 кг (5 %)	8,45 кг	Дробарка

Закінчення табл. 3.1

6	Просіювання	Подрібнена біомаса	8,45 кг	84 г (1 %)	8,37 кг	Вібросито
7	Змішування з комерційною стартовою культурою	Стартова культура «RedSTART» та подрібнена біомаса <i>L. rhamnosus</i> R0 011 у співвідношенні 1:2	27,9 кг		27,9 кг	Шнекова мішалка
8	Пакування та маркування	Змішана стартова культура	27,9 кг	279 г (1 %)	27,6 кг	Машина для пакування та маркування

Підбір технологічного обладнання з урахуванням матеріальних потоків по стадіях виробництва пробіотичних культур є ключовим фактором успіху. Правильно вибране обладнання забезпечує ефективне проведення кожної стадії процесу, зберігаючи високу якість і життєздатність пробіотиків. У промислових умовах необхідно ретельно планувати та інтегрувати кожний етап, щоб забезпечити стабільність і безперебійність виробничого циклу, задовольняючи при цьому всі технологічні, економічні та регуляторні вимоги.

3.2. Специфікація обладнання

Таблиця 3.2

Специфікація обладнання для післяферментаційного виділення та очищення пробіотичних культур

Позиція	Назва обладнання	Кількість	Основні характеристики
Ф-1	Ферментер для виробничого біосинтезу	1	Об'єм апарату: 20 м ³ . Матеріал: сталь AISI 316L. Обладнений датчиком рН, рО, температури, рівень піни, тиску. Містить мішалку з регульованою швидкістю обертання 150-300 об/хв та баоботер. Використовується мембранний фільтрувальний картридж для очистки аераційного повітря (0,2 мкм) [36].
Н-2	Насос відцентровий	1	Бренд - Optima Принцип дії - Відцентровий Потужність насоса, кВт - 2,0 Матеріал робочого колеса - Латунь Потужність насоса, Ватт - 2000 Продуктивність, л/хв - 90 Продуктивність, м ³ /год - 5.4 Країна виробник – Польща [37]
Ц-3	Центрифуга	1	Виробник - HAUS Продуктивність (max), м.куб / год - 5 Матеріал шнека - AISI Частота обертання, об/хв - 5 400 Серія - DDE Привод шнека, кВт - 4 Основний привід, кВт - 7,5 Діаметр шнека, мм - 238 Країна походження - Туреччина [38].
Д-4 Д-5 Д-6 Д-13 Д-14	Дозатор ваговий	5	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь Діапазон зважування, г - 10-5000 Діапазон зважування з двома бункерами, г - 10-10000 Продуктивність, зважуваль/хв - 10-20 Швидкість наповнення, пакунків/год - 600 Точність зважування, г - 2-6 Робочий діапазон температур, °C - 10...40 Потужність, Вт - 360 Напруга живлення, В/Гц - 220/50 Розміри бункера, мм - 640 x 320 x 320 Габаритні розміри, мм - 640 x 650 x 1570 Вага машини, кг – 80 [39].

Продовження таблиці 3.2

3-7	Збірник	1	<p>Збірник на 200 л, виробництво з кислотостійкої сталі AISI 316L або з харчової неіржавкої сталі AISI 304.</p> <p>Сорочка для обігрівання або охолодження;</p> <p>Робота під тиском</p> <p>Робота з вакуумом;</p> <p>Термоізоляція;</p> <p>Перемішувальний пристрій;</p> <p>Датчики для контролю ваги;</p> <p>Пульт керування нагріванням, охолодженням;</p> <p>Датчики для вимірювання температури;</p> <p>Датчики для вимірювання тиску;</p> <p>Пульт керування технологічним процесом із можливістю доступу до нього з будь-якої точки світу;</p> <p>Механізм підйому кришки;</p> <p>Механізм перекидання;</p> <p>Оглядове вікно;</p> <p>Підсвічування;</p> <p>Різні технологічні патрубки [40];</p>
Н-8	Насос кулачковий	1	<p>Виробник Shivay</p> <p>Тип комплектації без двигуна</p> <p>Серія насоса JKLB</p> <p>Продуктивність, м.куб / год 0.78</p> <p>Матеріал AISI 316 нержавіюча сталь</p> <p>Діаметр вхідного патрубка 1 1/2"</p> <p>Діаметр вихідного патрубка 1 1/2"</p> <p>Продуктивність (max), м.куб / год 0.78</p> <p>Матеріал корпусу AISI 316 нержавіюча сталь</p> <p>Частота обертання, об/хв 1 000 [41].</p>

Продовження таблиці 3.2

MP-9	Машина розливу	1	Автоматична виробнича лінія для наповнення Швидкість виробництва - 30-50шт/хв Висота конвеєра - 3600 мм, можна налаштувати фактичну базу виробництва Напруга - 220 В 50/60 Гц Функція - зважування, наповнення, запечатування банок, маркування Гарантія - 1 рік [42].
ЛФ-10	Ліофілізатор	1	Площа сублимаційного сушіння (м ²) - 20 м ² Грузопідйомність (кг) - 200 кг Ємність поповнення води в холодному колодязі (кг) - 400 кг Зовнішні розміри (Д * Ш * В мм) - 5500 × 1600 × 2100 мм Температура пластини (°С) -45 ~ 120 °С Температура холодної свердловини (°С) -70 °С Ступінь вакууму в камері (Па) - 26 Па Спосіб нагрівання - Нагрівання силіконовим маслом/10CS Хост-бренд промислового контролю - Siemens PLC Встановлена потужність - 65 кВт Вага обладнання - 6500 кг [43]
Д-11	Дробарка	1	Технічна продуктивність, т/год - 8 – 12 Встановлена кількість молотків, шт. - 120 або 240 Сумарна потужність електродвигунів, кВт - 76,5 Займана площа, м ² - 2,5 Маса, кг, не більше - 1200 Напруга електромережі, В – 380 [44]
BC-12	Вібраційне сито	1	Вибропросівач ВП-800 Габаритні розміри установки, мм - 1210x1160x1150 Кількість сит - 1 Тип сітки - Сітка 2,00-1,20 12X18N9 Напруга живлення установки - 220/380 В, 50 Гц Загальна споживана потужність, кВт - 0,25 Вага установки, кг - не більше 220 Продуктивність – 150 кг/год [45].
ЗМ-15	Змішувач	1	Шнековий змішувач Об'єм – 50 л Матеріал – нержавіюча сталь Потужність – 0,75 кВт Опції – герметична кришка, перекидний механізм, гомогенність змішування [54]

Закінчення таблиці 3.2

ПКМ-16	Пакувальна машина	1	<p>Автомат ІН-С3-В2 для фасування в пакет саше</p> <p>Продуктивність, уп/хв до 20</p> <p>Ширина рулону плівки, мм, до 240</p> <p>Ширина пакета, мм 40 - 120</p> <p>Довжина пакета, мм 70 - 120</p> <p>Пакувальний матеріал багат шарові плівки, поліпропілен, ламінований папір</p> <p>Параметри мережі живлення 220В, 50Гц</p> <p>Встановлена потужність, кВт 1,2</p> <p>Габарити, мм, не більше 1950x780x1900</p> <p>Маса, кг, не більше 200 [46]</p>
ПКМ-17	Маркувальна машина	1	<p>Машина для самоклеючої наклейки Siemens PLC</p> <p>Вага етикетувальної машини 150 кг</p> <p>Висота об'єкта 30-200мм</p> <p>Ширина предмета 20-200мм</p> <p>Висота ярлика 15-110мм</p> <p>Довжина ярлика 25-300мм</p> <p>Застосований діаметр корпусу пляшки 20-200мм</p> <p>Етикетний ролик внутрішнього діаметра 76мм</p> <p>Зовнішній діаметр етикетного ролика 350мм</p> <p>Розмір машини 1600 (Д) × 550 (Ш) × 1600 (В) мм</p> <p>Блок живлення 220 В 0,75 кВт 50/60 Гц (якщо джерело живлення різне, потрібен трансформатор) [55]</p>

протягом 24 годин при температурі -40°C.

ТП 3.5. Ліофільне висушування

Процес ліофільного висушування проводять у сублімаційній сушці (ЛФ-10) при температурі 34 °С та тиску 26 Па протягом 36 годин.

ТП 3.6. Подрібнення висушеної біомаси

Після висушування біомасу подрібнюють на молотковій дробарці (Д-11)

ТП 3.7. Просіювання

Просіювання подрібненої біомаси проводять на вібраційному ситі (ВС-12) з діаметром отворів 1 мм.

ТП 3.8. Змішування з комерційною закваскою

У стерильний змішувач (ЗМ-15) за допомогою вагових дозаторів (Д-13, Д-14) додають 8,37 кг просіяної сухої біомаси *L. rhamnosus* R0011 і 19,5 кг комерційної стартової закваски. Перемішують протягом 15 хвилин.

ТП 3.9. Пакування та маркування

Вже готову стартову культуру подають на пакувальну машину (ПКМ-16) продуктивність до 20 пакетів за хвилину. Упаковують по 30 г продукту. Маркують готові пакети за допомогою машини для наклеювання етикеток (ПКМ-17).

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ГОТОВОЇ КІНЦЕВОЇ ФОРМИ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ

5.1. Обґрунтування кінцевої форми та упаковки вибору форми випуску кінцевого продукту та необхідних умов виробництва

Бактеріальні пробіотики — це категорія лікарських засобів, у яких основним діючим компонентом є не хімічні речовини, а життєздатні мікроорганізми. Стартові культури класифікуються за їх агрегатним станом та технологією виготовлення. Вони можуть бути сухими або рідкими. Сухі пробіотики включають таблетки, порошки, гранули та висушені культури мікроорганізмів. Рідкі пробіотики представлені у вигляді розчинів і суспензій, де мікроорганізми не проходили процес ліофілізації [35].

Суша пробіотична закваска є оптимальною формою для ковбасних виробів з кількох причин. По-перше, сухі форми мають тривалий термін зберігання без втрати активності пробіотичних культур. По-друге, вони зручні у використанні, легко дозуються та додаються до ковбасного фаршу на різних етапах виробництва. Крім того, сухі закваски менш чутливі до температурних коливань під час транспортування та зберігання.

Найбільш часто використовуваними фармацевтичними пакувальними матеріалами для твердої лікарської форми є скляна тара, пластикова тара, папір і картон, металева та алюмінієва фольга. Обраний матеріал повинен мати такі характеристики: вступає в реакцію з продуктами; вони повинні захищати від умов навколишнього середовища, вони не повинні надавати продукту смаку чи запаху, вони мають бути нетоксичними, або іншими регуляторними органами, вони мають відповідати застосовним вимогам щодо захисту від несанкціонованого

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЛУХТ БТЕК 02.01.12 КР ПЗ			
Розробив		Муренко К.М.			РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ГОТОВОЇ КІНЦЕВОЇ ФОРМИ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Старовойтова С.О.					43	55
Н. Контр.					Кафедра БТМ			
Затверд.		Стабніков В.П.						

доступу.

Для порошоків алюмінієва фольга є найпоширенішим пакувальним матеріалом завдяки своїм захисним властивостям щодо впливу вологи, тепла та світла. Алюміній забезпечує значну економію витрат на доставку продукту через його легку вагу. Неперевершені бар'єрні властивості фольги повністю виключають потрапляння вологи, кисню та інших газів, мікроорганізмів та світла, таким чином зберігаючи чутливі продукти в ідеальному стані протягом тривалого часу. Стрип-паки можуть бути виготовлені з алюмінію або в поєднанні з папером або пластиком. Ключовою вимогою є те, щоб їх було легко розірвати. Пакети мають можливість повторного закриття для збереження залишкової закваски, а маркування чітко зазначає дату виробництва, термін придатності, умови зберігання та інструкції щодо використання [47].

Виробництво сухої пробіотичної закваски вимагає дотримання високих стандартів чистоти. Для підготовки сировини та первинного змішування компонентів використовується клас чистоти D (ISO 8), а для процесів сушіння та пакування закваски – клас чистоти C (ISO 7), щоб мінімізувати ризик контамінації. Важливо забезпечити стерильність, використовуючи стерильні матеріали та обладнання, а також контролювати мікробіологічні показники у виробничих приміщеннях. Персонал повинен бути навчений дотриманню гігієнічних норм та правил роботи з пробіотичними культурами [48].

Отже, вибір сухої пробіотичної закваски для ковбасних виробів є обґрунтованим рішенням, яке забезпечує стабільність, зручність використання та економічність. Сухі форми пробіотиків мають тривалий термін зберігання без втрати активності, легко дозуються та додаються до ковбасного фаршу на різних етапах виробництва, а також менш чутливі до температурних коливань під час транспортування та зберігання. Використання алюмінієвої фольги як

пакувального матеріалу забезпечує надійний захист від вологи, кисню та світла, що дозволяє зберігати пробіотичні культури в ідеальному стані протягом тривалого часу. Дотримання високих стандартів чистоти та стерильності на всіх етапах виробництва гарантує високу якість кінцевого продукту. Таким чином, суха пробіотична закваска є оптимальним вибором для виробництва ковбасних виробів, забезпечуючи ефективність та безпеку продукту. виробів є раціональним рішенням, що забезпечує високу якість кінцевого продукту.

РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ КІНЦЕВОЇ ФОРМИ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ

Вологість

Метод Карла Фішера є одним з найточніших методів для визначення вмісту води в різних зразках. Він базується на титруванні, де вода реагує з йодом у присутності сірчистого ангідриду та основи, утворюючи йодид. Зразок, який потрібно проаналізувати, ретельно зважують за допомогою аналітичних ваг. Титратор Карла Фішера складається з двох основних компонентів: титраційного апарату та реакційної камери, яка заповнюється розчином Карла Фішера, що містить йод, сірчистий ангідрид та основний компонент, зазвичай метанол. Зразок вводять у реакційну камеру, де вода, що міститься в зразку, реагує з йодом, утворюючи йодид. Реакція триває до повного споживання води, а титратор автоматично додає розчин Карла Фішера до реакційної камери до тих пір, поки вся вода не буде зв'язана. Кінцева точка титрування визначається за допомогою електрохімічного детектора, який фіксує надлишок йоду. Кількість доданого розчину Карла Фішера пропорційна кількості води в зразку, і титратор автоматично розраховує вміст води на основі об'єму використаного титранту та маси зразка. Для забезпечення точності вимірювань титратор регулярно калібрують за допомогою стандартних зразків з відомим вмістом води, а також проводять контрольні вимірювання для перевірки стабільності та точності результатів. Метод Карла Фішера дозволяє точно визначати вміст води навіть у дуже малих кількостях, що робить його незамінним у багатьох галузях, включаючи фармацевтику, харчову промисловість та хімію. Вміст вологи не має перевищувати 6 %. [49].

					НУХТ БТЕК 02.01.12 КР ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Муренко К.М.			РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ КІНЦЕВОЇ ФОРМИ ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		Старовойтова С.О.					46	55 45
<i>Н. Контр.</i>					Кафедра БТМ			
<i>Затверд.</i>		Стабніков В.П.						

Мікробіологічний аналіз

Зразок в кількості 10 г поміщають у мірний флакон місткістю 250 см³, доводять до 100 см³ (розведення 1:10) буферним розчином з хлоридом натрію і пептоном, рН 7,0 та перемішують до отримання суміші.

Для визначення загальної кількості бактерій по 1 см³ суміші висівають не менш як на дві чашки Петрі на поживне середовище №1 (МПА).

Для визначення загальної кількості грибів по 1 см³ зависі висівають не менш ніж на дві чашки Петрі на поживне середовище №2 (Сабуро).

Посіви на середовищі №1 інкубують у термостаті при температурі 37 °С для виявлення бактерій, а посіви із середовищем №2 – за температури 20 – 25 °С для виявлення грибів протягом 5 діб.

У разі виявлення в посівах сторонніх мікроорганізмів контроль проводять на подвоєній кількості зразків препарату. За відсутності росту мікроорганізмів у разі повторного висіву досліджуваний зразок вважають таким, що відповідає вимогам Ку [35].

Визначення кількості молочнокислих бактерій та стафілококів

Метод оснований на можливості мікроорганізмів розмножуватися на елективному середовищі (MRS-агар для лактобактерій, MSA-агар для стафілококів) за температури 37±1 °С протягом 24-48 год. Кількість висіяного продукту встановлюють з урахуванням найбільш вірогідного мікробного обсіменіння. Для визначення кількості бактерій вибирають ті розведення, у разі посівів, яких виростає не менше 30 і не більше 300 колоній. Із кожної проби роблять висів на 2–3 чашки Петрі із розведень. Кожне із розведень у кількості 1 мл висівають в одну бактеріологічну чашку з попередньо маркованою кришкою і заливають 10–15 мл розплавленого й охолодженого до температури 40–45 °С живильним середовищем (MRS для визначення лактобактерій, MSA для

визначення стафілококів). Допускається посів досліджуваного продукту у чашки із одного і того ж розведення в кількості 1 та 0,1 мл. Відразу ж після заливання середовища вміст чашки ретельно перемішують легкими обертальними похитуваннями для рівномірного розподілення посівного матеріалу. Після застигання середовища бактеріологічні чашки перевертають кришками донизу і в такому вигляді ставлять у термостат за відповідних температур. Кількість колоній, що вирости на кожній чашці, підраховують, помістивши її доверху дном на темному фоні, користуючись лупою зі збільшенням у 4–10 разів та лічильниками. Кожну підраховану колонію відмічають на дні чашки чорнилом. У разі великої кількості колоній та їх рівномірного розподілу дно чашки ділять на чотири і більше однакових сектори, підраховують колонії на 2–3 із них (але не менше, ніж на 1/3 поверхні чашки), знаходять середнє арифметичне число колоній і перемножують на загальну кількість секторів чашки. Це буде відповідати загальній кількості колоній, що вирости на одній чашці. Кількість бактерій в 1 мл або 1 г продукту (X) обчислюють за формулою: $X = n \cdot 10^m$, де: n – кількість колоній, підрахованих на чашці Петрі; m – число десятикратних розведень. За кінцевий результат аналізу приймають середнє арифметичне, одержане в усіх чашках [50].

ВИСНОВКИ

Останніми роками спостерігається збільшення інтересу до пробіотиків у харчових продуктах, зокрема у ковбасних виробках. Споживачі стають більш освіченими в питаннях харчування і все частіше звертають увагу на функціональні продукти, що мають позитивний вплив на здоров'я. Це сприяє зростанню ринку ковбасних виробів з пробіотиками, а також збільшує конкуренцію серед виробників.

У ході роботи було проведено всебічний аналіз біосинтезу пробіотичних культур для виробництва ковбасних виробів, що дозволило зробити наступні висновки:

Використання пробіотичних культур у виробництві ковбасних виробів є перспективним напрямком, який відповідає сучасним вимогам до безпечності, якості та функціональності харчової продукції. Інтеграція пробіотиків у ковбасні вироби сприяє не лише покращенню їх органолептичних властивостей, але й підвищує їхню цінність для здоров'я споживачів.

Пробіотичні культури, що використовуються у виробництві ковбас, виконують декілька важливих функцій, включаючи покращення мікробіологічної стабільності, підвищення безпечності та продовження терміну зберігання продукції. Вибір відповідних штамів мікроорганізмів є критичним для досягнення бажаних властивостей кінцевого продукту.

Огляд ринку аналогічної продукції показав зростаючий інтерес до функціональних харчових продуктів, зокрема до ковбасних виробів з пробіотиками. Попит на такі продукти зростає завдяки зростаючій обізнаності споживачів щодо користі пробіотиків для здоров'я. Це створює сприятливі умови для впровадження нових біотехнологічних розробок у сфері харчової промисловості.

Розрахунок річної потужності виробництва показав, що для досягнення економічної доцільності важливо оптимізувати всі стадії технологічного процесу, включаючи ферментацію, виділення та очищення пробіотичних культур. Це також вимагає ретельного підбору технологічного обладнання та контролю за матеріальними потоками.

Застосування сучасних методів контролю виробництва є необхідною умовою для забезпечення стабільної якості і безпечності кінцевої продукції. Це включає моніторинг активності пробіотиків, мікробіологічний контроль та контроль фізико-хімічних показників на всіх етапах виробництва.

Впровадження пробіотичних культур у ковбасні вироби має значний потенціал для покращення здоров'я населення, що є важливим чинником у розвитку харчової промисловості.

Таким чином, пропонуємо доповнити вже готову стартову культуру POKELSTART (Пёкелстарт), яка в свою чергу складається з композиції штамів *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus carnosus*, штамом *Lactobacillus rhamnosus* R0011, оскільки він проявляє гарний ріст при різних температурних умовах ($9,4 \log_{10}$ КУО/мл), має найбільшу продуктивність молочної кислоти (215,94 мМ/л), не проявляє активності декарбоксилювання амінокислот та здатний забезпечити якість кінцевої продукції за рахунок антагоністичної активності проти патогенів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. García-Díez, J., & Saraiva, C. (2021). Use of Starter Cultures in Foods from Animal Origin to Improve Their Safety. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2544. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052544>
2. Laranjo, Marta & Elias, Miguel & Fraqueza, Maria. (2017). The Use of Starter Cultures in Traditional Meat Products. *Journal of Food Quality*. 2017. 10.1155/2017/9546026.
3. Laranjo, M., Potes, M. E., & Elias, M. (2019). Role of Starter Cultures on the Safety of Fermented Meat Products. *Frontiers in microbiology*, 10, 853. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00853>
4. Laranjo, Marta, Elias, Miguel, Fraqueza, Maria João, The Use of Starter Cultures in Traditional Meat Products, *Journal of Food Quality*, 2017, 9546026, 18 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9546026>
5. Zdolec, N. (Ed.). (2017). *Fermented meat products: health aspects*. CRC Press.
6. D.A. Stavropoulou, L. De Vuyst, F. Leroy, Nonconventional starter cultures of coagulase-negative staphylococci to produce animal-derived fermented foods, a SWOT analysis, *Journal of Applied Microbiology*, Volume 125, Issue 6, 1 December 2018, Pages 1570–1586,
7. Laranjo, Marta, Elias, Miguel, Fraqueza, Maria João, The Use of Starter Cultures in Traditional Meat Products, *Journal of Food Quality*, 2017, 9546026, 18 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9546026>
8. EFSA and ECDC (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control), 2015. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne

- Outbreaks in 2013. *EFSA Journal* 2015; 13 (1):3991, 165 pp.
doi:10.2903/j.efsa.2015.3991
9. Bassi, Daniela & Puglisi, Edoardo & Cocconcelli, Pier Sandro. (2015). Comparing natural and selected starter cultures in meat and cheese fermentations. *Current Opinion in Food Science*. 2. 10.1016/j.cofs.2015.03.002.
 10. Laranjo, M., Potes, M. E., & Elias, M. (2019). Role of Starter Cultures on the Safety of Fermented Meat Products. *Frontiers in microbiology*, 10, 853. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00853>
 11. Di Gioia, D., Mazzola, G., Nikodinoska, I., Aloisio, I., Langerholc, T., Rossi, M., Raimondi, S., Melero, B., & Rovira, J. (2016). Lactic acid bacteria as protective cultures in fermented pork meat to prevent *Clostridium* spp. growth. *International journal of food microbiology*, 235, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.019>
 12. Mu, Q., Tavella, V. J., & Luo, X. M. (2018). Role of *Lactobacillus reuteri* in Human Health and Diseases. *Frontiers in microbiology*, 9, 757. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00757>
 13. Mokoena M. P. (2017). Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(8), 1255. <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>
 14. de Souza Barbosa, M., Todorov, S. D., Ivanova, I., Chobert, J. M., Haertlé, T., & de Melo Franco, B. D. G. (2015). Improving safety of salami by application of bacteriocins produced by an autochthonous *Lactobacillus curvatus* isolate. *Food microbiology*, 46, 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.08.004>

15. Sapp, A. M., Mogen, A. B., Almand, E. A., Rivera, F. E., Shaw, L. N., Richardson, A. R., & Rice, K. C. (2014). Contribution of the nos-pdt operon to virulence phenotypes in methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus*. *PloS one*, 9(9), e108868. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108868>
16. Abdul Hakim BN, Xuan NJ, Oslan SNH. A Comprehensive Review of Bioactive Compounds from Lactic Acid Bacteria: Potential Functions as Functional Food in Dietetics and the Food Industry. *Foods*. 2023; 12(15):2850. <https://doi.org/10.3390/foods12152850>
17. Niyigaba T, Liu D, Habimana JdD. The Extraction, Functionalities and Applications of Plant Polysaccharides in Fermented Foods: A Review. *Foods*. 2021; 10(12):3004. <https://doi.org/10.3390/foods10123004>
18. Monro, J.A. (2019). Digestible and Non-digestible Polysaccharide Roles in Reformulating Foods for Health. In: Raikos, V., Ranawana, V. (eds) *Reformulation as a Strategy for Developing Healthier Food Products*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23621-2_3
19. Zhang, B., Liu, N., Hao, M., Zhou, J., Xie, Y., & He, Z. (2022). Plant-Derived Polysaccharides Regulated Immune Status, Gut Health and Microbiota of Broilers: A Review. *Frontiers in veterinary science*, 8, 791371. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.791371>
20. Shin, SY., Han, N.S. (2015). *Leuconostoc* spp. as Starters and Their Beneficial Roles in Fermented Foods. In: Liong, MT. (eds) *Beneficial Microorganisms in Food and Nutraceuticals*. Microbiology Monographs, vol 27. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23177-8_5
21. Choi, G. H., Holzapfel, W. H., & Todorov, S. D. (2022). Diversity of the bacteriocins, their classification and potential applications in combat of antibiotic resistant and clinically relevant pathogens. *Critical Reviews in*

- Microbiology*, 49(5), 578–597.
<https://doi.org/10.1080/1040841X.2022.2090227>
- 22.Ng, Z. J., Zarin, M. A., Lee, C. K., & Tan, J. S. (2020). Application of bacteriocins in food preservation and infectious disease treatment for humans and livestock: a review. *RSC advances*, 10(64), 38937–38964.
<https://doi.org/10.1039/d0ra06161a>
- 23.de Azevedo, P.O.S., Mendonça, C.M.N., Seibert, L. *et al.* Bacteriocin-like inhibitory substance of *Pediococcus pentosaceus* as a biopreservative for *Listeria* sp. control in ready-to-eat pork ham. *Braz J Microbiol* **51**, 949–956 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00245-w>
- 24.Yang, S. C., Lin, C. H., Sung, C. T., & Fang, J. Y. (2014). Antibacterial activities of bacteriocins: application in foods and pharmaceuticals. *Frontiers in microbiology*, 5, 241. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00241>
- 25.Balay, D. R., Dangeti, R. V., Kaur, K., & McMullen, L. M. (2017). Purification of leucocin A for use on wieners to inhibit *Listeria monocytogenes* in the presence of spoilage organisms. *International journal of food microbiology*, 255, 25–31.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.05.016>
- 26.Fontana, Cecilia & Fadda, Silvina & Coconcelli, Pier Sandro & Vignolo, Graciela. (2011). Lactic Acid Bacteria in Meat Fermentations. 10.1201/b11503-14.
- 27.Wang, Y., Han, J., Wang, D., Gao, F., Zhang, K., Tian, J., & Jin, Y. (2022). Research Update on the Impact of Lactic Acid Bacteria on the Substance Metabolism, Flavor, and Quality Characteristics of Fermented Meat Products. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(14), 2090.
<https://doi.org/10.3390/foods11142090>

28. Martin, J. G. P., & de Dea Lindner, J. (2022). *Microbiologia de alimentos fermentados*. Editora Blucher.
29. Zdolec, Nevijo & Mikuš, Tomislav & Kiš, Marta. (2022). Lactic acid bacteria in meat fermentation: Dry sausage safety and quality. 10.1016/B978-0-323-89875-1.00007-9.
30. Figueroa, Ricardo & López-Malo, Aurelio & Mani-López, Emma. (2024). Antimicrobial activity and applications of fermentates from lactic acid bacteria – a review. *Sustainable Food Technology*. 2. 10.1039/d3fb00241a.
31. Bartkiene, Elena & Bartkevics, V. & Mozuriene, Erika & Lele, Vita & Novoslavskij, Aleksandr & Santini, Antonello & Rozentale, Irina & Gražina, Juodeikiene & Cizeikiene, Dalia. (2016). The impact of lactic acid bacteria with antimicrobial properties on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and biogenic amines in cold smoked pork sausages. *Food Control*. 71. 10.1016/j.foodcont.2016.07.010.
32. Yang, H., Liu, Y., Nychas, G. E., Luo, X., Zhu, L., Mao, Y., Dong, P., et al. (2024). *Utilizing lactic acid bacteria and their metabolites for controlling Listeria monocytogenes in meat products: Applications, limitations, and future perspectives. Trends in Food Science & Technology*, 104699. 10.1016/j.tifs.2024.104699
33. Закваски, як головна скрипка сироваріння [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cheeseschool.online/post/basic-culture>.
34. Шугай, М., & Чорна, Н. (2021). Сублімаційне сушіння бактеріальних препаратів на основі *Lactobacillus casei*. *Продовольчі ресурси*, 9(17), 174-181.

35. Технологія пробіотиків : підручник / С. О. Старовойтова, О. І. Скроцька, Ю. М. Пенчук, Т. П. Пирог. – К.: НУХТ, 2012. - 318 с.
36. Bioreactors and production line samples [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bioreactors.net/industrial-bioreactors>.
37. Насос відцентровий Optima JET200 PRIME 2.0кВт [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ovs.com.ua/ua/dacha-sad-ogorod/nasosnaya-tekhnika/poverkhnostnye-nasosy/nasos-tsentrobegnyj-optima-jet200-prime-2-0kvt>.
38. HAUS DDE 2342 декантерна центрифуга для розділення осаду [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bts.net.ua/ua/technological-equipment/decanter-centrifuges/haus-dde-2342-dekanterna-centrifuga-dlya-rozd-lennya-osadu/>.
39. Дозатор ваговий FOYER FZ-5000-II вібрлотковий прямої дії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kozakplus.ua/products/granule-packaging-machines/fz-5000-2>.
40. Реактор 200 літрів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stprom.com.ua/ua/p1016488897-reaktor-200-litrov.html?srsltid=AfmBOoocWVkoNZg1yxpDTBTipAlopBBQI7FeS-oInibNiHyJwgqpLwFP>.
41. Кулачковий насос JKLB 150S 1 1/2 дюйма, 0,78 м³/h, AISI 316 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bts.net.ua/ua/pumping-equipment-distillery/sanitary-hygienic-pumps/kulachkoviy-nasos-jklb-150s-1-1-2-0-78-m3-h-aisi-316/>.
42. Автоматична виробнича лінія для наповнення частинками [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://ua.cawonslabelmachine.com/filling-machine/automatic-particles-filling-production-line.html>.

43. Сублимационная машина SSFD-200 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ssf-d-freezedryer.com/ru/product/ssfd-200-freeze-dry-machine/>.
44. Дробарка ДМБ-М МПМЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://hydrolider.com.ua/ua/p822178830-drobilka-dmb-mpmz.html>.
45. Вібраційні просіювачі (вібропросіювачі) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://technik.ua/produksiia/prosiiuvachi-boroshna-tsukru-sukho-ho-moloka/vibratsijni-prosivuvachi-vibroprosivuvachi>.
46. Автомат ІН-СЗ-В2 для фасування в пакет саше [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://inta.org.ua/avtomat-in-s3-v2-dlya-fasovki-v-paket-sashe.html>.
47. Sabah, Dr & Ahmed, Iqbal & Arsalan, Adeel & Arif, Aysha & Tanwir, Sidra & Abbas, Atta & Ahmed, Farrukh. (2014). Features, Functions and selection of Pharmaceutical Packing Materials. Inter J of Pharm Neutra Res. 1. 1-12.
48. ДСТУ ISO 14644-1:2009 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=26060.
49. Визначення власне вологи методом титрування по Карлу Фішеру [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/maslo/pokazateli-kachestva/vlazhnost/opredelenie-sobstvenno-vlagi-metodom-titrovaniya-po-karlu-fisheru/>.

50. Кухтин М.Д. Лабораторний практикум з мікробіології молока і молочних продуктів: навчальний посібник / Кухтин М.Д., Кравченко Х.Ю. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 157 с.
51. Стартовые культуры для сыровяленых колбас Редстарт [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dom-gastronom.com.ua/uk-ua/dlja-kolbasi/ingredienti-dlja-kolbasi/dobavki-dlja-kolbas/startovie-kulturi-dlja-sirovjaljenih-kolbas-redstart>.
52. Шинкарук, М., & Балук, О. (2021). ПЕРСПЕКТИВНІ СТАРТОВІ КУЛЬТУРИ ДЛЯ КРАФТОВИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 38-48. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.6>
53. de L Agüero, N., Frizzo, L. S., Ouweland, A. C., Aleu, G., & Rosmini, M. R. (2020). Technological Characterisation of Probiotic Lactic Acid Bacteria as Starter Cultures for Dry Fermented Sausages. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(5), 596. <https://doi.org/10.3390/foods9050596>
54. Перекидний горизонтальний шнековий змішувач, порошку ГШ-50л, Розчинозмішувач, Кормозмішувач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua/ua/p2342048066-perekidnoj-gorizontalnyj-shnekovyj.html>.
55. Машина для наклейки самоклеючої наклейки з поліетиленового пакета Siemens Plc [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.xernt.com/siemens-plc-plastic-bag-self-adhesive-sticker-labeling-machine.html>.