

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет медико-фармацевтичних технологій

Кафедра біотехнології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА МИЙНОГО ЗАСОБУ З
ПРОБІОТИКОМ»**

Виконала: здобувачка вищої освіти групи БТ621(4,6з)

спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія

освітньої програми Біотехнологія

Варвара ГАВРИЛІЧЕВА

Керівник: Доцент закладу вищої освіти кафедри біотехнології,

к.фарм.н, доц. Ольга КАЛЮЖНАЯ

Рецензент: Завідувачка кафедри біотехнології, біофізики та

аналітичної хімії Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут», д.т.н., проф.

Ольга БЛИЗНЮК

Харків – 2026 рік

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі представлено теоретичні та технологічні основи виробництва порошкового мийного засобу з пробіотичним компонентом на основі *Bacillus subtilis*.

У дослідженні проаналізовано екологічний вплив традиційних мийних засобів та обґрунтовано доцільність використання пробіотичних мікроорганізмів для безпечнішого й ефективнішого очищення. Розроблено технологічну схему виробництва, здійснено підбір обладнання та складено матеріальний баланс процесу.

Отримані результати можуть бути використані для створення екологічно безпечних мийних засобів з пробіотичною дією.

Ключові слова: порошковий мийний засіб, пробіотики, *Bacillus subtilis*.

ANNOTATION

This qualification work presents the theoretical and technological basis for producing a powdered detergent with a probiotic component based on *Bacillus subtilis*.

The study analyzes the environmental impact of conventional detergents and justifies the use of probiotic microorganisms for safer and more effective cleaning. The technological scheme of production, equipment selection, and material balance are developed.

The results can be applied to create eco-friendly detergents with prolonged probiotic action.

Key words: powdered detergent, probiotics, *Bacillus subtilis*

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Аналітичний огляд.....	5
2 Характеристика готового продукту, сировини, біологічного агенту та існуючих аналогів.....	9
2.1 Характеристика готового продукту.....	9
2.2 Характеристика сировини.....	12
2.3 Характеристика біологічного агента.....	14
2.4 Характеристика метаболізму біологічного агента.....	23
3 Технологічна частина.....	28
3.1 Розрахунок матеріального балансу	28
3.2 Розрахунок і вибір обладнання	33
3.3 Опис технологічного процесу	40
3.4 Схеми виробництва.....	51
3.5 Контроль виробництва.....	58
3.6 Екологічні аспекти виробництва.....	59
Висновок.....	67
Список використаної літератури.....	69

					<i>162.01.01.00 000 ПЗ</i>						
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Організація виробництва мийного засобу з пробіотиками</i>						
<i>Розробив</i>		<i>Гаврилічева</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Калюжная</i>							2	68	
<i>Н. контр.</i>									<i>НФаУ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Хохленкова</i>							<i>Кафедра біотехнології</i>		

ВСТУП

Актуальність теми. Упродовж останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до зростання обсягів виробництва та споживання мийних і очисних засобів як у побутовій, так і в промисловій сферах. Широке використання синтетичних мийних засобів зумовлене їх високою ефективністю, доступністю та простотою застосування. Разом з тим, більшість традиційних мийних засобів містять агресивні поверхнево-активні речовини, фосфатні сполуки, хлорвмісні відбілювачі та синтетичні ароматизатори, які характеризуються низькою біодеградабельністю та здатністю накопичуватися у навколишньому середовищі. [1]

Потрапляючи у стічні води, компоненти мийних засобів порушують функціонування природних мікробіоценозів, спричиняють евтрофікацію водойм, негативно впливають на водні організми та погіршують якість питної води. Крім того, регулярний контакт людини з агресивними хімічними сполуками може призводити до розвитку алергічних реакцій, подразнення шкіри та слизових оболонок, а також до порушення нормального мікробіому житлових і виробничих приміщень. У зв'язку з цим актуальною є проблема створення альтернативних мийних засобів, які поєднували б достатню мийну здатність із мінімальним негативним впливом на довкілля та здоров'я людини.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначеної проблеми є впровадження біотехнологічних підходів у виробництво мийних засобів, зокрема використання пробіотичних мікроорганізмів. Пробіотики, представлені непатогенними та біобезпечними штамми мікроорганізмів, здатні до синтезу комплексу гідролітичних ферментів, таких як протеази, ліпази та амілази, що забезпечують ефективну біодеградацію органічних забруднень. На відміну від традиційних хімічних дезінфектантів, пробіотичні мийні засоби не лише видаляють забруднення, але й формують на

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

оброблюваних поверхнях стабільний мікробіоценоз, який пригнічує розвиток патогенної та умовно-патогенної мікрофлори.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють використанню спороутворюючих бактерій роду *Bacillus*, зокрема *Bacillus subtilis*. Ці мікроорганізми характеризуються високою біосинтетичною активністю, здатністю до утворення ендоспор, а також стійкістю до дії фізичних і хімічних факторів зовнішнього середовища. Завдяки спороутворенню бактерії зберігають життєздатність у несприятливих умовах, що є важливою перевагою при використанні їх у складі мийних засобів, особливо у сухій формі.

Порошкові мийні засоби з пробіотиками мають низку технологічних та експлуатаційних переваг. Застосування сухих концентратів пробіотичних спор дозволяє забезпечити тривалий термін зберігання готового продукту без втрати біологічної активності, знизити ризик контамінації та полегшити транспортування і фасування продукції. Крім того, порошкова форма мийного засобу є зручною для комбінування пробіотичних мікроорганізмів з ферментними препаратами, мінеральними наповнювачами та іншими функціональними компонентами, що дозволяє створювати багатокомпонентні композиції з прогнозованими властивостями [1].

Мета роботи: обґрунтування та розробка технологічної схеми виробництва порошкового мийного засобу з пробіотичним компонентом на основі *Bacillus subtilis*.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Провести аналіз літератури щодо біологічних особливостей бактерії *Bacillus subtilis*, її ролі в біодеградації органічних забруднень та позитивного ефекту на екологічну безпеку мийних засобів.
- Провести аналіз метаболітів та біоактивних речовин, що обумовлюють мийну та антимікробну дію бактерії в складі пробіотичних мийних засобів.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

- Обґрунтувати склад живильного середовища та параметри технологічного режиму (температура, рН, аерація), що забезпечують оптимальний ріст біомаси *B. subtilis* та споруутворення в умовах промислового культивування.
- Виконати розрахунок матеріального балансу виробництва, враховуючи витрати сировини та технологічні втрати.
- Скласти біологічну, технологічну та апаратурну (дільниця ферментації) схеми виробництва.
- Визначити критичні точки процесу для забезпечення мікробіологічної чистоти, стабільності споруутворювальних клітин та якості готового мийного засобу.
- Здійснити екологічну оцінку запропонованої технології.

Об'єкт роботи: технологічний процес виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиком, що включає стадії приготування живильного середовища, багатоступеневої ферментації, сепарації, сушіння біомаси *Bacillus subtilis* та приготування порошкової композиції.

Предметом роботи є процес організації виробництва, штам продуцент, технологія, параметри культивування, критичні точки контролю якості.

Методи: аналітичні, креслярські та розрахункові методи.

Практичне значення отриманих результатів: розробка технології для організації промислового випуску порошкового мийного засобу з пробіотиком на основі *Bacillus subtilis* для подальшої адаптації на вітчизняному підприємстві. У роботі обґрунтовано та розраховано матеріальний баланс серії з отриманням 1000 кг готового продукту. Сформовано опис технологічного процесу, технологічна та апаратурна схеми, забезпечуючи стабільність штаму та дозволяючи досягти цільового титру життєздатних спор не менше 10^8 КУО/г. Результати роботи можуть бути використані як практичні рекомендації для розширення асортименту

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.01.00 000 ПЗ					

вітчизняних екологічно безпечних мийних засобів для побутового та промислового застосування, сприяючи зменшенню впливу на навколишнє середовище та покращенню санітарно-гігієнічних умов.

Окремі результати роботи представлені на VI міжнародній науково-практичній конференції «Youth Pharmacy Science» (10-11 грудня 2025 р., м. Харків) та опубліковані в збірці тез (додаток):

Гаврилічева В. С. Перспективність організації виробництва мийного засобу з пробіотиком. Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «YOUTH PHARMACY SCIENCE», 10-11 грудня 2025. – С. 189-190.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальна характеристика пробіотичних мийних засобів

Мийні засоби є невід'ємною частиною повсякденного життя та широко застосовуються у побуті, харчовій промисловості, медицині, фармацевтичному виробництві та інших галузях. Основну функціональну роль у складі традиційних мийних засобів відіграють синтетичні поверхнево-активні речовини, які забезпечують змочування поверхонь, емульгування жирів та видалення забруднень. Однак ефективність таких сполук часто супроводжується низкою негативних наслідків.

Синтетичні поверхнево-активні речовини та допоміжні компоненти мийних засобів характеризуються низькою швидкістю біодеградації, що призводить до їх накопичення у стічних водах та природних водоймах. Потрапляючи у водні екосистеми, вони порушують процеси самоочищення, пригнічують активність природних мікроорганізмів та спричиняють токсичний вплив на водну флору і фауну. Окрему проблему становлять фосфатвмісні добавки, які сприяють евтрофікації водойм та порушенню екологічної рівноваги.

Крім екологічних аспектів, важливим є вплив мийних засобів на здоров'я людини. Тривалий контакт з агресивними хімічними сполуками може викликати подразнення шкіри, алергічні реакції, дерматити, а також негативно впливати на мікробіом житлових приміщень. Надмірне використання дезінфікуючих засобів призводить до знищення не лише патогенних, але й корисних мікроорганізмів, що створює умови для повторного заселення поверхонь стійкою умовно-патогенною мікрофлорою. [14]

У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних підходів до очищення поверхонь, які ґрунтуються не на агресивному знищенні

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

мікроорганізмів, а на формуванні стабільного та безпечного мікробного середовища.

Пробіотичні мікроорганізми є перспективною альтернативою традиційним хімічним компонентам мийних засобів. Традиційно пробіотики розглядалися лише в контексті нутриціології, проте останнім часом вони набули значного інтересу як активні агенти для санітарної обробки поверхонь. Цей підхід базується на використанні природних конкурентних властивостей мікроорганізмів для витіснення патогенів, деградації органічних залишків та формування стабільної корисної мікробіоти на оброблених об'єктах.

На відміну від агресивних хімічних агентів, пробіотичні мийні засоби діють селективно: вони пригнічують життєдіяльність патогенних видів, водночас підтримуючи розвиток корисної мікрофлори. Це сприяє відновленню мікробного балансу приміщень, що є критично важливим для лікарень, харчових підприємств та житлових секторів.

Найбільш перспективними для створення пробіотичних мийних засобів є бактерії роду *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. megaterium*) та молочнокислі бактерії. Найпоширенішими є бактерії роду *Bacillus* - грампозитивні, аеробні або факультативно анаеробні бактерії, здатні до утворення ендоспор. Спороутворення забезпечує високу стійкість бактерій до несприятливих факторів зовнішнього середовища, таких як висока температура, висушування, коливання показника кислотності та дія поверхнево-активних речовин. [9]

Bacillus subtilis є одним із найбільш досліджених представників роду *Bacillus*, що широко використовується у промисловій біотехнології для отримання ферментів, пробіотичних препаратів та біологічно активних добавок. Здатність *Bacillus subtilis* синтезувати протеази, ліпази, амілази та інші ферменти робить його ефективним біологічним агентом для використання у мийних засобах [8]. Ферменти, що продукуються даним мікроорганізмом, забезпечують розщеплення складних органічних сполук до

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.01.00 000 ПЗ				

простіших компонентів, які легко видаляються з поверхонь або піддаються подальшій біодеградації. Також бактерії синтезують корисні метаболіти - бактеріоцини, органічні кислоти та біосурфактанти, що мають пряму антимікробну та очищувальну дію.

Особлива цінність *Bacillus* полягає у їхній здатності до спороутворення. Спори забезпечують стійкість при зберіганні (висока життєздатність у широкому діапазоні рН та температур) та пролонговану дію (після нанесення спори проростають у вегетативні клітини, які продовжують очищувати поверхню протягом тривалого часу).

Крім того, пробіотики ефективно деградують жири та білкові забруднення, а також усувають неприємні запахи на молекулярному рівні, не маскуючи їх, а розщеплюючи джерело виникнення.

На відміну від хімічних дезінфектантів, пробіотичні мийні засоби не призводять до формування резистентних штамів мікроорганізмів та не порушують природний мікробний баланс. Це є особливо важливим у контексті сучасних вимог до біобезпеки та сталого розвитку [6].

Узагальнюючи, ефективність пробіотичних мийних засобів зумовлена комплексом синергетичних механізмів: конкурентним витісненням (боротьба за поживні речовини та адгезивні сайти (місця прикріплення на поверхні), що позбавляє патогени можливості для колонізації), антибіотичною дією (секреція вторинних метаболітів, що пригнічують ріст сторонньої мікрофлори), формуванням захисної біоплівки (створення біологічного бар'єру, що перешкоджає реконтамінації поверхні умовно-патогенними штамми), інгібуванням відчуття кворуму (порушення системи міжклітинної комунікації патогенів, що блокує їхню здатність формувати власні шкідливі біоплівки), ензиматичною деградацією (активне розщеплення складних органічних сполук, що є субстратом для розмноження патогенів). Розглянемо детально кожен з механізмів (табл. 1.1).

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механізми дії пробіотичних мийних засобів санітарії

Механізм	Опис процесу	Переваги	Обмеження
Конкурентне виключення	Швидка колонізація поверхонь пробіотиками, формування стабільних спільнот, що витісняють патогени у боротьбі за нутрієнти та адгезивні сайти.	Забезпечує сталий мікробіологічний баланс; запобігає первинній контамінації та формуванню шкідливих біоплівок.	Ефективність залежить від умов довкілля (вологість, температура) та специфічності обраного штаму.
Синтез антимікробних метаболітів	Продуктування бактеріоцинів (нізин, субтилін), органічних кислот та біосурфактантів, що руйнують мембрани патогенів та знижують рН.	Широкий спектр дії; екологічність; суттєве зниження потреби у синтетичних біоцидах.	Деякі сполуки діють лише на певні види бактерій; необхідна ретельна валідація стабільності готового продукту
Деструкція біоплівок	Секреція протеаз та глікозидаз, що руйнують екзополісахаридний матрикс патогенних біоплівок.	Ефективне видалення стійких контамінантів; запобігання повторному закріпленню мікроорганізмів.	Потребує регулярного нанесення засобу для підтримки постійного рівня ферментативної активності.
Інгібування «відчуття кворуму»	Ферментативна деградація сигнальних молекул, що порушує комунікацію бактерій та блокує синтез факторів вірулентності.	Блокує агресивність патогенів без ризику розвитку резистентності; пригнічує утворення нових біоплівок.	Може мати обмежену ефективність проти патогенів, чий цикл розвитку не залежить від цих систем.
Ензиматична деградація	Гідроліз органічних забруднень (білків, жирів, крохмалю) за допомогою протеаз, ліпаз та амілаз.	Глибоке очищення пористих поверхонь; усунення джерел неприємного запаху та поживного субстрату патогенів.	Активність ензимів чутлива до екстремальних значень рН та високих температур під час обробки.
Фізико-хімічна модуляція	Зміна рН та окисно-відновного потенціалу середовища через метаболічну активність пробіотиків.	Підтримка довгострокової несприятливої для патогенів екосистеми; запобігання росту <i>Salmonella</i> та <i>E. coli</i> .	Залежить від буферної ємності поверхні та наявності залишкової вологи для життєдіяльності бактерій.

Конкурентне витіснення є фундаментальним процесом, за допомогою якого пробіотики домінують над патогенною мікрофлорою у боротьбі за простір, поживні речовини та сайти адгезії. Корисні мікроорганізми швидко колонізують поверхні, формуючи стабільні угруповання, що перешкоджають закріпленню небажаних бактерій.

Цей механізм реалізується через два основні шляхи: трофічної конкуренції та створення біологічного бар'єру. Пробіотики інтенсивно споживають нутрієнти, необхідні для виживання патогенів, що призводить до метаболічного виснаження останніх. Висока здатність пробіотичних штамів до адгезії дозволяє їм формувати захисні біоплівки, які діють як фізична перешкода для контамінації.

Синтез антимікробних сполук. Пробіотичні бактерії продукують широкий спектр метаболітів з інгібуючою дією: бактеріоцини, органічні кислоти - молочна, оцтова та пропіонова, біосурфактанти. До бактеріоцинів відносяться рибосомально синтезовані пептиди (наприклад, нізин від *L. lactis* або субтилін від *B. subtilis*), що порушують цілісність мембран патогенів. Молочна, оцтова та пропіонова кислоти знижують рН середовища, створюючи несприятливі умови для виживання більшості шкідливих бактерій. До біосурфактантів відносяться амфіфільні молекули, що продукуються штаммами *Bacillus*, руйнують мембрани патогенів (зокрема *S. aureus* та *P. aeruginosa*) та перешкоджають первинній адгезії.

Деструкція та запобігання утворенню біоплівок. Патогенні біоплівки, захищені матриксом екзополісахаридів (ЕПС), є вкрай стійкими до традиційної дезінфекції. Пробіотики вирішують цю проблему шляхом ензиматичного розщеплення та біологічного заміщення. Так, ензиматичне розщеплення відбувається через секрецію протеаз та глікозидаз, що руйнує структурну цілісність ЕПС-матриксу, а біологічне розщеплення – через встановлення власних «корисних» біоплівок, які витісняють шкідливі бактерії та запобігають рецидивам контамінації.

Інгібування «відчуття кворуму». Система «відчуття кворуму» регулює вірулентність та резистентність патогенів. Пробіотики (зокрема *Bacillus* та *Lactobacillus*) продукують лактонази та ацилази, які гідролізують сигнальні молекули, перериваючи комунікацію між бактеріями. Це призводить до блокування синтезу токсинів та пригнічення факторів вірулентності у таких збудників, як *E. coli* та *P. aeruginosa*.

Ензиматична деградація органічних забруднень. Гідролітичні ферменти пробіотиків забезпечують глибоке очищення поверхонь. Зокрема, протеази розщеплюють білкові забруднення, алергени та залишки бактеріальних клітин, ліпази ефективно видаляють жирові нальоти, що особливо актуально для харчових виробництв, амілази гідролізують крохмалісті залишки, усуваючи живильне середовище для патогенів.

Крім цього, важливим є здатність пробіотиків до модуляції фізико-хімічних параметрів середовища. Пробіотики активно змінюють характеристики біотопу через зміну рН та корекцію окисно-відновного потенціалу. Зниження показника рН через накопичення органічних кислот інгібує ріст нейтрально- та лужнолюбних патогенів (*Salmonella spp.*), а зміна редокс-стану середовища пригнічує метаболічну активність анаеробних патогенів.

Приклади успішно комерціалізованих пробіотичних мийних засобів наведено у табл. 1.2.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Комерційно доступні пробіотичні мийні засоби

Назва продукту	Сфера застосування	Активні пробіотичні штами	Статус безпеки (GRAS: FDA або QPS: EFSA)	Концентрація / Склад	Виробник
HEIQ Probiotic cleaners	Загальне очищення поверхонь, очищення води, повітря, контроль алергенів.	<i>B. subtilis</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>B. polymyxa</i>	GRAS та QPS	$5 \times 10^7 - 5 \times 10^9$ КУО/мл	HEIQ, Великобританія
EM-1 Microbial inoculant	Обробка акваріумів та рибних ставків.	<i>Rhodopseudomonas palustris</i> , фототрофні та молочнокислі бактерії, дріжджі.	GRAS та QPS (тільки для МКБ та дріжджів)	Не вказано	TeraGanix, Inc., Японія
Enz-Odor® (4, 4-2XFF), Nu-Bind-1	Засоби для контролю запаху.	Спороутворювальні види <i>Bacillus</i> з консервантами.	GRAS	2×10^9 КУО/г	Alken Murray Corp, США
Clear-Flo (лінійка продуктів)	Очищення поверхонь.	Штами <i>Bacillus subtilis</i> .	GRAS та QPS	Різні концентрації	Alken Murray Corp, США
Household Cleaners	Побутове прибирання.	<i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. lactis</i> , <i>S. boulardii</i> , <i>S. cerevisiae</i> та ін.	GRAS та QPS	Не вказано	Miessence Certified Organics, Австралія
CLR PRO® Commercial Probiotic Cleaner	Багатофункціональне очищення.	Ферменти бактерій роду <i>Bacillus</i> .	Не має статусу GRAS/QPS	Не вказано	My Safe Spray (Holding) Ltd., США
EM-1 Septic treatment	Добавки для усунення запахів.	<i>L. plantarum</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>S. cerevisiae</i> .	GRAS та QPS	10^6 КУО/мл	TeraGanix, Inc., Японія

1.2 Вимоги до пробіотичних мийних засобів

У США та Європі однією з вимог до комерціалізації пробіотичних штамів у складі продуктів є сертифікація GRAS (Generally Recognized as Safe) або QPS (Qualified Presumption of Safety). Ці терміни визначають рівень доведеної безпеки мікроорганізмів, які використовуються у промисловості.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.01.00 000 ПЗ	13

GRAS (Generally Recognized as Safe – загально визнаний як безпечний) - це регламент FDA (Food and Drug Administration – Управління з продовольства і медикаментів США). Статус надається речовині або штаму, якщо наукові дані та тривалий досвід використання підтверджують, що вони не становлять загрози при споживанні або контакті. Для пробіотиків це означає, що штам не є патогенним і не виробляє токсинів. QPS (Qualified Presumption of Safety – кваліфікована презумпція безпеки) – аналог від EFSA (European Food Safety Authority – Європейське агентство з безпеки харчових продуктів). Це список біологічних агентів, які вважаються безпечними для використання в ЄС. Якщо штам входить до списку QPS, він не потребує додаткових тривалих випробувань на токсичність кожного разу при реєстрації продукту.

Використання штамів зі статусом GRAS/QPS у виробництві пробіотичних продуктів забезпечує безпеку персоналу (пробіотики у виробничих цехах будуть перебувати у повітрі у вигляді аерозолів, статус гарантує, що вони не викликають інфекцій у працівників), безпеку споживача: (мийні засоби контактують зі шкірою та поверхнями, де готується їжа), спрощення сертифікації (використання перевірених штамів, наприклад, *Bacillus subtilis*, значно прискорює отримання дозволів від органів санітарного нагляду).

Окрім безпеки, пробіотичні штами для мийних засобів повинні відповідати наступним критеріям:

1. Генетична стабільність- штам не повинен мутувати під час виробництва або зберігання.
2. Відсутність антибіотикорезистентності- штам не повинен містити переносних генів стійкості до антибіотиків, щоб не передавати їх патогенам.
3. Здатність до адгезії та колонізації- пробіотик має «закріплюватися» на поверхні для формування захисної плівки.
4. Стійкість до ПАР (поверхнево-активних речовин)- оскільки це мийний засіб, бактерії не повинні гинути під дією хімічної основи продукту.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

В Україні регулювання таких засобів базується на загальних санітарних нормах для побутової хімії та специфічних вимогах до біологічних агентів. Реалізація проекту з виробництва подібної продукції на території України потребує дотримання комплексу нормативних актів, що регулюють галузь побутової хімії та біобезпеки. Згідно з Технічним регламентом мийних засобів, розроблений продукт повинен відповідати вимогам щодо рівня біологічного розкладу ПАР та специфікаціям маркування. Важливим етапом є проходження Державної санітарно-епідеміологічної експертизи для отримання відповідного Висновку СЕС. Для цього виробник має надати паспорт безпеки на мікробні штами, що підтверджує їх належність до IV групи патогенності (найменш небезпечні мікроорганізми). Оскільки пробіотичні мийні засоби є інноваційною продукцією, що не має вузькоспеціалізованих ДСТУ, необхідно є розробка та реєстрація Технічних умов (ТУ). У цьому документі повинно регламентуватися кількісні показники вмісту пробіотиків (норми КУО на 1 мл засобу) та методи їх контролю. Додатково, відповідно до Закону України «Про державну систему біобезпеки...», особлива увага приділяється походженню штамів, перевага надається немодифікованим мікроорганізмам. У випадку використання продуктів генної інженерії, технологія потребує додаткового ліцензування та оцінки ризиків у встановленому законодавством порядку.

1.3 Форми випуску пробіотичних мийних засобів

Для організації виробництва нового пробіотичного продукту вибір форми є важливим, оскільки він визначає склад технологічної лінії, капітальні витрати на обладнання та термін придатності продукту.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Пробіотичні мийні засоби випускаються у трьох основних формах (табл. 1.3). Форма випуску мийного засобу відіграє важливу роль у збереженні активності пробіотичних мікроорганізмів.

Таблиця 1.3

Характеристика форм випуску пробіотичних мийних засобів

Критерій порівняння	Порошкова форма	Рідкий концентрат	Спрей	Аерозольна форма
Стабільність спор	Максимальна. Відсутність вільної вологи виключає передчасну активацію.	Середня. Залежить від стабільності рН та активності ПАР у розчині.	Низька. Високий ризик деактивації при тривалому зберіганні в розведеному стані.	Середня. Спори захищені від кисню, але вразливі до хімічного складу пропеленту.
Термін придатності	24–36 місяців.	12–18 місяців.	6–12 місяців.	12–24 місяці
Складність виробництва	Середня. Потребує дільниць просіювання, сухого змішування та знепилення.	Низька. Процеси змішування рідких фаз у реакторах.	Низька. Розведення концентрату та фасування.	Висока. Потребує спеціальних ліній заправки пропелентом та контролю тиску.
Логістичні витрати	Мінімальні. Відсутність води знижує вагу та об'єм.	Високі. Перевезення значних обсягів рідини.	Високі. Велика вага готового продукту.	Середні. Необхідність дотримання правил перевезення вибухонебезпечних вантажів.
Мийна здатність	Потребує активації (розчинення). Глибоке очищення.	Миттєва дія. Зручно для сильних забруднень.	Зручно для швидкого локального очищення.	Низька мийна дія; основна функція - біоконтроль повітря.
Екологічність	Висока. Можливість паперового пакування, мінімум пластику.	Середня. Значне споживання пластикової тари.	Низька. Використання складних дозуючих пристроїв.	Мінімальна. Наявність газів-витискувачів та металевої тари.
Точність дозування	Залежить від споживача (мірні ложки).	Залежить від споживача (ковпачки).	Висока (фіксований об'єм за одне натискання).	Висока (час розпилення).

1. Рідкі концентрати та готові розчини. Найпоширеніша форма, в якій спори пробіотиків знаходяться у зваженому стані в розчині ПАР та стабілізаторів. До переваг цієї форми випуску відносяться: зручність для споживача (можливість використання через розпилювачі); легкість дозування та змішування з водою; можливість введення додаткових ензимів для миттєвого очищення. Із недоліків можна виділити наступні: ризик передчасного проростання спор при порушенні рН або температурного режиму; необхідність використання специфічних консервантів, що не пригнічують пробіотики; вищі витрати на логістику через необхідність перевезення засобу більшого об'єму.

2. Спреї-концентрати (аерозольні форми). Окремий сегмент для очищення повітря та важкодоступних поверхонь. Із переваг виділемо високу ефективність у боротьбі з алергенами та запахами в повітрі та економне використання. До недоліків відносяться складність стабілізації спор під тиском (для аерозолів) та вимоги до дрібнодисперсного розпилення. Також слід врахувати, що виробництво аерозолів потребує сертифікованого обладнання для роботи з газами під тиском (вибухонебезпечне виробництво), що значно здорожчує капітальні інвестиції.

3. Порошкоподібні та гранульовані засоби. Пробіотики змішуються з сухими компонентами (сода, солі, сухі ПАР) у формі порошку або пресованих таблеток.

Основною перевагою є можливість використання сухих концентратів пробіотичних спор, що забезпечує високу стабільність біологічного компонента протягом тривалого терміну зберігання та не потребує додавання консервантів. У рідких середовищах існує ризик активізації спор через зміну рН або появу поживних речовин. У сухому порошку активність води мінімальна, що гарантує стабільність титру КУО протягом 2–3 років. Порошкові форми значно легше переносять цикли заморожування та

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

162.01.01.00 000 ПЗ

розморожування під час транспортування та зберігання на неопалюваних складах, що є критичним для логістики в Україні.

Суха форма дозволяє знизити ризик мікробіологічної контамінації, спростити процес транспортування та зберігання, а також забезпечити точне дозування пробіотичного компонента. Крім того, порошкові мийні засоби легко комбінуються з мінеральними наповнювачами, ферментними препаратами та іншими функціональними добавками без втрати їх активності.

З технологічної точки зору, порошкова форма є зручною для організації виробництва, оскільки дозволяє чітко розділити стадії культивування пробіотичного мікроорганізму, стабілізації біомаси та приготування кінцевої мийної композиції.

Також слід відмітити те, що порошкові засоби ідеально вписуються в сучасну екологічну парадигму через відсутність консервантів та мінімальне пакування. Мінімальне пакування: Порошок можна фасувати в екологічне паперове пакування або переробний картон, уникаючи великої кількості пластикової тари.

Таким чином, встановлено, що широке застосування синтетичних ПАР та агресивних дезінфектантів призводить до значного екологічного навантаження на водні екосистеми, викликає алергічні реакції у споживачів та сприяє формуванню резистентних штамів патогенної мікрофлори. Це підтверджує актуальність переходу до біотехнологічних методів очищення.

Доведено, що використання пробіотичних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Bacillus*, дозволяє реалізувати механізм конкурентного виключення патогенів. Синергія таких процесів, як антибіоз, деструкція біоплівки, інгібування «відчуття кворуму» та ензиматична деградація органіки, забезпечує пролонгований гігієнічний ефект та відновлення природного мікробного балансу приміщень.

Бактерії виду *Bacillus subtilis* визначено як найбільш перспективні

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

об'єкти для створення мийних композицій завдяки їхній здатності до спороутворення, високій ферментативній активності (синтез протеаз, ліпаз, амілаз) та підтверженому міжнародному статусу безпеки (GRAS та QPS). Це гарантує стабільність продукту при зберіганні та безпеку для персоналу і споживачів.

Визначено, що для успішної реалізації пробіотичних засобів на ринку України необхідно забезпечити генетичну стабільність штамів, відсутність антибіотикорезистентності та сумісність мікроорганізмів із хімічною основою засобу. Встановлено необхідність розробки власних Технічних умов (ТУ) через відсутність вузькоспеціалізованих національних стандартів для даної інноваційної групи товарів.

Шляхом порівняльного аналізу різних форм випуску (рідких, порошкових, спреїв та аерозолів) доведено переваги порошкової форми. Встановлено, що відсутність вільної вологи в сухих сумішах забезпечує максимальну стабільність спор (термін придатності до 36 місяців), дозволяє відмовитися від синтетичних консервантів, мінімізує логістичні витрати та відповідає сучасним екологічним вимогам щодо зменшення використання пластикової тари.

Таким чином, розробка та організація виробництва пробіотичного мийного засобу у порошковій формі на основі бактерій роду *Bacillus* є обґрунтованим та перспективним напрямком, що дозволяє поєднати високу очищувальну здатність із вимогами екологічної безпеки та економічної ефективності.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОГО ПРОДУКТУ, СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ, НАПІВПРОДУКТІВ

2.1 Характеристика готового продукту

Готовий продукт – сухий порошковий мийний засіб з пробіотичним компонентом, який містить життєздатні спори *Bacillus subtilis* та призначений для очищення твердих побутових поверхонь і підтримання санітарно-гігієнічного стану приміщень.

Товарна форма:

Продукт випускається у вигляді сипучого однорідного порошку світло-білого або світло-сірого кольору, без грудок і сторонніх включень.

Порошок легко розчиняється у воді, не злежується при дотриманні умов зберігання та зберігає біологічну активність пробіотичного компонента.

Призначення продукту:

Мийний засіб використовується для:

- очищення підлоги, плитки, сантехніки, кухонних та санітарних поверхонь;
- усунення органічних забруднень;
- зменшення кількості патогенної мікрофлори на поверхнях;
- профілактики появи неприємних запахів за рахунок активності спороутворюючих бактерій.

Біологічно активний компонент:

Основним активним компонентом є сухий концентрат спор *Bacillus subtilis*, отриманий шляхом культивування, індукції спороутворення та подальшого сушіння.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Спори *Bacillus subtilis*:

- продукують ферменти (протеази, амілази, ліпази), які руйнують органічні забруднення;
- мають антагоністичну активність до патогенної мікрофлори;
- сприяють біологічній санації поверхонь після миття;
- зберігають стабільність у сухому середовищі та при кімнатній температурі.

Склад пробіотичного мийного засобу (обґрунтування допоміжних компонентів наведено у розділі 2.2):

Компонент	Масова частка, %	Функціональне призначення
Спори <i>Bacillus subtilis</i>	1,0 – 2,0	Активний пробіотичний компонент (на кінець терміну придатності не менше ніж 10^8 КУО/г)
Карбонат натрію (сода кальцинована)	35,0 – 40,0	Лужний агент, наповнювач
Сульфат натрію	25,0 – 30,0	Нейтральний наповнювач, носій
Кокосульфат натрію	10,0 – 15,0	Суха аніонна ПАР рослинного походження
Цитрат натрію	5,0 – 8,0	Хелатуючий агент (комплексоутворювач)
Гідрокарбонат натрію (сода харчова)	5,0 – 7,0	Буферний компонент, регулятор рН
Діоксид кремнію (аеросил)	1,0 – 2,0	Адсорбент вологи, антизлежувач
Ензимний комплекс (протеаза, амілаза)	0,5 – 1,0	Попереднє розщеплення органіки

Органолептичні властивості

Зовнішній вигляд: сипучий порошок;

Колір: білий або світло-сірий;

Запах: слабкий, нейтральний;

Смак: не визначається (не для харчового використання).

Фізико-хімічні показники:

Показник	Норма
Масова частка вологи	$\leq 5 \%$
pH 1% водного розчину	7,0 – 9,0
Сипучість	не злежується
Розчинність у воді	повна

Мікробіологічні показники:

Показник	Норма
Кількість життєздатних спор <i>Bacillus subtilis</i>	$\geq 1 \times 10^9$ КУО/г
Патогенні мікроорганізми	відсутні

Пакування:

Продукт фасується у пакети масою 0,5 кг або 1 кг, які забезпечують захист від вологи.

Умови зберігання:

Зберігати у сухому приміщенні при температурі від 5 до 25 °C та відносній вологості повітря не більше 70 %.

Термін придатності:

Термін придатності продукту становить 24 місяці за дотримання умов зберігання.

Через відсутність вузькоспеціалізованих національних стандартів для даної інноваційної групи товарів встановлено необхідність розробки власних Технічних умов (ТУ).

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

ПРОЄКТ ТЕХНІЧНИХ УМОВ (ТУ)

ЗАСІБ МИЙНИЙ ПРОБІОТИЧНИЙ ПОРОШКОПОДІБНИЙ

(Можливий код ДКПП (Державний класифікатор продукції та послуг):

20.41.32 - Засоби мийні та засоби для чищення)

1. Сфера застосування

Ці технічні умови поширюються на засіб мийний пробіотичний порошкоподібний (далі за текстом - засіб), призначений для санітарно-гігієнічної обробки, глибокого біологічного очищення твердих поверхонь (підлога, стіни, обладнання) та мікробіологічної стабілізації середовища в приміщеннях загального призначення, закладах охорони здоров'я, підприємствах харчової промисловості та в побуті.

2. Технічні вимоги

Засіб повинен відповідати вимогам цих ТУ та виготовлятися за технологічним регламентом, затвердженим у встановленому порядку.

2.1. Органолептичні та фізико-хімічні показники

Найменування показника	Характеристика та норма
Зовнішній вигляд	Однорідний дрібнодисперсний порошок
Колір	Білий або з легким кремовим відтінком
Запах	Специфічний (залежно від віддушки) або нейтральний
Водневий показник (рН) 1% розчину	7,5 – 9,0
Мийна здатність, %, не менше	85,0
Масова частка вологи, %, не більше	5,0 (критично для стабільності спор)
Сипкість	Порошок повинен бути вільноплинним, без грудок

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.2. Мікробіологічні показники

Склад активної мікрофлори: Спори бактерій роду *Bacillus* (*B. subtilis*).

Концентрація життєздатних спор (титр): Не менше $1,0 \times 10^8$ КУО/г.

Чистота культури: Відсутність сторонніх мікроорганізмів (патогенних *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*).

3. Вимоги безпеки та охорони довкілля

Засіб за ступенем впливу на організм належить до IV класу малонебезпечних речовин відповідно до Гігієнічної класифікації небезпечних речовин (за токсиколого-гігієнічними показниками), критеріями Глобально гармонізованої системи класифікації та маркування хімічних речовин та вимог Технічного регламенту мийних засобів. Штами-продуценти, що входять до складу засобу, за класифікацією ВООЗ та національними нормами (ДСП 9.9.5.035-99) належать до IV групи патогенності (біологічні агенти з низьким індивідуальним та суспільним ризиком).

Штами мікроорганізмів повинні належати до IV групи патогенності та мати статус GRAS/QPS.

Поверхнево-активні речовини, що входять до складу, повинні мати рівень повного аеробного біологічного розкладу не менше 60% (згідно з Технічним регламентом мийних засобів).

Токсикологічна безпека. Засіб не повинен чинити сенсibilізуючої, мутагенної та тератогенної дії (це підтверджується статусом штамів GRAS/QPS).

Дерматологічна безпека. Робочі розчини засобу (1-2%) за показниками гострої токсичності при нанесенні на шкіру належать до IV класу небезпеки.

Інгаляційна безпека. Оскільки продукт порошкоподібний, вміст пилової фракції повинен бути мінімізованим, а ГДК (гранично допустима концентрація) пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 6 мг/м³.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

4. Склад

Засіб виготовляється на базі наступних інгредієнтів:

- Карбонат натрію (сода кальцинована);
- Кокосульфат натрію;
- Цитрат натрію;
- Біомаса спороутворювальних бактерій роду *Bacillus*;
- Мультиензимний комплекс (протеаза, амілаза);
- Антизлежувач (діоксид кремнію).

5. Правила приймання та методи контролю

Приймання. Здійснюється партіями. Кожна партія супроводжується паспортом якості.

Визначення КУО. Підрахунок проводиться методом серійних розведень з подальшим висівом на агаризоване поживне середовище (МПА) та інкубацією при 37 °С протягом 48 год.

Перевірка стабільності. Контроль титру спор після примусового старіння (зберігання при підвищеній температурі).

6. Транспортування та зберігання

Засіб зберігають у критичних складських приміщеннях при температурі від -20 °С до +35 °С та відносній вологості повітря не більше 75%.

Уникати прямого сонячного проміння та контакту з вологою.

Гарантійний термін зберігання 24 місяці з дати виготовлення.

7. Вказівки щодо застосування

Для приготування робочого розчину засіб розчинити у теплій воді (оптимально 35–45 °С) з розрахунку 10–20 г на 5 л води. Залишити на 5–10 хв для активації спор перед початком прибирання.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.2 Характеристика сировини

Для виробництва порошкового мийного засобу з пробіотичним компонентом використовується комплекс основної та допоміжної сировини, яка відповідає вимогам чинних нормативних документів та забезпечує стабільність технологічного процесу і якість готового продукту. Сировину для отримання пробіотичного мийного засобу розділимо на дві групи: компоненти біотехнологічного етапу (ферментація) та компоненти технологічного етапу (формування порошку). Оскільки організація виробництва пропонується на вітчизняному підприємстві, наприклад на базі «Enzym Biotech», яке має багаторічний досвід у отриманні продуктів мікробного синтезу, вимоги до сировини мають відповідати стандартам ISO 9001 та GMP.

Основною біологічною сировиною є пробіотичний компонент – спори *Bacillus subtilis*, отримані у результаті мікробіологічного культивування, концентрування та сушіння біомаси. Концентрат характеризується високою стабільністю, термостійкістю та збереженням життєздатності спор у сухому середовищі, що дозволяє використовувати його у складі порошкових мийних засобів без втрати функціональних властивостей.

До допоміжної сировини технологічного етапу, що необхідні для отримання готової форми продукту, належать поверхнево-активні речовини (ПАР), які забезпечують мийні властивості продукту, наповнювачі, що формують фізичну структуру порошку, комплексоутворювачі, які пом'якшують воду та підвищують ефективність очищення. Для запобігання злежуванню порошку використовуються антизлежувачі, що забезпечують сипучість та зручність застосування продукту.

Поверхнево-активні речовини є основними компонентами, що забезпечують мийну дію продукту. Їх функція полягає у зниженні поверхневого натягу води, змочуванні поверхні та емульгуванні забруднень.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

У складі порошкового мийного засобу з пробіотиками поверхнево-активні речовини виконують допоміжну роль, оскільки основний акцент робиться на біологічному механізмі очищення.

Для пробіотичних мийних засобів доцільно використовувати поверхнево-активні речовини з м'якою дією, які не чинять агресивного впливу на клітинні структури мікроорганізмів. Надмірно активні або бактерицидні сполуки можуть пригнічувати життєздатність пробіотиків та знижувати ефективність біологічного компонента.

Важливим аспектом є також сумісність поверхнево-активних речовин з іншими компонентами мийної композиції. Вони повинні рівномірно розподілятися у порошковій суміші та не викликати агрегації або руйнування пробіотичних спор у процесі зберігання.

Вибір поверхнево-активних речовин (ПАР) для пробіотичного мийного засобу є найскладнішим технологічним завданням. Оскільки ПАР за своєю природою мають руйнівну дію на біологічні мембрани, вони можуть пошкодити клітини пробіотиків або перешкоджати проростанню спор.

Для забезпечення життєздатності бацил (зокрема роду *Bacillus*) у рецептурі варто дотримуватися наступних рекомендацій:

1. Неіоногенні ПАР є найкращим вибором для пробіотичних продуктів. Вони мають низьку токсичність для мікроорганізмів, оскільки не мають електричного заряду, який міг би взаємодіяти з зарядженими компонентами клітинної стінки бактерій. Серед неіоногенних ПАР, доцільно розглянути речовини серед таких груп речовин:

Алкілполіглікозиди, наприклад, децил глюкозид, коко глюкозид, що є «золотим стандартом» для еко-засобів. Вони виробляються з рослинної сировини (цукор та олія), повністю біорозкладні та мають м'яку дію на спори бацил;

Етоксильовані спирти мають гарну мийну здатність і зазвичай не інгібують проростання спор у низьких концентраціях.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2. Аніонні ПАР слід використовувати обережне у складі пробіотичних продуктів. Аніонні ПАР часто агресивні до мікробних клітин. Однак у спороподібному стані бацили захищені щільною оболонкою, тому деякі аніонні ПАР допустимі, наприклад:

Натрію лауретсульфат менш агресивний, ніж натрію лаурилсульфат. У концентраціях до 5-7% зазвичай не критичний для спор бацил;

Сульфосукцинати дуже м'які ПАР, які часто використовуються в дитячій косметиці. Вони практично не впливають на метаболізм пробіотиків.

3. У складі пробіотичних продуктів варто уникати використання катіонних ПАР, зокрема четвертинних амонієвих сполук (ЧАС) (вони знищують пробіотики так само ефективно, як і патогени) та агресивні аніонні ПАР, наприклад натрію лаурилсульфат у високих концентраціях (можуть денатурувати білки оболонок навіть у спор).

Для ефективності засобу та збереження життєздатності при виборі ПАР також слід врахувати наступні фактори: значення гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ, використання ПАР з високим ГЛБ сприяє кращій дисперсії спор у розчині), концентрація міцелоутворення (важливо, щоб робоча концентрація ПАР була достатньою для миття, але не створювала надлишкового осмотичного тиску на клітини), значення рН (оптимальний діапазон для сумісності ПАР і бацил – 6,5–8,5, сильноокисле або сильнолужне середовище посилює токсичність навіть м'яких ПАР).

Таким чином, як ПАР, що необхідні для зниження поверхневого натягу та змочування забруднень, обираємо м'які ПАР у сухій формі. Вибір саме цих речовин зумовлений їхньою меншою агресивністю до оболонок спор порівняно з жорсткими аніонними ПАР.

Мінеральні наповнювачі є обов'язковими компонентами порошкових мийних засобів і виконують низку важливих технологічних та експлуатаційних функцій. У складі мийних композицій наповнювачі забезпечують необхідний об'єм продукту, покращують сипучість порошку,

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

запобігають злежуванню та сприяють рівномірному розподілу активних компонентів, зокрема пробіотичних мікроорганізмів.

Найбільш поширеними мінеральними наповнювачами є карбонати, сульфати та силікати лужних і лужноземельних металів. Дані сполуки характеризуються хімічною інертністю, низькою токсичністю та високою стабільністю у сухому стані. Використання мінеральних наповнювачів дозволяє знизити концентрацію поверхнево-активних речовин у готовому продукті без втрати мийної здатності, що є важливим з точки зору екологічної безпеки.

При виборі мінеральних наповнювачів особливу увагу приділяють їх дисперсності та вологості. Надмірна вологість наповнювачів може негативно впливати на життєздатність пробіотичних спор, а також сприяти злежуванню порошкової композиції. Тому перед використанням наповнювачі за необхідності піддають сушінню та просіюванню.

Ферментні препарати широко застосовуються у сучасних мийних засобах для підвищення ефективності видалення органічних забруднень. У складі порошкового мийного засобу з пробіотиками ферменти виконують роль каталізаторів біохімічних реакцій, що відбуваються під час очищення поверхонь.

Найбільш поширеними є протеази та ліпази, які забезпечують розщеплення білкових та жирових забруднень відповідно. Їх використання дозволяє знизити потребу у високих концентраціях поверхнево-активних речовин та підвищити екологічність продукту.

При використанні ферментів у складі пробіотичних мийних засобів важливо враховувати умови їх стабільності. Ферменти повинні зберігати активність у сухому стані та не інактивуватися у присутності пробіотичних мікроорганізмів. Тому ферментні препарати вводять у склад порошкової композиції у стабілізованій формі.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Допоміжні добавки є важливою складовою порошкового мийного засобу, оскільки вони забезпечують стабільність фізичних властивостей продукту протягом усього терміну зберігання. До таких добавок належать антизлежувачі, стабілізатори та регулятори вологості. [24]

Антизлежувачі запобігають агрегації частинок порошку та зберігають його сипучість. Це особливо важливо для пробіотичних мийних засобів, оскільки злежування може призводити до нерівномірного розподілу біологічного компонента та зниження ефективності продукту.

Стабілізатори застосовуються для збереження активності пробіотичних мікроорганізмів та ферментів. Вони захищають клітинні структури від негативного впливу зовнішніх факторів, таких як коливання температури та вологості. Вибір стабілізаторів здійснюється з урахуванням їх сумісності з біологічним агентом та вимог біобезпеки.

Ефективність порошкового мийного засобу з пробіотиками визначається не лише властивостями окремих компонентів, але й характером їх взаємодії у складі композиції. Важливою умовою є відсутність антагоністичної дії між пробіотичними мікроорганізмами та хімічними компонентами мийного засобу.

Мінеральні наповнювачі виконують роль інертного середовища, яке забезпечує фізичний захист пробіотичних спор. Поверхнево-активні речовини сприяють видаленню забруднень, створюючи умови для подальшої біодеградації органічних залишків. Ферменти та пробіотичні мікроорганізми доповнюють дію один одного, забезпечуючи комплексний ефект очищення.

Таким чином, правильно підібраний склад порошкового мийного засобу дозволяє досягти оптимального балансу між ефективністю, стабільністю та екологічною безпекою продукту, як допоміжні речовини у складі пробіотичного мийного засобу пропонуються наступні:

Наповнювачі та сорбенти (карбонат натрію, сульфат натрію) забезпечують сипкість порошку, запобігають злежуванню та виступають

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

«носієм» для спор. Карбонат натрію (сода) також створює слабколужне середовище, яке сприяє емульгуванню жирів.

Хелатуючі агенти, пом'якшувачі води (цитрат натрію) зв'язують іони жорсткості (Ca^{2+} , Mg^{2+}), що перешкоджає інактивації ПАР та сприяє швидшому проростанню спор бацил у робочому розчині.

Стабілізатори та активатори (гідрокарбонат натрію) забезпечують буферність розчину, підтримуючи рН у діапазоні 7,5–8,5, що є оптимальним для життєдіяльності *Bacillus subtilis*.

Антизлежувачі (діатоміт або діоксид кремнію) поглинають залишкову вологу, підтримуючи низький показник активності води, що є критичним для тривалого зберігання пробіотиків.

Остаточний склад засобу наведено у розділі 2.1. Технологічними перевагами даного складу є:

Синергія очищення – ензими починають діяти миттєво після розчинення, розщеплюючи складні плями, а пробіотики забезпечують тривалий захист протягом наступних 24–72 год.

Біологічна стабільність - використання цитрату та гідрокарбонату натрію нівелює негативний вплив жорсткої водопровідної води на мікробні клітини.

Висока концентрація - завдяки відсутності рідкої фази, титр пробіотиків у 1 грамі порошку значно вищий, ніж у 1 мл рідкого засобу, що дозволяє зменшити норми витрат.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Вимоги до технологічної допоміжної сировини наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристика допоміжної сировини пробіотичного мийного засобу

Сировина	Нормативний документ	Вимоги
Карбонат натрію (сода кальцинована)	ДСТУ ГОСТ 5100, SO 684; Regulation (EC) No 1907/2006	Масова частка основної речовини не менше 99,5%. Відсутність механічних домішок. Вміст заліза менше 0,003 %.
Сульфат натрію	Специфікація виробника, ISO 3237; EN 12898	Висока розчинність. Масова частка нерозчинного залишку менше 0,05 %
Кокосульфат натрію	Специфікація виробника, Regulation (EC) No 648/2004 (Detergents)	Порошок або голки білого кольору. Біорозкладність >60% (OECD 301). Вміст активної речовини більше 90 %.
Цитрат натрію	ДСТУ ГОСТ 22280, Regulation (EU) No 231/2012 (Харчова чистота)	Білий кристалічний порошок. Масова частка більше 99,0 %. Вміст вологи <5%.
Гідрокарбонат натрію (харчова сода)	Специфікація виробника, ISO 2199; FCC (Food Chemicals Codex)	Стабільна гранулометрія. Відсутність запаху.
Діоксид кремнію	ДСТУ ГОСТ 14922, ISO 18451; EN ISO 787	Висока адсорбційна здатність. Тонкодисперсність (аеросил). Питома поверхня 150–300 м ² /г.
Ензимний комплекс (протеаза, амілаза)	Специфікація Enzyme	Ферментативна активність (од/г) згідно з ТУ. Стабільність у сухому стані.

До допоміжної сировини, що необхідна для біотехнологічного етапу, у даній роботі відносяться також поживні середовища для культивування *Bacillus subtilis* (зокрема Триптиказо-соєвий бульйон, ТСБ), вода, що відповідає вимогам до води для технологічних процесів, а також матеріали для

санітарної обробки обладнання. Вся сировина підлягає вхідному контролю за показниками якості, безпечності та відповідності специфікаціям.

Використання зазначеної сировини у встановлених кількостях і з дотриманням технологічних режимів забезпечує отримання стабільного за складом та властивостями порошкового мийного засобу з пробіотичним ефектом.

Поживне середовище Триптиказо-соєвий бульйон, ТСБ - універсальне середовище забезпечує швидкий ріст вегетативних клітин *Bacillus subtilis* та високий вихід біомаси.

Склад середовища ТСБ (на 1 л очищеної води):

- Панкреатичний гідролізат казеїну: 17,0 г (джерело азоту та амінокислот).
- Папаїновий гідролізат соєвого борошна: 3,0 г (джерело вітамінів та вуглеводів).
- Натрію хлорид (NaCl): 5,0 г (підтримка осмотичного балансу).
- Дикалій гідрофосфат (K₂HPO₄): 2,5 г (буферний агент для стабілізації рН).
- Глюкоза: 2,5 г (основне джерело енергії).

Середовище повинно відповідати наступним вимогам:

1. Стерильність. Середовище має витримувати автоклавування при 121°C протягом 15 хв без випадання осаду.
2. Показник рН 7,3 при температурі 25°C\$.
3. Ростові властивості. Повинно забезпечувати візуально помітний ріст *B. subtilis* протягом 18–24 год інкубації.

На «Enzym Biotech» вода для приготування поживних середовищ та розведення концентратів повинна відповідати вимогам до води для фармацевтичного/біотехнологічного виробництва:

1. Мікробіологічна чистота: Відсутність патогенів, загальне мікробне число (ЗМЧ) < 100 КУО/мл.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2. Хімічна чистота: Жорсткість не більше 0,7 ммоль/дм³ (для запобігання інактивації ПАР).

3. Електропровідність: < 5 мкСм/см (для підготовки середовищ).

Речовини для санітарної обробки обладнання використовуються для миття ферментерів та змішувачів між циклами:

1. Лужні агенти. Розчин 1-2% NaOH для деградації білкових залишків.

2. Кислотні агенти. Розчин 0,5-1% HNO₃ для видалення мінеральних відкладень.

3. Дезінфектанти. 3-6% розчин пероксид водню для фінальної стерилізації поверхонь (не залишає токсичних слідів, що важливо для пробіотиків).

Кожна партія сировини на підприємстві проходить три етапи перевірки:

1. Документальний: Перевірка сертифікатів аналізу, паспортів безпеки та термінів придатності.

2. Органолептичний: Перевірка кольору, запаху та відсутності грудкування (для порошоків).

3. Фізико-хімічний: Визначення рН, вологості та розчинності у власній лабораторії відділу контролю якості (ВКЯ).

2.3 Характеристика біологічного агента

Біологічним агентом у даній роботі обрано мікроорганізм *Bacillus subtilis*, який є грампозитивною спороутворюючою бактерією з високою біосинтетичною активністю. Даний мікроорганізм широко використовується у промисловій біотехнології завдяки своїй безпечності, стабільності та здатності до синтезу гідролітичних ферментів.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

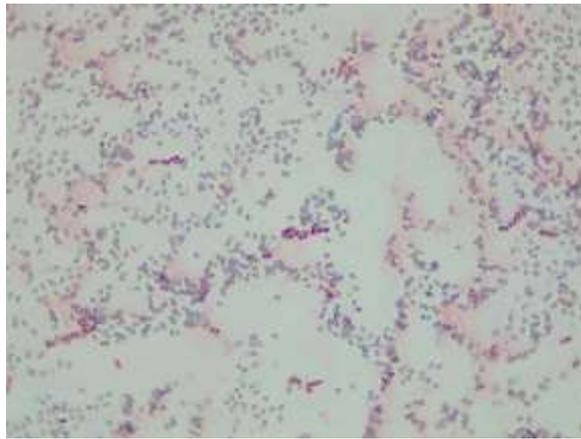


Рис.2.1- *Bacillus subtilis* (світлова мікроскопія)

Bacillus subtilis характеризується здатністю до росту в широкому діапазоні температур та показника кислотності, що полегшує його культивування у промислових умовах. У процесі життєдіяльності бактерія синтезує ферменти, які беруть участь у розщепленні білків, жирів та вуглеводів. Утворення ендоспор забезпечує високу стійкість мікроорганізму до висушування, механічних впливів та дії поверхнево-активних речовин. [8]

Біосинтез ферментів та механізм дії пробіотичного компонента. У процесі культивування *Bacillus subtilis* відбувається активний біосинтез ферментів, який залежить від фаз росту мікроорганізму та умов середовища. На стадії активного росту клітин спостерігається інтенсивний синтез ферментів, тоді як у фазі спороутворення формується стійка структура клітин, здатна до тривалого збереження активності. [19]

Після застосування порошкового мийного засобу у водному середовищі відбувається активація спор, їх проростання та початок синтезу ферментів. Ферменти каталізують розщеплення органічних забруднень, сприяючи їх ефективному видаленню. Одночасно пробіотичні мікроорганізми конкурують з небажаною мікрофлорою, знижуючи її чисельність та активність. [18]

Морфологічна характеристика Bacillus subtilis. *Bacillus subtilis* є грампозитивною паличкоподібною бактерією, клітини якої мають витягнуту

форму та можуть розташовуватися поодиночі або утворювати ланцюжки. Розміри клітин зазвичай становлять декілька мікрометрів у довжину, що є типовим для представників роду *Bacillus*. Клітинна стінка характеризується високим вмістом пептидоглікану, що забезпечує механічну міцність клітини та стійкість до впливу зовнішніх факторів.

Однією з ключових морфологічних особливостей *Bacillus subtilis* є здатність до утворення ендоспор. Спори формуються всередині клітини у відповідь на несприятливі умови середовища та мають складну багатошарову структуру. Наявність щільної спорової оболонки забезпечує високу резистентність до висушування, температурних коливань та хімічних агентів, що є надзвичайно важливим для використання даного мікроорганізму у складі порошкових мийних засобів.

Морфологічна стабільність *Bacillus subtilis* дозволяє прогнозувати поведінку мікроорганізму у технологічному процесі, зокрема під час сушіння та зберігання пробіотичного компонента.

Фізіологічні особливості Bacillus subtilis. *Bacillus subtilis* є аеробним або факультативно анаеробним мікроорганізмом, що здатний до активного росту у присутності кисню. Метаболізм бактерії характеризується високою інтенсивністю, що обумовлює здатність до швидкого синтезу ферментів та інших біологічно активних сполук.

Фізіологічна пластичність *Bacillus subtilis* дозволяє бактерії адаптуватися до різних умов культивування, зокрема до змін температури, показника кислотності та складу поживного середовища. Це є важливою перевагою з технологічної точки зору, оскільки забезпечує стабільність процесу культивування у промислових умовах.

У процесі життєдіяльності *Bacillus subtilis* синтезує широкий спектр гідролітичних ферментів, які беруть участь у розщепленні органічних сполук. Саме ця властивість лежить в основі ефективності пробіотичних мийних засобів, у складі яких використовується даний мікроорганізм.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Життєвий цикл та спороутворення. Життєвий цикл *Bacillus subtilis* включає стадії вегетативного росту, стаціонарної фази та спороутворення. За сприятливих умов мікроорганізм активно розмножується, утворюючи вегетативні клітини. У разі виснаження поживних речовин або зміни умов середовища клітини переходять до процесу спороутворення.

Спороутворення є складним багатоступеневим процесом, який супроводжується перебудовою клітинних структур та накопиченням резервних речовин. У результаті формується ендоспора, здатна зберігати життєздатність протягом тривалого часу. Після потрапляння у сприятливе середовище спори проростають, відновлюючи вегетативну форму клітини.

Для порошкових мийних засобів використання спороутворюючих бактерій є особливо доцільним, оскільки дозволяє поєднати тривалий термін зберігання продукту з високою біологічною активністю після застосування.

Вимоги до стабільності та зберігання пробіотичного компонента. Стабільність пробіотичного компонента є одним з ключових чинників, що визначає ефективність порошкового мийного засобу протягом усього терміну зберігання. Для забезпечення біологічної активності пробіотичних мікроорганізмів необхідно дотримуватися ряду технологічних та експлуатаційних вимог, пов'язаних із фізико-хімічними властивостями порошкової композиції та умовами її зберігання.

Основним фактором, що впливає на життєздатність пробіотичних спор, є вологість. Підвищена вологість порошкового мийного засобу може призводити до передчасної активації спор, зниження їх стійкості та поступової втрати біологічної активності. У зв'язку з цим вміст вологи у готовому продукті повинен підтримуватися на мінімальному рівні, що забезпечує збереження спор у стані анабіозу.

Температурний режим зберігання також має суттєве значення. Надмірно високі температури можуть негативно впливати на структуру спорової оболонки та призводити до зниження кількості життєздатних клітин. Тому

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		37

зберігання порошкового мийного засобу з пробіотиками рекомендується здійснювати у сухих, добре вентильованих приміщеннях за стабільної температури.

Важливою умовою збереження стабільності пробіотичного компонента є використання герметичної упаковки, яка захищає продукт від впливу атмосферної вологи та сторонніх домішок. Матеріали упаковки повинні бути хімічно інертними та не взаємодіяти з компонентами мийного засобу.

Контроль кількості життєздатних мікроорганізмів у складі продукту.

Одним з основних показників якості порошкового мийного засобу з пробіотиками є кількість життєздатних мікроорганізмів, що містяться у готовому продукті. Даний показник визначає ефективність біологічного механізму очищення та пролонгованої дії мийного засобу після його застосування.

Контроль кількості життєздатних мікроорганізмів здійснюється шляхом визначення колонієутворювальних одиниць у перерахунку на одиницю маси продукту. Під час зберігання допускається поступове зниження цього показника, однак він повинен залишатися у межах, достатніх для забезпечення функціональної активності пробіотичного компонента.

На кількість життєздатних клітин впливають як умови виробництва, так і склад порошкової композиції. Наявність агресивних хімічних компонентів або надмірний механічний вплив під час змішування можуть призводити до зниження життєздатності спор. У зв'язку з цим технологічний процес повинен бути організований таким чином, щоб мінімізувати негативний вплив на біологічний агент.

Регулярний мікробіологічний контроль є необхідною умовою забезпечення стабільної якості готового продукту та відповідності вимогам біобезпеки.

*Біобезпека використання *Bacillus subtilis* у мийних засобах.* Питання біобезпеки є особливо важливим при використанні живих мікроорганізмів у

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

складі побутових та промислових мийних засобів. *Bacillus subtilis* належить до мікроорганізмів, які не є патогенними для людини та широко застосовуються у харчовій, фармацевтичній та біотехнологічній промисловості.

Використання спороутворюючих бактерій у складі мийних засобів не становить загрози для здоров'я людини за умови дотримання технологічних та санітарно-гігієнічних вимог. Навпаки, формування стабільного пробіотичного мікробіоценозу на поверхнях сприяє зниженню чисельності небажаної мікрофлори та зменшенню ризику повторного забруднення.

Особливу увагу приділяють виключенню можливості контамінації продукту сторонніми мікроорганізмами на всіх етапах виробництва. Для цього застосовують стерильні поживні середовища, контрольовані умови культивування та герметичну упаковку готового продукту.

Таким чином, використання *Bacillus subtilis* у складі порошкових мийних засобів є біобезпечним та обґрунтованим з точки зору сучасних вимог до екологічності та сталого розвитку.

2.4 Характеристика метаболізму біологічного об'єкту

Метаболічна активність *B. subtilis* у мийному засобі працює за принципом "біологічного каскаду":

1. Спори проростають при розчиненні порошку та контакті з вологою на поверхні.
2. Секретуються ензими, що розщеплюють бруд на прості поживні речовини.
3. Бактерії споживають ці речовини, розмножуються та синтезують сурфактин, який посилює очищення.
4. Бактеріоцини та конкурентне витіснення забезпечують тривалий антибактеріальний захист.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Опишемо метаболічні шляхи, які забезпечують мийну та дезодоруючу дію продукту:

1. Позаклітинний ферментативний гідроліз. Головна перевага *B. subtilis* - секретія потужного комплексу гідролітичних ферментів, що розщеплюють складні органічні забруднення (білки, жири, вуглеводи), які є субстратом для розмноження патогенів.

а) Протеоліз (розщеплення білків). *B. subtilis* синтезує серинові протеази (наприклад, субтилізин), що забезпечують гідроліз пептидних зв'язків у молекулах білків (кров, піт, залишки їжі) до вільних амінокислот (фермент субтилізин). Значення процесу у продукті - видалення стійких білкових плям та деградація білкового матриксу патогенних біоплівочок.

б) Ліполіз (розщеплення жирів). Бактерія секретує ліпази, які атакують гідрофобні забруднення, в результаті реакції Триацилгліцерол + H₂O

→ Гліцерол + Вільні жирні кислоти (фермент - позаклітинна ліпаза). Значення процесу у продукті - емульгування та розщеплення жирових нальотів, які зазвичай важко видаляються хімічними ПАР.

в) Розщеплення крохмалю та полісахаридів забезпечує гідроліз 1,4-глікозидних зв'язків у амілозі та амілопектині (фермент амілаза). Значення процесу у продукті - очищення поверхонь від залишків крохмалевмісних продуктів.

3. Синтез біосурфактантів (сурфактин). У процесі вторинного метаболізму *B. subtilis* виробляє сурфактин - один із найпотужніших відомих біоПАР. Механізм: Сурфактин - це ліпопептид, що складається з кільця семи амінокислот, приєднаних до ланцюга жирної кислоти. Він знижує поверхневий натяг води з 72 до 27 мН/м. Біосурфактанти допомагають бактерії проникати глибоко в пори матеріалів, витісняючи патогени та полегшуючи відмивання бруду.

4. Синтез бактеріоцинів. Під час росту бактерія виділяє антимікробні пептиди, які інгібують ріст конкурентів (*Staphylococcus aureus*, *Listeria*). Це

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

забезпечує ефект "самоочищення" поверхні після прибирання. *Bacillus subtilis* синтезує різноманітні бактеріоцини (наприклад, субтилін, субтилозин А) у вигляді рибосомно-продукованих антимікробних пептидів, є ефективними проти грампозитивних патогенів.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок матеріального балансу

Матеріальний баланс дозволяє кількісно охарактеризувати рух сировини, напівпродуктів та готової продукції на всіх стадіях виробництва. Складання матеріального балансу дає можливість оцінити ефективність використання сировинних ресурсів, визначити втрати на окремих етапах технології та обґрунтувати доцільність обраної технологічної схеми.

У виробництві порошкового мийного засобу з пробіотиками матеріальний баланс охоплює як біотехнологічну частину процесу (отримання пробіотичного компонента), так і стадії приготування мийної композиції та фасування готового продукту. Особливістю даного виробництва є наявність біологічного агента, що потребує врахування додаткових факторів, пов'язаних зі збереженням життєздатності мікроорганізмів. [2]

Вхідні та вихідні потоки технологічного процесу

Для складання матеріального балансу всі потоки речовин умовно поділяють на вхідні та вихідні. До вхідних потоків належать сировина, допоміжні матеріали та енергоносії, тоді як до вихідних - готова продукція, побічні продукти та відходи.

До вхідних потоків відносяться:

- поживні компоненти для культивування пробіотичного мікроорганізму;
- вода для приготування поживних середовищ;
- мінеральні наповнювачі;
- поверхнево-активні речовини;
- ферментні препарати;
- допоміжні добавки;

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- упаковка для фасування готового продукту. [24]

До вихідних потоків належать:

- сухий пробіотичний концентрат у вигляді спор;
- порошковий мийний засіб з пробіотиками;
- відпрацьоване культуральне середовище;
- втрати сировини під час сушіння та змішування.

Для виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиками у якості основних складових використовуються мінеральні наповнювачі, поверхнево-активні речовини, ферментні препарати, допоміжні добавки та пробіотичний концентрат біотехнологічного походження.

Розрахунок матеріального балансу проводимо на 1000 кг готового продукту після стадії фасування.

Технологічний процес включає біотехнологічну стадію одержання пробіотичного компонента та стадії приготування мийної композиції. Загальновиробничі операції (підготовка води, миття та стерилізація обладнання) у матеріальному балансі не враховуються, тому розрахунок матеріального балансу проводимо, починаючи зі стадії ферментації пробіотичного мікроорганізму, з подальшим відділенням біомаси, сушінням пробіотичного концентрату, змішуванням компонентів та фасуванням готового продукту.

Кінцева серія продукту формується після фасування і складає 1000 кг порошкового мийного засобу. У зв'язку з наявністю механічних втрат на стадіях змішування та фасування, кількість компонентів, що подаються на відповідні стадії, перевищує масу готового продукту. Тому при розрахунку матеріального балансу враховуються коефіцієнти виходу для кожної технологічної операції.

Маса пробіотичного концентрату, необхідна для введення у склад мийної композиції, визначається на основі рецептури продукту та з урахуванням втрат на наступних стадіях технологічного процесу. Виходячи з

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цього, подальший розрахунок матеріального балансу проводиться поетапно, з визначенням витратних коефіцієнтів, виходу та втрат для кожної операції.

Для отримання пробіотичного мийного засобу обрано штам *Bacillus subtilis*. Культивування здійснюється у поживному середовищі типу Tryptone Soy Broth (TSB) з використанням глюкози та лактози як джерел вуглецю та комплексу мінеральних солей для забезпечення росту і спорування бактерій.

На 1 літр дистильованої води беруть:

Компонент	Кількість (г/л)
Tryptone (панкреатичний пептон)	17 г
Soy peptone (соевий пептон)	3 г
Sodium chloride (NaCl)	5 г
Glucose (глюкоза)	2,5 г
Dipotassium hydrogen phosphate (K ₂ HPO ₄)	2,5 г

Після розчинення рН середовища регулюється до $7,3 \pm 0,2$, середовище стерилізують автоклавуванням при 121 °С протягом 15 хв для отримання готового розчину.

Розрахунок матеріального балансу здійснюється відповідно до загального рівняння матеріального балансу, після чого визначаються показники K_r , η та ϵ для окремих стадій і для процесу в цілому.

Матеріальний баланс стадії:

$$G_1 = (G_2 + G_3 + G_4) + G_5$$

Витратний коефіцієнт:

$$K_r = \frac{G_1}{G_2}$$

Вихід продукції:

$$\eta = \frac{G_2}{G_1} \cdot 100\%$$

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	162.01.01.00 000 ПЗ					

Втрати:

$$\varepsilon = \frac{G_5}{G_1} \cdot 100\%$$

Вихідні данні

$G_{\text{готовий продукт}} = 100$ кг (після фасування)

Прийняті коефіцієнти стадій (типові для порошків):

- Фасування: $\eta_{\text{ф}} = 0,995$ (втрати 0,5%)
- Змішування: $\eta_{\text{зм}} = 0,99$ (втрати 1%)

Стадія Фасування

Розрахунок маси перед фасуванням

$$G_2 = 1000$$

$$G_1 = \frac{G_2}{\eta_{\text{ф}}} = \frac{1000}{0,995} = 1005,025 \text{ кг}$$

Втрати:

$$G_5 = G_1 - G_2 = 1005,025 - 1000 = 5,025 \text{ кг}$$

Показники:

$$K_r = \frac{1005,025}{1000} = 1,0050; \quad \eta = 99,5\%; \quad \varepsilon = 0,5\%$$

Постадійний баланс (Фасування):

Показник	Значення
G_1 витрачено	1005,025 кг
G_2 отримано (готовий продукт)	1000 кг
G_5 втрати	5,025 кг

Стадія Змішування

Тепер G_2 для змішування – це те, що піде на фасування:

$$G_2 = 1005,025$$

$$G_1 = \frac{G_2}{\eta_{\text{зм}}} = \frac{1005,025}{0,99} = 1015,177$$

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Втрати:

$$G_5 = 1015,177 - 1005,025 = 10,152 \text{ кг}$$

Показники:

$$K_r = \frac{1015,177}{1005,025} = 1,0101; \quad \eta = 99\%; \quad \varepsilon = 1\%$$

Постадійний баланс (Змішування):

Показник	Значення
G_1 витрачено	1015,177 кг
G_2 отримано (суміш на фасування)	1005,025 кг
G_5 втрати	10,152 кг

Прийнята рецептура готового продукту 1000 кг:

- Мінеральні наповнювачі – 600 кг
- ПАР – 150 кг
- Ферменти – 10 кг
- Стабілізатори – 10 кг
- Пробіотичний концентрат – 30 кг
- Інші добавки 200 кг

Щоб отримати 1000 кг після втрат, на змішування треба 1015,177 кг, тому:

$$k = \frac{1015,177}{1000} = 1,015177$$

$$m_i = m_{i(1000)} \cdot k$$

Компонент	На 1000 кг, кг	На змування, кг
Мінеральні наповнювачі	600	609,106
ПАР	150	152,277
Ферменти	10	10,152
Стабілізатори	10	10,152

Пробіотичний концентрат (порошок)	30	30,455
Інші добавки	200	203,035
Разом	1000	1015,177

Отримання пробіотичного концентрату 30,455 кг

Ми маємо забезпечити подачу на змішування:

$$G_{\text{пробіотик на змш.}} = 30,455 \text{ кг}$$

Далі 3 стадії:

- Сушіння
- Сепарація
- Ферментація

Прийнятті технологічні допущення:

- Вологість пробіотичного порошку: $w = 5\%$
- Вихід за сушінням (по основній речовині): $\eta_{\text{суш}} = 0,98$
- Паста після сепарації: 20% сухих речовин
- Вилучення сухих речовин на сепарації: $\eta_{\text{сеп}} = 0,95$
- Концентрація сухих речовин (спор) у культуральній рідині: $5 \text{ г/л} = 0,005 \text{ кг/л}$

Сушіння (з пасти в порошок)

Сухі речовини у порошку:

$$m_{\text{сух пор}} = G_{\text{пор}} \cdot (1 - w) = 30,455 \cdot 0,95 = 28,933 \text{ кг}$$

Сухі речовини, які мають зайти на сушіння (з урахуванням $\eta_{\text{суш}}$):

$$m_{\text{сух на суш}} = \frac{m_{\text{сух пор}}}{\eta_{\text{суш}}} = \frac{28,933}{0,98} = 29,523 \text{ кг}$$

Маса пасти (20% сухих):

$$G_{\text{паста}} = \frac{29,523}{0,20} = 147,615 \text{ кг}$$

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Вода, що випаровується:

$$m_{\text{вода паста}} = 147,615 - 29,523 = 118,092 \text{ кг}$$

$$m_{\text{вода пор}} = 30,455 - 28,933 = 1,523$$

$$G_3 = m_{\text{випар}} = 118,092 - 1,523 = 116,569 \text{ кг}$$

Втрати сухих речовин при сушінні:

$$G_5 = m_{\text{втр сух}} = 29,523 - 28,933 = 0,590 \text{ кг}$$

Баланс стадії (з пробічним продуктом випареної води):

$$G_1 = (G_2 + G_3) + G_5$$
$$147,615 = (30,455 + 116,569) + 0,590$$

Стадія Сепарація (з культуральної рідини в пасту)

Сухі речовини у бульоні до сепарації:

$$m_{\text{сух бльон}} = \frac{m_{\text{сух на суш}}}{\eta_{\text{сеп}}} = \frac{29,523}{0,95} = 31,077 \text{ кг}$$

Втрати сухих речовин на сепарації:

$$G_5 = 31,077 - 29,523 = 1,554 \text{ кг (по сухих)}$$

Об'єм і маса культуральної рідини при 0,005 кг/л:

$$V = \frac{31,077}{0,005} = 6215,369 \text{ л} = 6215,369 \text{ кг}$$

Рідка фаза після відділення пасти:

$$G_{\text{фльтрат}} = 6215,369 - 147,615 = 6067,754 \text{ кг}$$

Стадія Ферментація (середовище +інокулят = культуральна рідина)

Беремо стандартний засів 10%:

$$V_{\text{нок}} = 0,10 \cdot 6215,369 = 621,537 \text{ л}$$

$$V_{\text{серед}} = 0,90 \cdot 6215,369 = 5593,832 \text{ л}$$

Баланс по рідкій фазі:

$$G_1 = G_2 \text{ (без урахування газв у начальному балансі)}$$

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$5593,832 + 621,537 = 6215,693 \text{ л}$$

Стадія приготування живильного середовища

Робочий об'єм середовища для виробничої ферментації:

$$V_{TSB} = 1000 \text{ л}$$

Концентрації компонентів у TSB (г/л):

- tryptone — 17,0
- soy peptone — 3,0
- NaCl — 5,0
- glucose — 2,5
- K_2HPO_4 — 2,5

Масові витрати компонентів на 1000 л:

$$m_{tryptone} = \frac{17 \cdot 1000}{1000} = 17 \text{ кг}$$

$$m_{soy\ peptone} = \frac{3 \cdot 1000}{1000} = 3 \text{ кг}$$

$$m_{NaCl} = \frac{5 \cdot 1000}{1000} = 5 \text{ кг}$$

$$m_{glucose} = \frac{2,5 \cdot 1000}{1000} = 2,5 \text{ кг}$$

$$m_{K_2HPO_4} = \frac{2,5 \cdot 1000}{1000} = 2,5 \text{ кг}$$

Загальна маса сухих компонентів середовища:

$$m_{сух\ TSB} = 17 + 3 + 5 + 2,5 + 2,5 = 30 \text{ кг}$$

Маса води:

$$m_{води} = 1000 - 30 = 970 \text{ кг}$$

Баланс стадії приготування середовища

$$G_1 = m_{вода} + m_{сух\ TSB}$$

$$G_1 = 970 + 30 = 1000 \text{ кг}$$

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Стадія підготовки посівного матеріалу *Bacillus subtilis*

Приймаємо частку інокуляту для виробничої ферментації:

$$\alpha = 10\% = 0,10$$

Об'єм інокуляту для завісу ферментера 1000 л:

$$V_{inok} = \alpha \cdot V_x = 0,10 \cdot 1000 = 100 \text{ л}$$

Щоб отримати 100 л інокуляту використовуємо 2 ступені нарощування:

1. Посів-1: 10 л

2. Посів-2: 100 л

Коефіцієнт засіву на кожній ступені:

$$\beta = 10\% = 0,10$$

Об'єм середовища:

$$V_{посів1} = 10 \text{ л}$$

Кількість маточної культури:

$$V_{mat} = \beta \cdot V_{посів1} = 0,10 \cdot 10 = 1 \text{ л}$$

Кількість свіжого TSB:

$$V_{TSB,посів1} = 10 - 1 = 9 \text{ л}$$

Сухі компоненти TSB на 9 л:

$$m_{сух\ посів1} = 30 \cdot \frac{9}{1000} = 0,270 \text{ кг}$$

Маса води на 9 л:

$$m_{вода\ посів1} = 9 - 0,270 = 8,730 \text{ кг}$$

Баланс посіву-1:

$$G_{посів} = 1 + 8,730 + 0,270 = 10 \text{ кг}$$

Посів-2 (100 л) ГОТОВИЙ ІНОКУЛЯТ:

Об'єм:

$$V_{посів2} = 100 \text{ л}$$

Кількість посіву з посіву1:

$$V_{посів1посів2} = \beta \cdot V_{посів2} = 0,10 \cdot 100 = 10 \text{ л}$$

Свіже TSB:

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$V_{TSB, \text{посів2}} = 100 - 10 = 90 \text{ л}$$

Сухі компоненти TSB на 90 л:

$$m_{\text{сух посів2}} = 30 \cdot \frac{90}{1000} = 2,700 \text{ кг}$$

Маса води на 90 л (наближено):

$$m_{\text{вода посів2}} = 90 - 2,700 = 87,300 \text{ кг}$$

Баланс посів 2(готовий інокулят 100 л)

$$G_{\text{посів2}} = 10 + 87,300 + 2,700 = 100 \text{ кг}$$

Підсумок витрат на посівний матеріал

Додатково приготоване TSB:

$$V_{TSB, \text{дод}} = 9 + 90 = 99 \text{ л}$$

Сухі компоненти:

$$m_{\text{сух посів}} = 0,270 + 2,700 = 2,970 \text{ кг}$$

Загальний матеріальний баланс усього процесу (зведений)

Загальний баланс механічної частини (змішування+фасування):

Вхід на змішування: 1015,177 кг

Вихід готового продукту: 1000 кг

Втрати: 15,177 кг

$$1015,177 = 1000 + 15,177$$

Щоб подати 30,455 кг порошку у змішування, потрібно:

- ферментація: 6215,369 л культуральної рідини
- сепарація: паста 147,615 кг
- сушіння: порошок 30,455 кг + випарена вода 116,569 кг

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3.2 Опис технологічного процесу

Технологія виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиками належить до комбінованих біотехнологічних процесів, у яких поєднуються класичні стадії хімічної технології з процесами культивування біологічних агентів. Основною особливістю даного виробництва є необхідність забезпечення збереження життєздатності пробіотичних мікроорганізмів на всіх етапах технологічного процесу, починаючи від культивування та завершуючи фасуванням готового продукту. [2]

Загальна структура технологічного процесу включає дві функціонально пов'язані, але технологічно відокремлені лінії. Перша лінія призначена для отримання та стабілізації пробіотичного компонента, друга — для приготування порошкової мийної композиції та введення до її складу біологічного агента. Такий поділ дозволяє оптимізувати параметри кожної стадії та зменшити ризик інактивації пробіотичних мікроорганізмів.

Технологічний процес організовується таким чином, щоб біологічний компонент вводився до складу мийного засобу на завершальних стадіях, за умов мінімального механічного та теплового впливу. Це є принципово важливим для забезпечення стабільності та ефективності готового продукту.

Підготовка поживного середовища є однією з ключових стадій біотехнологічного процесу, оскільки саме склад середовища визначає інтенсивність росту клітин, рівень біосинтетичної активності та ефективність спорування. Для культивування *Bacillus subtilis* використовують поживні середовища, що містять доступні джерела вуглецю, азоту, мінеральні солі та мікроелементи.

Особливу увагу приділяють балансуванню поживного середовища, оскільки надмірний вміст легкозасвоюваних поживних речовин може призводити до пригнічення процесів спорування. На початкових стадіях

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

культивування середовище повинно сприяти активному росту клітин, тоді як на пізніших етапах — створювати умови для переходу мікроорганізмів у фазу споруутворення.

Після приготування поживне середовище підлягає обов'язковій стерилізації з метою запобігання розвитку сторонньої мікрофлори. Стерилізація може здійснюватися термічним методом із застосуванням пари або автоклавуванням, залежно від обраної технологічної схеми.

Ферментація є центральною стадією біотехнологічного процесу, на якій відбувається активний ріст клітин *Bacillus subtilis* та накопичення біомаси. Процес здійснюють у біореакторах із механічним перемішуванням та системою аерації, що забезпечує рівномірний розподіл поживних речовин та кисню у культуральному середовищі.

У процесі ферментації здійснюється постійний контроль температури, показника кислотності та інтенсивності аерації. Оптимальні параметри процесу підбираються з урахуванням фізіолого-біохімічних особливостей мікроорганізму. Порушення встановлених параметрів може призводити до зниження біосинтетичної активності або загибелі клітин.

У міру виснаження поживних речовин у середовищі *Bacillus subtilis* переходить у фазу споруутворення. На цій стадії відбувається формування ендоспор, які характеризуються підвищеною стійкістю до несприятливих факторів та здатністю зберігати життєздатність протягом тривалого часу.

Після завершення процесу ферментації культуральну рідину піддають стадії відділення біомаси. Виділення клітин може здійснюватися шляхом фільтрації або центрифугування, залежно від масштабів виробництва та обраного обладнання. Метою даної стадії є отримання концентрованої біомаси з мінімальним вмістом рідкої фази.

Отриману біомасу піддають сушінню з метою стабілізації пробіотичного компонента. Сушіння дозволяє знизити вологість продукту до рівня, який

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

забезпечує збереження життєздатності спор та запобігає їх передчасній активації.

Вибір методу сушіння здійснюється з урахуванням необхідності мінімізації теплового впливу на біологічний агент. [22]

Після сушіння проводять стандартизацію пробіотичного компонента, яка включає визначення кількості життєздатних спор та приведення продукту до заданих показників якості. Стандартизований пробіотичний компонент зберігають у герметичній тарі до моменту введення у склад мийного засобу.

Процес приготування порошкової мийної композиції включає стадії дозування, змішування та введення активних компонентів. На початковому етапі здійснюють підготовку мінеральних наповнювачів та поверхнево-активних речовин, які повинні відповідати вимогам до вологості, дисперсності та чистоти.

Змішування компонентів здійснюється у спеціальних змішувачах, що забезпечують рівномірний розподіл інгредієнтів без надмірного механічного впливу. Особливо важливою є стадія введення пробіотичного компонента, яка проводиться на завершальному етапі технологічного процесу. Це дозволяє зменшити негативний вплив механічних навантажень та зберегти життєздатність спор.

Отриману порошкову суміш піддають контролю якості, після чого направляють на фасування та маркування. Фасування здійснюють у герметичну тару, яка захищає продукт від впливу вологи та сторонніх факторів.

Інокулятор являє собою вертикальний апарат з мішалкою, призначений для приготування активної культури мікроорганізмів. Конструкція апарата забезпечує рівномірний розподіл поживного середовища та підтримання стерильних умов процесу.

Посівний апарат використовується для проміжного нарощування біомаси перед подачею у головний ферментер. Апарат оснащений системами

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

перемішування, аерації та контролю температури, що дозволяє забезпечити оптимальні умови росту мікроорганізмів.

Головний ферментер є ключовим елементом біотехнологічної частини процесу. Він призначений для проведення основної стадії ферментації з отриманням культуральної рідини з високою концентрацією спор пробіотичних мікроорганізмів.

Ферментер оснащується: мішалкою; системою аерації; сорочкою для теплообміну; засобами контролю параметрів процесу.

Для відділення біомаси від культуральної рідини використовується дискова центрифуга, що забезпечує ефективне розділення фаз та зменшення втрат основної речовини.

Сушіння біомаси здійснюється у ліофільній сушарці, що дозволяє отримати сухий пробіотичний порошок із заданою вологістю та зберегти життєздатність спор.

Змішування компонентів мийного засобу проводиться у лопатовому або стрічковому змішувачі, який забезпечує рівномірний розподіл пробіотичного концентрату та інших компонентів у масі продукту.

Фасування готового порошкового продукту здійснюється автоматично з використанням дозувального обладнання, що гарантує точність маси та зменшення втрат продукту.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3.3 Обґрунтування та розрахунок параметрів обладнання

Специфікація обладнання:

Позначення	Найменування обладнання	Тип / опис	Основні параметри	Кількість
Ф-1	Ферментер для культивування <i>Bacillus subtilis</i>	Вертикальний циліндричний	$V_n = 12,5 \text{ м}^3$ (12 500 л); $D = 2400 \text{ мм}$; кришка — сферична	1
З-1	Змішувач порошкових компонентів	Лопатевий / стрічковий	Забезпечує рівномірний розподіл компонентів	1
С-1	Сушарка біомаси	Камерна або розпилювальна	Контроль вологості спор	1
Д-1	Дозатор пробіотичного концентрату	Автоматичний	Точне введення спор у суміш	1
ФС-1	Фасувальна машина	Автоматична	Герметичне фасування у тару	1

Для культивування *Bacillus subtilis* обрано вертикальний циліндричний ферментер номінальним об'ємом $V_n = 12,5 \text{ м}^3$ (12500 л) з внутрішнім діаметром $D = 2400 \text{ мм}$. Конструкцією передбачено сферичну кришку. Розрахунок товщини сферичної кришки виконують за методикою для

					<i>162.01.01.00 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

сферичних кришок, при цьому радіус сфери приймають у межах $0,95 \cdot D \leq R \leq D$.

Приймаємо номінальний об'єм ферментера:

$$V_H = 12,5 \text{ m}^3 \text{ що відповідає } 12\,500 \text{ л.}$$

Згідно з таблицею технічних даних апаратів з механічним перемішуючим пристроєм для $V_H = 12,5 \text{ m}^3$ приймаємо:

$$D = 2400 \text{ mm} = 2,4 \text{ m}$$

Площа поверхні теплообміну сорочки:

$$F_p = 21 \text{ m}^2$$

Висота рівня рідини (для коефіцієнта заповнення $\varphi = 0,75$):

$$H_{\text{ж}} = 2,27 \text{ м}$$

(для $\varphi = 0,5$; $H_{\text{ж}} = 1,58 \text{ м}$)

Робочий об'єм (за коефіцієнтом заповнення)

Приймаємо коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = 0,75$$

Тоді робочий об'єм:

$$V_p = K_3 \cdot V_H = 0,75 \cdot 12,5 = 9,375 \text{ m}^3 = 9375 \text{ л}$$

2.2.3. Площа теплообміну (сорочки)

За довідковими даними для апарата $V_H = 12,5 \text{ m}^3$

$$F_{\text{т/о}} = F_p = 21 \text{ m}^2$$

Площа поверхні апарата (розрахунково)

Для оцінки площі поверхні апарата приймаємо, що основний внесок дає циліндрична частина (оцінка для матеріального/теплового розрахунку):

$$F_{\text{цикл}} = \pi \cdot D \cdot H_{\text{ж}}$$

Підставляємо $D = 2,4 \text{ m}$; $H_{\text{ж}} = 2,27 \text{ m}$

$$F_{\text{цикл}} = 3,1416 \cdot 2,4 \cdot 2,27 = 17,11 \text{ m}^2$$

Повна площа апарата $F_{\text{ап}}$ буде більшою за рахунок днища та кришки.

Підсумок прийнятих параметрів:

					<i>162.01.01.00 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$V_H = 12,5m^3(12\ 500\ л)$$

$$D = 2,4\ м$$

$$H_{ж} = 2,37m\ \text{при}\ \varphi = 0,75$$

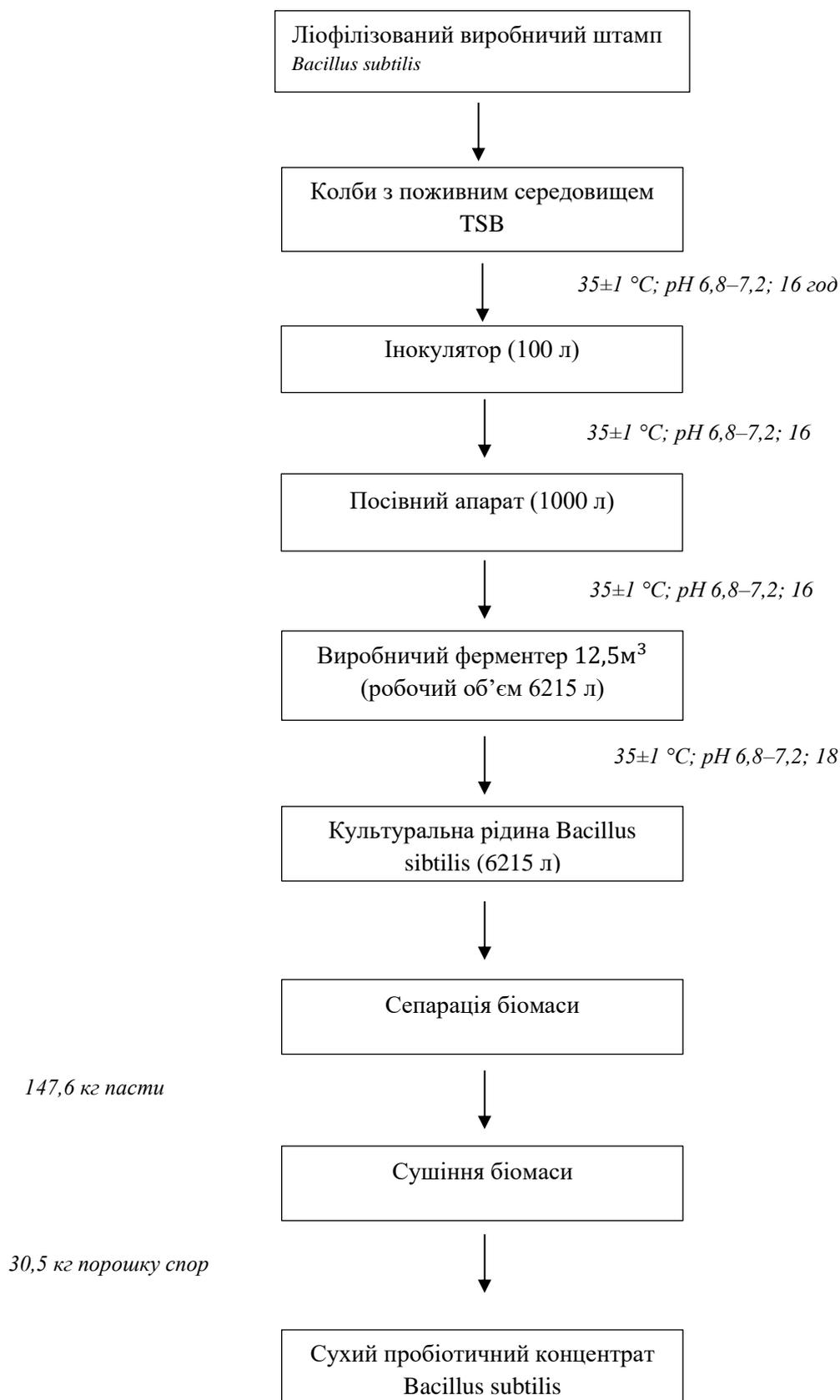
$$F_{т/о} = 21\ м^2\ (\text{сорочка})$$

$$V_p = 9,375m^3\ \text{при}\ K_3 = 0,75$$

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

3.4 Схеми виробництва

Біологічна схема виробництва пробіотичного мийного засобу



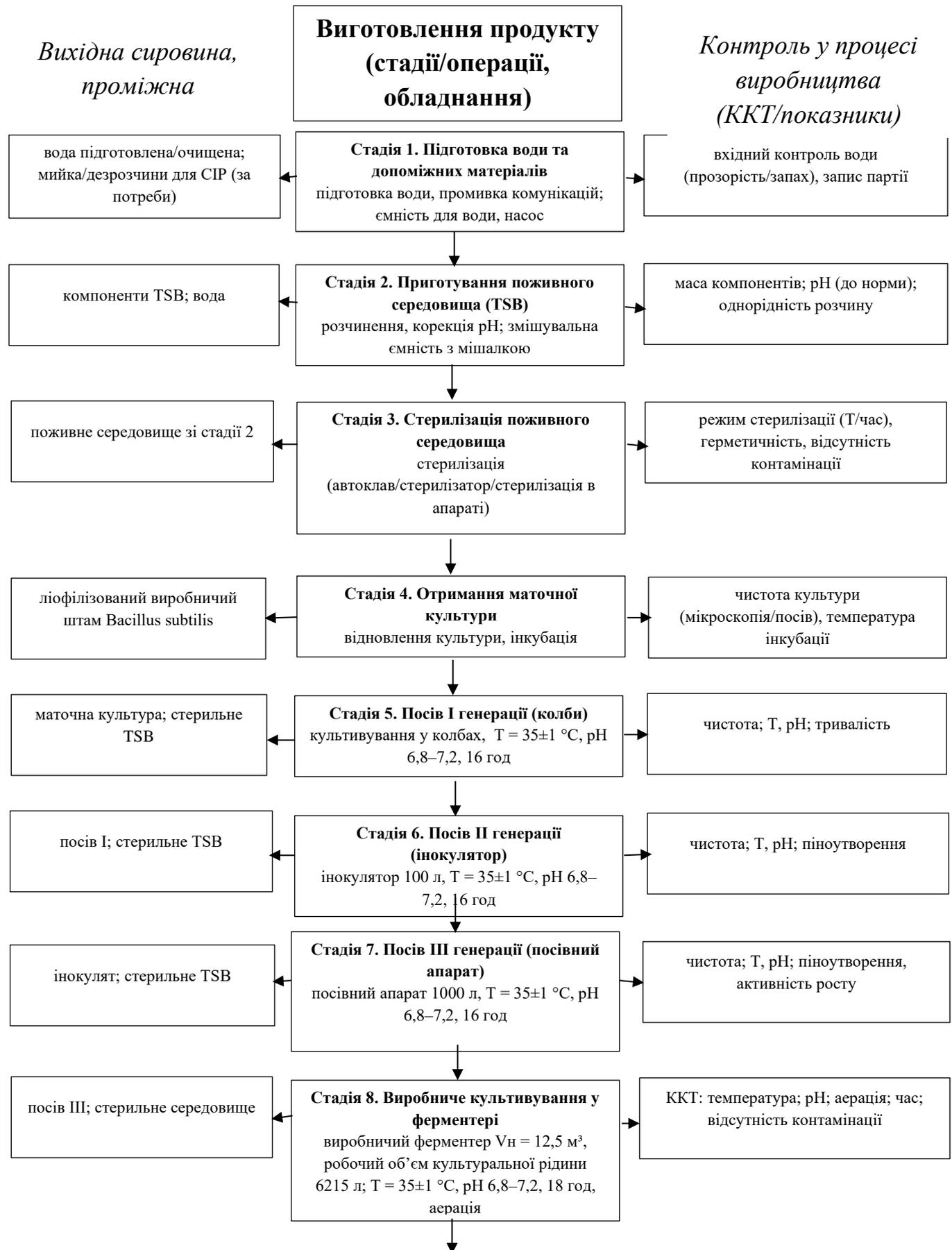
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

162.01.01.00 000 ПЗ

Арк.

59

Технологічна схема виробництва пробіотичного мийного засобу

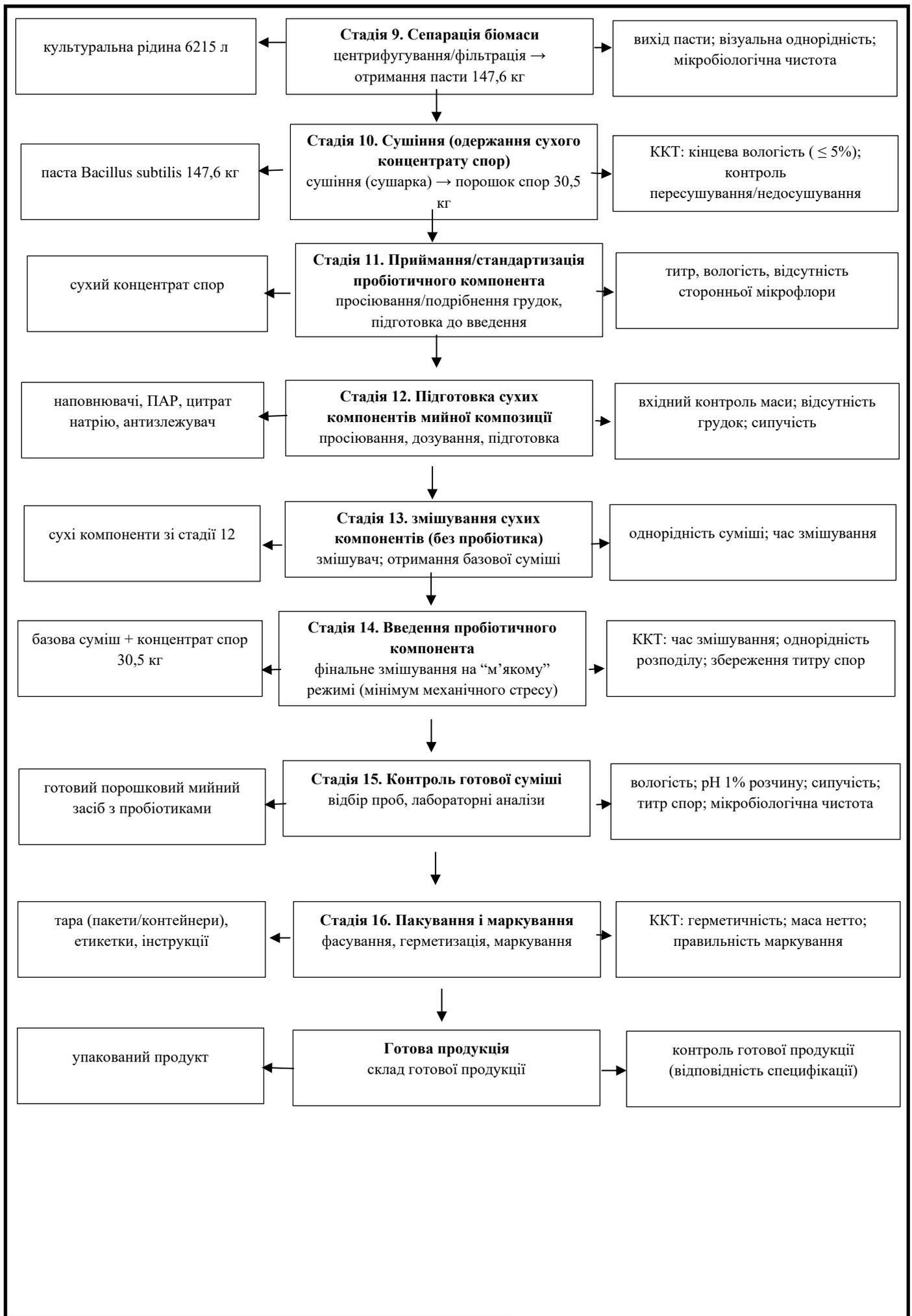


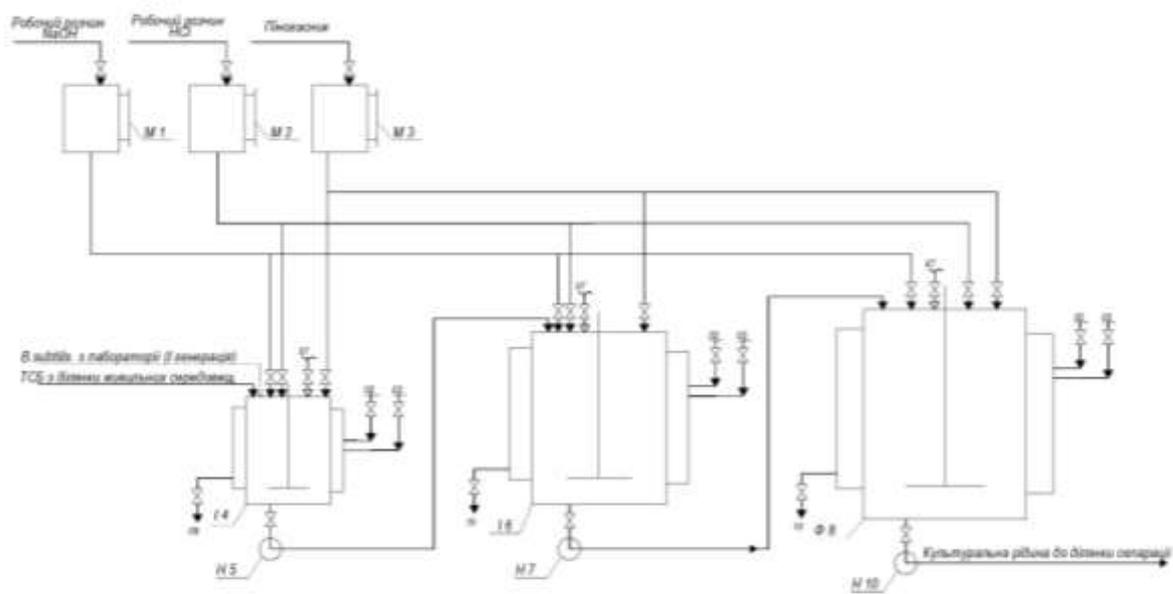
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

162.01.01.00 000 ПЗ

Арк.

60





Апаратурна схема ферментаційної дільниці

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

3.5 Контроль виробництва

Виробничий контроль розробляється відповідно до запропонованої біотехнологічної та технологічної схем виробництва порошкового мийного засобу з пробіотичним компонентом на основі *Bacillus subtilis*. Контроль здійснюється на ключових стадіях процесу з урахуванням кількісних показників, умов проведення процесів та характеристик сировини і напівпродуктів.

На стадії вхідного контролю сировини у роботі передбачено перевірку відповідності основних компонентів - поверхнево-активних речовин, наповнювачів, комплексоутворювачів, антизлежувачів та пробіотичного компонента - встановленим вимогам. Для сухого концентрату спор *Bacillus subtilis* прийнято контроль маси партії 30,455 кг, а також контроль вологості (не більше 5 %) і мікробіологічної чистоти.

Під час біотехнологічного етапу культивування контролюються параметри кожної стадії посівного ланцюга. На стадії культивування у колбах об'ємом 10 л контроль здійснюється за температури 35 ± 1 °С, значення рН 6,8–7,2 та тривалості процесу 16 год. Аналогічні параметри контролюються під час культивування в інокуляторі об'ємом 100 л та у посівному апараті об'ємом 1000 л.

На стадії виробничого культивування у ферментері номінальним об'ємом 12,5 м³ контроль здійснюється для робочого об'єму культуральної рідини 6215,369 л. У роботі прийнято контроль температури 35 ± 1 °С, значення рН 6,8–7,2, тривалості процесу 24 год, а також забезпечення аерації як необхідної умови росту та спороутворення *Bacillus subtilis*.

Після завершення культивування у межах роботи передбачено контроль сепарації біомаси, результатом якої є отримання 147,615 кг пасти клітин. Контроль цієї стадії здійснюється шляхом зіставлення фактичного виходу

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

пасти з розрахунковими даними матеріального балансу.

На стадії сушіння біомаси здійснюється контроль отримання 30,455 кг сухого порошку спор *Bacillus subtilis* та видалення 116,569 кг води. Кінцева вологість продукту приймається не більше 5 %, що забезпечує стабільність та можливість подальшого використання пробіотичного компонента у складі порошкового мийного засобу.

Під час приготування мийної композиції передбачено контроль дозування сухих компонентів (ПАР, наповнювачів, цитратів, антизлежувачів) та однорідності суміші. Введення пробіотичного компонента масою 30,455 кг здійснюється на завершальній стадії змішування у щадному режимі, що обґрунтовується необхідністю збереження життєздатності спор.

На завершальному етапі здійснюється контроль готового продукту, який включає перевірку вологості, сипучості, однорідності складу та відповідності розрахунковим значенням. Отримані показники підтверджують можливість практичної реалізації запропонованої технології.

Критичні параметри та контроль технологічного процесу

Стадія процесу	Контрольований параметр	Допустимий діапазон	Метод контролю	Коригувальні дії
Підготовка поживного середовища	Показник кислотності	У межах технологічної норми	Потенціометричний	Корекція складу середовища
Ферментація	Температура	Стабільна, без різких коливань	Термодатчики	Регулювання теплообміну
Ферментація	Аерація	Відповідно до режиму	Витратоміри повітря	Корекція аерації
Сушіння біомаси	Вологість продукту	Мінімальна (\leq 5 %)	Ваговий метод	Корекція режиму сушіння

Змішування	Час змішування	Встановлений технологією	Таймер	Повторне змішування
Фасування	Герметичність упаковки	Повна	Візуальний контроль	Заміна упаковки

Критичними параметрами технологічного процесу є температура, показник кислотності, вологість, інтенсивність механічного впливу та стерильність на окремих стадіях. Порушення будь-якого з цих параметрів може призводити до зниження ефективності процесу або погіршення якості готового продукту.

Особливу увагу приділяють контролю вологості порошкової композиції, оскільки надмірна вологість може спричиняти передчасну активацію пробіотичних спор та зниження терміну зберігання мийного засобу. Контроль параметрів здійснюється шляхом регулярних вимірювань та застосування систем автоматизованого контролю.

3.6 Екологічні аспекти виробництва

Розроблена у кваліфікаційній роботі технологія виробництва порошкового мийного засобу з пробіотичним компонентом *Bacillus subtilis* характеризується низкою позитивних екологічних аспектів, що відповідають сучасним принципам сталого розвитку та екологічно безпечних біотехнологій.

Використання пробіотичного компонента на основі спор *Bacillus subtilis* є екологічно доцільним, оскільки даний мікроорганізм є непатогенним, біологічно безпечним та природно поширеним у навколишньому середовищі. Спори *Bacillus subtilis* здатні до біодеградації органічних забруднень, що сприяє зниженню негативного впливу мийного засобу на водні екосистеми у процесі його використання.

Біотехнологічна стадія виробництва не передбачає застосування

токсичних реагентів або агресивних хімічних сполук. Культивування мікроорганізму здійснюється у водному середовищі при помірних температурах (35 ± 1 °C) та нейтральних значеннях рН (6,8–7,2), що зменшує енергетичні витрати та ризики утворення небезпечних відходів.

У процесі виробництва основним побічним продуктом є відпрацьована культуральна рідина, яка після сепарації біомаси не містить токсичних компонентів. За умови додаткової обробки вона може бути утилізована. Вода, видалена на стадії сушіння біомаси (116,569 кг), не містить небезпечних домішок та не створює додаткової екологічної загрози.

Технологічна схема передбачає використання біорозкладних компонентів мийної композиції, таких як цитрати та наповнювачі, що зменшує накопичення фосфатів та інших екологічно небезпечних речовин у стічних водах. Введення пробіотичного компонента дозволяє частково знизити концентрацію традиційних агресивних поверхнево-активних речовин, що позитивно впливає на екологічний профіль готового продукту.

Таким чином, запропонована технологія виробництва порошкового мийного засобу з пробіотичним компонентом *Bacillus subtilis* є екологічно обґрунтованою, характеризується низьким рівнем утворення небезпечних відходів, помірними енергетичними витратами та зниженим впливом на навколишнє середовище як на етапі виробництва, так і під час використання готового продукту.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі здійснено теоретичне обґрунтування організації виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиком. Актуальність обраної теми зумовлена зростанням вимог до екологічної безпеки мийних засобів, необхідністю зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище та пошуком альтернатив традиційним синтетичним мийним композиціям.

У процесі виконання роботи проведено аналітичний огляд сучасного стану та тенденцій розвитку мийних засобів біотехнологічного напрямку. Встановлено, що використання пробіотичних мікроорганізмів у складі мийних засобів є перспективним підходом, який дозволяє поєднати ефективність очищення з екологічною безпечністю та пролонгованою дією. Аналіз існуючих аналогів показав, що більшість пробіотичних мийних засобів представлена у рідкій формі, що обмежує стабільність біологічного компонента та термін зберігання продукції.

Обґрунтовано доцільність вибору порошкової форми мийного засобу, яка забезпечує збереження життєздатності пробіотичних мікроорганізмів, зручність транспортування, тривалий термін зберігання та можливість точного дозування. В якості біологічного агента обрано спороутворюючий мікроорганізм *Bacillus subtilis*, який характеризується високою біобезпекою, стійкістю до несприятливих факторів зовнішнього середовища та здатністю до синтезу гідролітичних ферментів.

У роботі охарактеризовано склад порошкового мийного засобу з пробіотиками, функціональне призначення основних груп компонентів, а також їх взаємодію у складі мийної композиції. Показано, що правильний підбір мінеральних наповнювачів, поверхнево-активних речовин, ферментних препаратів та допоміжних добавок дозволяє забезпечити стабільність

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

фізичних властивостей продукту та зберегти біологічну активність пробіотичного компонента.

Розроблено теоретичні основи технології виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиками, що включають стадії отримання та стабілізації пробіотичного компонента, приготування порошкової мийної композиції, фасування та зберігання готового продукту. Проведено аналіз матеріального балансу виробництва, визначено основні вхідні та вихідні потоки, а також можливі втрати на окремих стадіях технологічного процесу. Проаналізовано критичні контрольні точки технологічного процесу.

У роботі розглянуто екологічні аспекти виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиками. Показано, що запропонована технологія відповідає принципам сталого розвитку та має низку екологічних переваг у порівнянні з традиційним виробництвом синтетичних мийних засобів.

Таким чином, результати кваліфікаційної роботи підтверджують доцільність та перспективність організації виробництва порошкового мийного засобу з пробіотиками та можуть бути використані як теоретична основа для подальших практичних досліджень і впровадження біотехнологічних мийних засобів у промислове виробництво.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мийні засоби: за і проти. 30 берез. 2016. *Буковинський державний медичний університет*. URL: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/4296-miyni-zasobi-za-i-proti/> (дата звернення: 15.10.2025).
2. Вплив синтетичних мийних засобів на людину та довкілля. Вимоги до показників їх безпечності. *Лекція 3. Безпечність синтетичних мийних засобів, засобів захисту рослин, парфумерно-косметичних товарів та їх вплив на довкілля* / Київський національний торгово-економічний університет. URL: <https://studfile.net/preview/10056325/> (дата звернення: 15.10.2025).
3. The formulation of a natural detergent with a biosurfactant cultivated in a low-cost medium for use in coastal environmental remediation / I. A. da Silva et al. *Fermentation*. 2024. Vol. 10(7). P. 332.
4. Tripathi M. K., Giri S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*. 2014. Vol. 9. P. 225–241.
5. Reduction of the microbiological load on hospital surfaces through probiotic-based cleaning procedures: A new strategy to control nosocomial infections / A. Vandini et al. *Journal of Microbiology Experimentation*. 2014. Vol. 1(5). P. 153–161. DOI: 10.15406/jmen.2014.01.00027.
6. Bacterial Growth Media. *Thermo Fisher Scientific*. URL: <https://www.thermofisher.com/ua/en/home/life-science/cell-culture/microbiological-culture/bacterial-growth-media.html> (Date of access: 15.10.2025).
7. Технологічні принципи біотехнологічних виробництв: стерилізація та підготовка інокуляту. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/5-86011835/86011835> (дата звернення: 15.10.2025).

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

26. Liyanage C. Detergents Manufacturing Process Guide. *Scribd*. URL: <https://www.scribd.com/document/236111122/52747252-Detergents-Manufacturing-Process> (Date of access: 15.10.2025).
27. BBA Ecotech's Probiotic Concentrates: An Innovation for Detergent Formulators. *BBA Ecotech*. URL: <https://www.bbaecotech.com/en/products/probiotic-cleaning/concentrates/> (Date of access: 15.10.2025).
28. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти : матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. заочної конф., м. Київ, 16 трав. 2025 р. / за заг. ред. Х. С. Мітюшкіної ; Маріупольський держ. ун-т. Київ : МДУ, 2025. 168 с.
29. Bacillus Species: Evolving Roles in Bio-Based Detergents / V.-M. Nguyen et al. *Processes*. 2025. Vol. 13(6). P. 1885.
30. Producing Powders Containing Active Dry Probiotics With the Aid of Spray Drying / N. Fu et al. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2018. Vol. 85. P. 211–262.

					162.01.01.00 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТКИ



Міністерство
охорони здоров'я
України

Національний
фармацевтичний
університет



СЕРТИФІКАТ

Цим засвідчується, що

Гаврилічева В.С.

**Науковий керівник:
Калюжная О.С.**

брав(ла) участь у роботі VI Всеукраїнської
науково-практичної конференції
з міжнародною участю

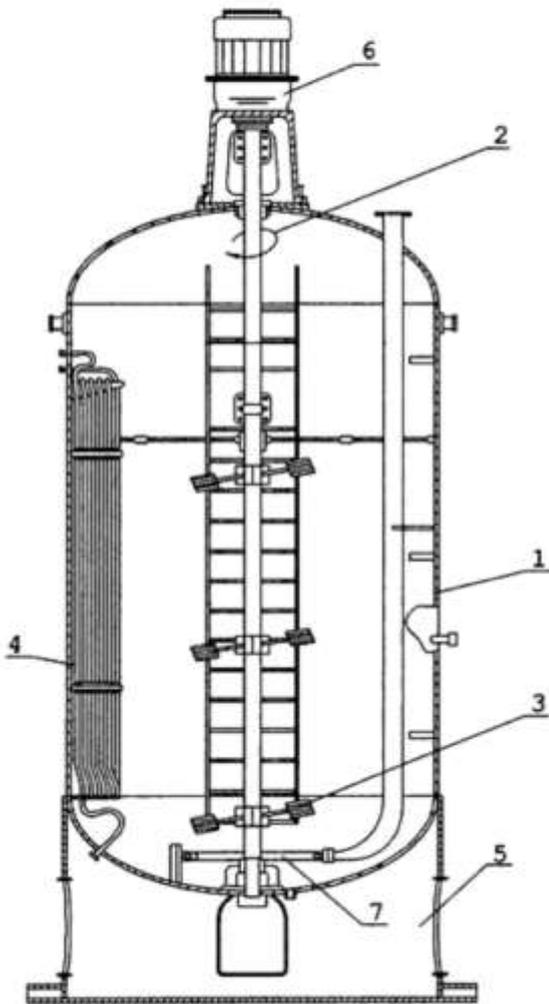
**YOUTH
PHARMACY
SCIENCE**

Ректор НФаУ,
д. фарм. н., проф.



Олександр КУХТЕНКО

10-11 грудня 2025 р.
м. Харків
Україна



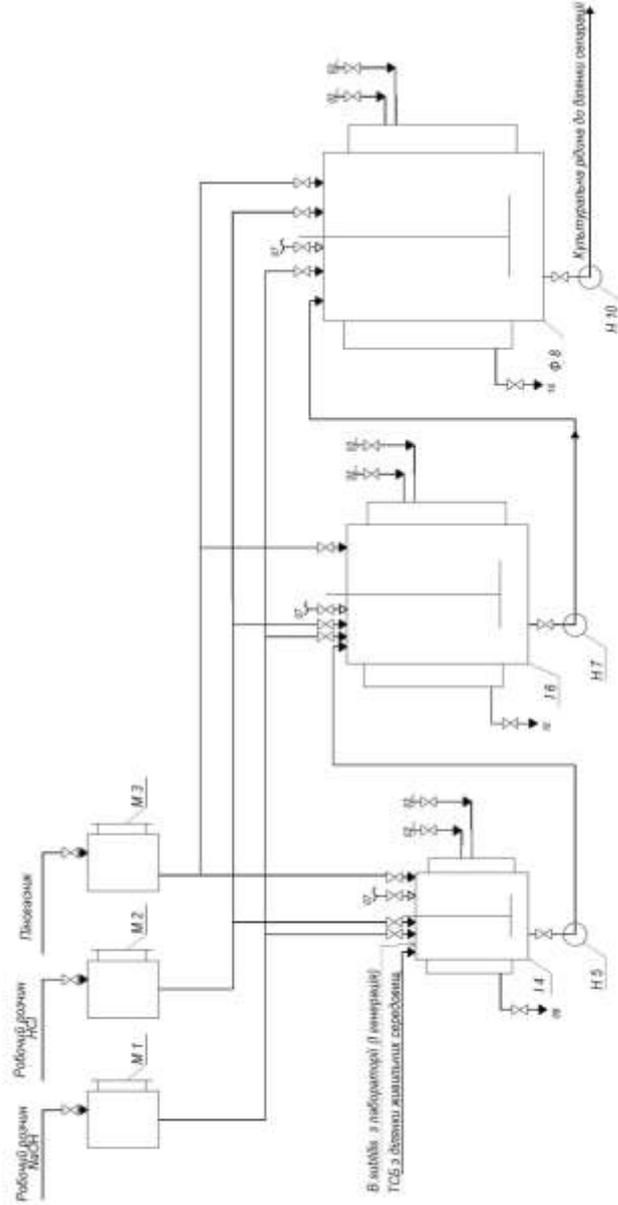
Перелік складових частин

№п/п	Код	Товари	Найменування	М-р	Примітка
1			Корпус	Г	
2			Верх м'якоти	Г	
3			Полость м'якоти	Г	
4			Охолоджувальний	Г	
			змодель	Г	
5			Спідня царга	Г	
6			Прим'якоти	Г	
7			Карбонтер	Г	

		162.01.01.00.000 ВЗ			
		Ферментер			
		Кодифікація		Г-10	
		МФУ		Карева СТ	

162.01.01.00.000 AC

1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08
1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16
1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24
1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32
1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.38	1.39	1.40
1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48
1.49	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.56
1.57	1.58	1.59	1.60	1.61	1.62	1.63	1.64
1.65	1.66	1.67	1.68	1.69	1.70	1.71	1.72
1.73	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80
1.81	1.82	1.83	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88
1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96
1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02	2.03	2.04
2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12
2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20
2.21	2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28
2.29	2.30	2.31	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36
2.37	2.38	2.39	2.40	2.41	2.42	2.43	2.44
2.45	2.46	2.47	2.48	2.49	2.50	2.51	2.52
2.53	2.54	2.55	2.56	2.57	2.58	2.59	2.60
2.61	2.62	2.63	2.64	2.65	2.66	2.67	2.68
2.69	2.70	2.71	2.72	2.73	2.74	2.75	2.76
2.77	2.78	2.79	2.80	2.81	2.82	2.83	2.84
2.85	2.86	2.87	2.88	2.89	2.90	2.91	2.92
2.93	2.94	2.95	2.96	2.97	2.98	2.99	3.00



Таблиця умовних позначень

Умовне позначення	Найменування елементів
01	Вода очищена
02	Вода сорочна
03	Вода жолобна
04	Азот
05	Водень
06	Газ
07	Стерильне повітря
08	Вакуум
09	Вода оборотна
10	Каналізація
11	Вентиль запорний

Перелік елементів схеми

Позначення	Найменування	Кіл.
M.1-3	Мішник	3
1.4	Ізолятор, 100 л	1
1.6	Ізолятор, 1000 л	1
Ф.8	Ферментер, 12500 л	1
H.5, H.7, H.9	Насос електричний	3



162.01.01.00.000 AC	
Відомості про об'єкт	Відомості про виконавця
Назва об'єкта	Назва організації
Адреса об'єкта	Адреса організації
Місто	Місто
Район	Район
Квартал	Квартал
Ділянка	Ділянка
Лист	Лист
Кількість	Кількість
Дата	Дата
Відомості про об'єкт	Відомості про виконавця
Назва об'єкта	Назва організації
Адреса об'єкта	Адреса організації
Місто	Місто
Район	Район
Квартал	Квартал
Ділянка	Ділянка
Лист	Лист
Кількість	Кількість
Дата	Дата