

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології отримання
концентрату з ягід брусниці**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-1-21 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Ігор ЗЕЛЕНЬКО

Керівник: _____ Віталій КОШУЛЬКО

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Зеленьку Ігорю Олександровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології отримання концентрату з ягід брусниці».

Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 09 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія та обладнання для забезпечення процесу сублімаційного сушіння ягід брусниці. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Об'єкти та методи дослідження. 3 Результати досліджень та їх обговорення. 4 Розробка принципової технологічної схеми одержання сублімованого порошкового концентрату ягід брусниці. 5 Охорона праці та довкілля. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка питання. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Схема проведення досліджень. 4 Обговорення результатів досліджень. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Доцент Віталій КОШУЛЬКО	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Огляд літератури	09.05-14.05.25	виконано
3	Об'єкти та методи дослідження	15.05-16.05.25	виконано
4	Результати досліджень та їх обговорення	17.05-23.05.25	виконано
5	Розробка принципової технологічної схеми одержання сублімованого порошкового концентрату ягід брусниці	24.05-31.05.25	виконано
6	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.25	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Ігор ЗЕЛЕНЬКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології отримання концентрату з ягід брусниці»

Кваліфікаційна робота: 65 сторінки, 7 рисунків, 19 таблиць, 0 додатків, 38 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – технологія переробки ягід брусниці шляхом отримання порошкового концентрату.

Предмет дослідження – зв'язок показників якості ягід брусниці та вплив застосування ферментного препарату на характеристику сублімованого порошку ягід брусниці за хімічним та гранулометричним складом, органолептичними показниками якості.

Метою роботи є експериментальне обґрунтування та розробка технологічних рішень для переробки ягід брусниці шляхом отримання порошкового концентрату та його застосування для підвищення харчової цінності продуктів харчування та як джерела природних барвників, консервантів та антиоксидантів.

Актуальними є дослідження, спрямовані на розробку прогресивних технологій глибокої переробки ягід брусниці в порошкові напівфабрикати, що забезпечують найповніше використання унікального природного складу ягід. Ця задача може бути вирішена за рахунок проведення часткового ферментативного гідролізу некрохмальних полісахаридів ягід, що викликає деструкцію клітинних стінок, і, як наслідок, підвищення екстрактивних властивостей рослинної тканини і збагачення сокової фракції (розчинної частини продукту) додатковими кількостями природних компонентів ягід, що володіють біологічними ароматами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Сушарка, хімічний склад, брусниця, ягоди, технологія, температура, сублімований порошок, вітаміни, функціональні властивості.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Біологічно активні речовини ягід брусниці та їх роль у життєдіяльності організму людини	9
1.2 Сучасні способи висушування плодів та ягід.....	14
1.3 Застосування плодово-ягідних порошків при отриманні харчових продуктів.....	20
Висновки за розділом	22
2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
2.1 Сировина та матеріали, що застосовувалися під час проведення досліджень	24
2.2 Методи досліджень.....	24
2.2.1 Методи дослідження хімічного складу.....	24
2.2.2 Спосіб одержання порошкового концентрату ягід брусниці	26
Висновки за розділом	26
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	27
3.1 Дослідження хімічного складу ягід брусниці.....	27
3.2 Обґрунтування вибору ферментного препарату та доцільності його застосування для обробки ягід брусниці.....	31
3.3 Отримання та характеристика сублімованого порошкового концентрату ягід брусниці	33
3.3.1 Одержання порошкового концентрату ягід брусниці	34
3.3.2 Вивчення органолептичних показників, гранулометричного, хімічного складу порошкового концентрату ягід брусниці	38
3.4 Дослідження змін складу органолептичних характеристик порошкового концентрату ягід брусниці	43
Висновки за розділом	46
4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ	

СУБЛІМОВАНОГО ПОРОШКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ЯГІД БРУСНИЦІ.....	48
Висновки за розділом	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	51
5.1 Розроблення картки з безпеки праці під час виробництва сублімованих порошків брусниці	51
5.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва сублімованого порошку з ягід брусниці.....	53
Висновки за розділом	54
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
6.1 Витрати на проведення досліджень	55
6.2 Визначення вартості дослідження	59
Висновки за розділом	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
БІБЛІОГРАФІЯ.....	62

ВСТУП

Інновації у сфері переробки ягідної сировини орієнтовані на створення інтенсивних технологій, що забезпечують ефективне та раціональне використання рослинних біоресурсів, та виробництво на їх основі харчових продуктів нового покоління, покликаних покращити структуру харчування та сприяють збереженню та зміцненню здоров'я.

Лісова ягода брусниці вельми приваблива для виробників харчових продуктів завдяки високому вмісту вітамінів, антиоксидантів, органічних кислот. Значні ареали проростання та біологічні запаси, харчові та фармакологічні властивості обумовлюють високий попит на ягоду брусниці та безперечний інтерес для індустрії здорового харчування.

У зв'язку із сезонністю збору та закупівлі ягід брусниці сучасні технології переробки націлені на отримання технологічних ягідних напівфабрикатів, зручних у зберіганні, транспортуванні та застосуванні. У цьому контексті порошкові технології є одними з найперспективніших. Однак слід враховувати, що в силу природної організації значна частка корисних для здоров'я людини міnorних та біологічно активних речовин ягід знаходиться в недоступній для засвоєння формі і не виявляє фізіологічної активності, будучи сорбована на білку та структурних утвореннях клітинних стінок, основу яких складають некрохмальні полісахариди. І лише їх частина локалізується в клітинному соку і тому є біодоступною, тобто засвоюваною. Тому при переробці брусниці в порошкові ягідні концентрати ресурсний потенціал реалізується недостатньо ефективно. У світлі цього актуальними є дослідження, спрямовані на розробку прогресивних технологій глибокої переробки ягід брусниці в порошкові напівфабрикати, що забезпечують найповніше використання унікального природного складу ягід. Ця задача може бути вирішена за рахунок проведення часткового ферментативного гідролізу некрохмальних полісахаридів ягід, що викликає деструкцію клітинних стінок, і, як наслідок, підвищення екстрактивних властивостей рослинної тканини і збагачення сокової фракції (розчинної частини продукту) додатковими кількостями

природних компонентів ягід, що володіють біологічними ароматами.

Метою роботи є експериментальне обґрунтування та розробка технологічних рішень для переробки ягід брусниці шляхом отримання порошкового концентрату та його застосування для підвищення харчової цінності продуктів харчування та як джерела природних барвників, консервантів та антиоксидантів.

Для досягнення поставленої мети визначено основні завдання:

- дослідити хімічний склад ягід брусниці з позиції харчової цінності та обґрунтувати доцільність проведення попередньої ферментативної обробки ягід при отриманні порошкового концентрату;

- провести напрацювання дослідної партії сублімованого порошкового концентрату на основі ферментованої мезги ягід брусниці та дати його характеристику за хімічним та гранулометричним складом, органолептичними показниками якості;

- розробити принципову технологічну схему отримання порошкового концентрату ягід брусниці;

- провести розрахунок кошторису витрат на проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія переробки ягід брусниці шляхом отримання порошкового концентрату.

Предмет дослідження – зв'язок показників якості ягід брусниці та вплив застосування ферментного препарату на характеристику сублімованого порошку ягід брусниці за хімічним та гранулометричним складом, органолептичними показниками якості.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Біологічно активні речовини ягід брусниці та їх роль у життєдіяльності організму людини

Брусниця звичайна (*Vaccinium vitis - idaeum*) – вічнозелений чагарник висотою 18 – 30 см. Плоди червоні, соковиті, ягоди блискучі, ягоди брусниці сильно варіюють формою. Брусниця – одна з найбільш популярних ягід, чому сприяє її хороше збереження. Ареал брусниці звичайною охоплює значну частину півночі України та Європи, віддає перевагу бідним кислим ґрунтам різного ступеня зволоженості. Плодоносить із 10 – 15 років.

Цілющі властивості ягід та листя брусниці обумовлені їх хімічним складом.

Ягоди брусниці на 84 – 88 % складаються з води. У сухій речовині ягід перше місце посідають вуглеводи, друге – органічні кислоти. Цукри представлені фруктозою (4,47 %), глюкозою (3,91 %) та сахарозою (0,53 %) [25]. У міру дозрівання загальна кількість цукрів збільшується до 10 разів.

Полісахариди брусниці представлені целюлозою, геміцелюлозою та пектиновими речовинами (0,8 – 1,0 %). З пектинових речовин 0,5 – 0,8 % посідає частку розчинного пектину і близько 0,25 % – частку протопектина, не розчинного у питній воді. Пектинові речовини відповідають за важливі біологічні процеси, утворюючи з багатьма металами нерозчинні комплексні сполуки (хелати), які перетравлюються і виводяться з організму. Пектини відомі своїми антибактеріальними властивостями, тому їх використовують для лікування травного тракту.

Целюлоза, геміцелюлоза, пектинові речовини та інкрустуючий компонент клітинної стінки – лігнін, що об'єднують єдиним терміном – «харчові волокна». Цінність харчових волокон полягає у здатності нормалізувати травлення, надавати детоксикувальну дію, регулювати кишкову мікрофлору та стимулювати моторну функцію шлунково-кишкового тракту, перетравлюються травними ферментами людини, виявляючи свою сприятливу дію, вони виводяться з організму людини.

Фізіологічна потреба у харчових волокнах для дорослої людини – 20 г/добу. Дефіцит харчових волокон у їжі здатний призвести до раку товстої кишки, жовчнокам'яної хвороби, цукрового діабету, ішемічної хвороби серця, ожиріння та варикозного розширення вен, запорів, геморою, апендициту.

Харчові волокна слід розділити на розчинні та нерозчинні. Розчинні харчові волокна здатні виводити з організму важкі метали, токсичні речовини, радіонукліди, що сприяють зниженню рівня холестерину в крові. Нерозчинні харчові волокна краще утримують воду, сприяють зниженню в'язкості вмісту кишечника та природному його очищенню.

Список присутніх у ягодах брусниці органічних кислот досить великий. Серед кислот ягід брусниці слід виділити лимонну, яблучну, винну та хінну кислоти: на їх частку припадає до 3 % сухої речовини. Переважають у ягодах лимонна кислота (1,02 – 1,39 %) та яблучна кислоти (0,16 – 0,30 %). У менш значних кількостях у ягодах містяться саліцилова, щавлева, оцтова, піровиноградна, гліоксилова кислоти. У сприятливих для зростання кліматичних умовах кількість кислот у ягодах збільшується.

Зовсім у незначних кількостях брусниця містить жирні кислоти, сприятливо впливаючи на стійкість рослини до низьких температур.

Білкових речовин у ягодах брусниці досить мало, тому азотисті речовини брусниці рідко викликають інтерес. У ягодах брусниці ідентифіковано 14 амінокислот, причому із незамінних амінокислот у складі брусниці присутні фенілаланін, лізин та треонін.

Ягоди брусниці багаті на вітаміни, особливо вітамін С. Відомо, що вітамін С в ягодах знаходиться в трьох формах: відновлена (аскорбінова кислота), окислена (дегідроаскорбінова кислота), пов'язана (аскорбіноген). Основна частина вітаміну С (90 – 95 %) знаходиться у відновленій формі.

Вітамін С є загальновизнаним антиоксидантом, значення якого для організму складно переоцінити.

Дослідження показали, що накопичення вітамінів у ягодах залежить від метеорологічних факторів: що вищий коефіцієнт екстримальності, то більше в

брусниці вітамінів. Дощова холодна погода несприятливо впливає на накопичення вітаміну С, на противагу цьому, тепла сонячна погода з нетривалими дощами сприяє найбільшому накопиченню вітаміну С. Також важливим є вміст мікроелементів у ґрунті, на якому виростає брусниця. Недолік у ґрунті азоту призводить до зменшення аскорбінової кислоти, а примусове внесення у ґрунт азоту, фосфору, калію, марганцю сприятливо впливає на накопичення аскорбінової кислоти.

Вітаміни групи В, що відповідають за імунну та нервові системи присутні в ягодах у кількості 0,03 мг%. Також у брусниці синтезується вітамін Е (1 мг %), який є потужним антиоксидантом, уповільнює процес старіння клітин і перешкоджають їх в'яненню.

За вмістом каротину в кількості (0,05 – 0,1 мг%) брусниця перевершує журавлину, лимони, груші, яблука, виноград та чорницю. Провітамін А сприяє якнайшвидшому загоєнню ран, що сприятливо впливає на репродуктивну систему людини.

Ягоди брусниці є важливим джерелом біоактивних поліфенольних сполук.

У стиглих ягодах брусниці кількість поліфенольних сполук досягає близько 36 найменувань. Вміст поліфенольних сполук може коливатися від 500 – 1910 мг%.

Флавоноїди – найчисленніша група природних поліфенольних сполук, які є вторинними метаболітами рослин, яким відводиться важлива роль у підтримці здоров'я людини.

Антиоксидантна активність флавоноїдних сполук пояснюється тим, що вони пов'язують іони важких металів у стійкі комплекси, тим самим позбавляючи останні каталітичної дії, а також служать акцепторами вільних радикалів, що утворюються при окисненні, тобто гасять вільнорадикальні процеси.

До флавоноїдів відносять флавоноли, флаволи, катехіни, антоціанідини, лейкоантоціани, проантоціанідини, антоціани.

Флаволи та флавоноли являють собою 2 основних класи флавоноїдів, антиоксидантні властивості та висока біологічна активність багатьох представників яких доведені не тільки *in vitro*, але й *in vivo*.

Вся різноманітність відтінків антоціанів обумовлена будовою, становищем та кількістю функціональних груп у їхньому каркасі. Якісний склад антоціанів, як правило, специфічний для конкретного виду рослин і досить стабільний, що дозволяє вважати його візитівкою ботанічного виду рослини. Як правило, основна локалізація антоціанів ягід – це оболонка. З літературних джерел відомо, що антоціани здатні вловлювати три типи кисневих радикалів (пероксид радикал, гідроксил радикал та пероксинітрит). Встановлено, що чим більша концентрація антоціанів у ягодах, тим вища антиоксидантна активність.

Біологічна цінність антоціанів:

- ❖ є сильними антиоксидантами та нейтралізують дію вільних радикалів;
- ❖ допомагають при порушеннях серцевої та судинної діяльності;
- ❖ гальмують запальні процеси, активізують опір
- ❖ організму канцерогенів, вірусів;
- ❖ захищають судини, зменшують ламкість капілярів.

Дубильні речовини, що входять до складу ягід і листя, мають здатність зв'язувати і знешкоджувати деякі важкі метали, шкідливі для організму, наприклад, солі цезію і свинцю. Дубильні речовини перебувають у стеблах, коренях і кореневищах, і навіть у шкірці ягід брусниці. Вміст дубильних речовин у ягодах коливається від 100 до 400 мг%.

Здебільшого дубильні речовини представлені таніном, вміст якого зменшується з дозрівання плодів.

Біохімічний склад ягід брусниці доповнює комплекс мінеральних речовин. З макроелементів у ягодах брусниці переважає калій близько 685 – 1160 мг на кг свіжих ягід. Солі калію забезпечують необхідний рівень вмісту води в тканинах, нормальну роботу серцевої м'язи. Фосфор та кальцій є найголовнішими складовими частинами кісткової системи. Кальцій накопичується в ягодах у кількості 95 – 400, а фосфор – 45 – 165 мг/кг сирої маси ягід. Магній має велике значення для роботи серця та стану всієї м'язової системи; вміст магнію коливається не більше 23 – 75 мг на кг сирих ягід.

Натрій регулює водний обмін, вміст натрію в ягодах коливається не більше

70 – 170 мг на кг сирих ягід.

З мікроелементів у ягодах брусниці ідентифіковані йод, барій, бор, кобальт, нікель, олово, срібло, титан, хром, цинк, алюміній, що відіграють важливу роль у життєдіяльності людини.

Таким чином, наведені в літературі дані дозволяють гідно оцінити весь спектр корисних властивостей ягід брусниці, обумовлених унікальним набором міnorних і біологічно активних речовин ягід, що грають надзвичайно важливу роль у забезпеченні нормального функціонування організму людини, а також природних барвників і консервантів, що обумовлює широкі можливості застосування харчової цінності продуктів харчування та надання їм функціональних властивостей.

Нині асортимент харчової продукції з ягід брусниці досить обмежений. В основному це виробництво замороженої продукції, варення, компотів, морсів, маринадів, соусів.

В останні роки велику популярність набуло виробництво плодово-ягідних порошків. Основними перевагами порошкоподібних продуктів є здатність до відновлення при додаванні рідини, зручність у транспортуванні та зберіганні. Висушений продукт має мікробіологічну та хімічну стабільність. До переваг сухих продуктів обов'язково слід віднести продовження термінів придатності, а головне - високу концентрацію біологічно-активних сполук вихідної сировини.

При цьому суттєво розширюється сфера застосування плодів та ягід: фармакологія, кулінарія, хлібобулочна, кондитерська, молочна та ін. промисловості.

Відомі дві принципово різні технологічні схеми виробництва плодово-ягідних порошків, що фасують в герметичну тару. Порошки, отримані з добавками, набувають більшої харчової цінності і більш стійкі при зберіганні.

У світлі вищевикладеного основним завданням наукових розробок у галузі порошкових технологій є обґрунтування, вибір та раціональне поєднання способів попередньої обробки ягідної сировини та висушування, що сприяють максимальному використанню та збереженню корисних для здоров'я людини

природних компонентів сировини та отримання ягідних напівфабрикатів для застосування у складі рецептур продуктів харчування для підвищення харчової цінності та в антиоксидантів.

1.2 Сучасні способи висушування плодів та ягід

Відмінність різних способів сушіння харчової сировини полягає у методі видалення вологи з продукту. Вибір способу сушіння залежить від морфолого-анатомічної будови сировини та її хімічного складу.

Нерідко поліпшення якості висушеного продукту можна використовувати комбіновані способи зневоднення.

Найпоширенішими способами сушіння є:

Природне сушіння харчової сировини використовується за сприятливих кліматичних умов. Здійснюється вона простим розкладанням продукту на стелажах, щитах чи сітках. Сушіння проходить на відкритому повітрі.

Проведено дослідження щодо впливу умов природного сушіння на збереження поліфенольних сполук у ягодах брусниці, журавлини, лохини та чорниці. Природне сушіння здійснювали при кімнатній температурі (20 – 25 °C). За природних умов сушіння втрати поліфенольних речовин, що окислюються, незначні і в середньому склали: для ягід брусниці – 14 %, журавлини – 4,3%, лохини – 2,17%, чорниці – 2,14%. Проте було зазначено, що тривалість природного сушіння становила 65 днів. У зв'язку з цим застосування природного сушіння у виробництві є недоцільним.

Отримано дані про вплив природного сушіння на збереження БАР у плодах лимонника. Дослідження показали, що при природному сушінні втрачається частина біологічно активних компонентів. У перші години сушіння навіть відбувається підброджування продукту, за рахунок чого губляться речовини, що редукують, і окислюються поліфенольні сполуки.

Показано, що природне (повітряно-тіньове) сушіння призводить до зниження кількості антоціанів у ягодах чорниці на 44,8 %, а катехінів – на 65 % порівняно з

вихідною сировиною.

Конвективний спосіб сушіння. При цьому способі сушіння за рахунок сполученої продукту теплової енергії йде випаровування вологи, що знаходиться в продукті, а видалення парів вологи здійснюється сушильним агентом.

Проведено дослідження щодо сушіння ягід брусниці, журавлини, лохини, чорниці при температурі 50°C [14]. Початкова вологість ягід брусниці, журавлини, лохини, чорниці становила 84,32 %, 85,31 %, 87,93 %, 85,21 % відповідно. Тривалість сушіння становила 12 годин. Оцінка органолептичних показників ягідних порошків брусниці та журавлини показала, що порошки мали виражений запах, властивий вихідній сировині. Однак у обох зразків спостерігалася зміна кольору. Інтенсивно темний відтінок спостерігався у порошків, одержаних із висушених ягід, за рахунок оболонки ягід. Встановлено, що при конвективному способі найбільш нестабільні до впливу температури антоціани, їх вміст у ягодах брусниці знизився вдвічі порівняно з вихідною концентрацією.

Наведено дані щодо вибору режимів конвективного сушіння обліпихового жому з вологістю 60 – 62 % [13]. Показано, що для одержання порошку з кінцевою масовою часткою вологи 12 – 13 % температура сушильного агента повинна бути не більше 65 °C, тривалість сушіння 4 – 6 год. При збільшенні температури відбувається погіршення органолептичних показників.

Розроблено нову технологію фруктових та овочевих порошків із вторинної сировини сокового виробництва (вичавки, витерки, пюре) способом двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушіння, яка пропонується для впровадження на підприємствах, що виготовляють соки прямого віджиму.

Досліджено сушіння цибулі. Цибулеві скибочки розмірами 0,8×0,8×0,15 см, просочені розчином хлориду натрію в різних концентраціях (10 та 15 %) протягом 60 хв при 22 °C, піддавали сушінню на повітрі. Результати показують, що зразки, просочені 10 %-ним розчином NaCl, мали більш високу швидкість сушіння та коефіцієнти дифузії вологи. Час висихання цибулі може бути зменшено менш, ніж наполовину за рахунок введення часового осмотичного зневоднення в сольовому розчині. Висушені раніше осмосні зразки мали більш природне забарвлення, ніж

необроблені.

Кавітаційна сушка заснована на явищі кавітації, що спостерігається за певної інтенсивності звуку. Кавітація – утворення у рідині пульсуючих бульбашок (каверн, порожнин), заповнених парою, газом або їх сумішшю.

Мікрохвильовий спосіб сушіння заснований на вплив на зневоднюваний продукт інтенсивного електромагнітного поля надвисоких частот (НВЧ).

Обмеженням цього є відносно низький (60 %) ККД перетворення енергії електричного струму в енергію НВЧ поля в мікрохвильовому устаткуванні. У цьому доцільно застосовувати мікрохвильове устаткування при низьких значеннях вологості (нижче 50 %), тобто у тому діапазоні вологостей, де енергоємність цього нижча, ніж у конвекційного методу. Слід зазначити, що під впливом інтенсивного НВЧ поля відбувається практично повне знищення мікрофлори (зnezараження продукту), що збільшує термін придатності отриманого сухопродукту і робить мікрохвильове обладнання ще більш ефективним засобом промислового виробництва.

Показано ефективність використання розробленого способу НВЧ конвективного сушіння з потужністю НВЧ-генератора 0,36 кВт, швидкістю повітря 0,2 м/с.

Проведено дослідження мікрохвильового вакуумного сушіння грибною культури *Agaricus bisporus* у порівнянні з сушінням гарячим повітрям. Встановлено, що кінетика мікрохвильової вакуумної сушки протікає з більшою швидкістю порівняно з сушінням гарячим повітрям. Грибна культура висушена методом мікрохвильової вакуумної сушкою мала більш пористу структуру, ніж продукт, висушений на повітрі. Грибні скибочки висушувалися до досягнення вологості 6 % протягом 25 – 30 хв. Мікрохвильова вакуумна сушіння дозволила скоротити час сушіння на 70 – 90 %.

Проведено серію експериментів з вивчення впливу характеристик мікрохвильового сушіння на якість сухих продуктів. При використанні двостадійного мікрохвильового сушіння моркви досліджували вплив швидкості сушіння на вміст в моркві каротину. Вміст каротину зменшувалася зі збільшенням

потужності, що застосовується у другій стадії сушіння, та тривалістю першої стадії.

Акустичний спосіб сушіння. При цьому способі волога екстрагується з продукту, що піддається сушінню під дією звуку з відповідними характеристиками. Принципова особливість способу: сушіння продуктів протікає без підвищення температури. Реалізується "холодне" сушіння. Ця обставина знімає всі негативні наслідки, пов'язані з термічним впливом на сухопродукт.

Терморадіальний (інфрачервоний) спосіб сушіння полягає в поглинанні інфрачервоного випромінювання тілом, що опромінюється: в ньому збільшується тепловий рух атомів і молекул, що викликає його нагрівання. Видалення вологи можливе при невисокій температурі (+40 до +60 °C), що дозволяє практично повністю зберегти вітаміни, біологічно активні речовини, природний колір, смак і аромат продуктів, що піддаються сушінню.

Інфрачервоне обладнання застосовується для сушіння овочів та фруктів, харчових напівфабрикатів, закусок та готових страв.

Дослідження, проведені в Харківському університеті харчування та торгівлі, дозволили теоретично та експериментально довести, що використання ІЧ-випромінювання у технології сушіння плодово-ягідної сировини дозволяє максимально зберегти БАР у продукті, а основною метою при проектуванні сушарок з використанням інфрачервоного випромінювання є досягнення рівномірного розподілу теплового потоку від джерела. Дані, отримані в результаті дослідження, дозволили спроектувати простий в експлуатації та обслуговуванні промисловий зразок ІЧ-сушарки з мінімальною енерго- та металоємністю, а також реалізувати можливість використання вторинного теплоносія (нагріте повітря).

В основі *вакуумного сушіння* лежить зниження тиску, що призводить до істотного зниження температури продукту, що висушується. Цей метод застосовується в харчовій промисловості у двох напрямках: рідко з використанням високої температури і, найчастіше, у вигляді вакуумної сублімаційного сушіння, яка називається ще як сублімація або ліофілізація.

Процес вакуумного сушіння свіжозаморожених продуктів полягає у видаленні вологи в умовах вакууму. Це найбільш досконалий метод на сучасному

етапі, хоч і дещо дорогий.

У виробництві продуктів харчування сублімаційно-вакуумного сушіння використовується як засіб консервації шляхом заморожування свіжих продуктів і видалення з них рідини, що дозволяє практично повністю (до 95 %) зберегти в них поживні речовини, мікроелементи, вітаміни і навіть початкову форму, природний смак, колір і запах тривалий час (від двох до п'яти).

Процес сублімаційного сушіння включає три етапи:

Перший – *заморожування продукту*. Відбувається у швидкоморозильних установках чи субліматорі. У процесі збільшення вакууму матеріал охолоджується і заморожується за рахунок витрати теплоти на інтенсивне випаровування. У цей час випаровується 10 – 15 % всієї вологи. Закінчення заморожування визначається досягненні температури всередині продукту від -5 до -20 °С. Тривалість заморожування становить 10 – 15 хв.

Другий – *сублімація* – період постійної швидкості сушіння. У цей час видаляється переважна більшість вологи (60 % і більше). Чим більше вологи видаляється у період, краще зберігаються властивості продукту. Інтенсивність сушіння в цей період дорівнює інтенсивності випаровування.

Третій – *видалення залишкової вологи* – період спадної швидкості сушіння. На початок цього періоду закінчується сублімація льоду та температура продукту позитивна. У цей період видаляється пов'язана волога, яка не замерзла в продукті. На інтенсивність випаровування впливають структура, пористість продукту, що висушується, форма, розмір частинок. Швидкість сушіння зменшується, а температура продукту збільшується. У цей час видаляється 10 – 20 % всієї вологи.

Наукові дослідження, що проводяться із застосування сублімаційного вакуумного сушіння, спрямовані в основному на зниження енерговитрат і розробку режимів сушіння, що сприяють максимальному збереженню БАР та одержанню продукту з гідними споживчими характеристиками.

Створено вакуумну індукційну комбіновану сушарку, що сприяє формуванню пористості продукту, кращому збереженню смаку, кольору та запаху продукту. Цей вид сушіння дозволяє зменшити вплив температури на продукт, а

також скоротити енерговитрати.

Автори [22] запропонували спосіб низькотемпературного зневоднення ягідної сировини в середовищі вуглекислого газу при тиску вище атмосферного з наступним різким скиданням тиску під впливом електромагнітного поля низької частоти. Результати досліджень показали, що даний спосіб сушіння сублімації забезпечує більш інтенсивне перенесення вологи з глибинних шарів до поверхні продукту, отже, тривалість зневоднення скорочується. На думку авторів, представлений процес технологічної обробки журавлини дозволяє одержати продукт високої якості з максимальним вмістом біологічно активних речовин вихідної сировини.

У [16] представлені результати на вибір режимів сушіння ягід та її основні періоди (період постійної швидкості сушіння – видалається до 75 % вологи і період падаючої швидкості сушіння – видалається до 8 % вологи). Вивчено вплив режимів сублімаційного сушіння на вміст вітаміну С у плодах горобини.

У [24] розроблено спосіб вакуумної сушіння ягід, що характеризується тим, що сушіння здійснюється у два етапи. Подрібнену до 5 – 10 мм ягоду поміщають один шар у вакуумну камеру, де першому етапі сушіння залишковий тиск підтримують лише на рівні 8 – 12 кПа, а температуру – 60 – 65 °С. На другому етапі сушіння залишковий тиск знижують до 3 – 4 кПа, а температуру підвищують до 70 – 80 °С при величині теплового навантаження 3,85 – 7,35 кВт/м і сушать до досягнення в ягодах вологості 2 – 4 %.

Вчені [36] розробили спосіб вакуумної сушіння фруктів і ягід, що включає бланшування і подрібнення сировини. Сушіння здійснюється в два етапи: на першому етапі сушіння – етапі сублімації – залишковий тиск підтримують на рівні 10 – 30 Па, а на другому етапі сушіння залишковий тиск підвищують до 3 – 5 кПа включають інфрачервоні лампи нагріву, що підтримують температуру сушіння 70 – 80 °С.

Запропоновано спосіб сушіння замороженої плодово-ягідної сировини, що характеризується тим, що дефростацію і сушіння сировини здійснюють шляхом НВЧ-енергопідведення і вакууму при залишковому тиску 70 – 80 мм рт.ст.,

температурі 37 – 43 °С, питомої НВЧ-потужності 170 – 190 Вт.

Аналіз представлених у літературі даних показує, що для підвищення якості порошкового продукту ефективним є комбінування способів зневоднення та проведення попередньої обробки плодів та ягід, у тому числі механічної, теплової та фізичної.

1.3 Застосування плодово-ягідних порошків при отриманні харчових продуктів

Використання плодово-ягідних порошків у харчових технологіях є об'єктивною передумовою, що стимулює виробництво високоякісної конкурентоспроможної харчової продукції, що відповідає сучасним вимогам про харчування. Найбільш затребувані плодово-ягідні порошки при виробництві борошняних та кондитерських виробів, молочних та м'ясних продуктів, напоїв. Плодово-ягідні порошки широко застосовуються у громадському та індивідуальному харчуванні. Вони є сировиною для дитячого та дієтичного харчування.

Розроблено рецептуру та технологічну схему виробництва пісочного печива із застосуванням порошку обліпихи, отриманого на основі вторинного продукту - обліпихового жому, висушеного способом конвективного сушіння. Досліджено харчову цінність готових виробів. Показано, що застосування в рецептурі печива порошку обліпихи дозволяє збагатити готовий продукт біологічно активними речовинами ягід обліпихи. Встановлено збільшення вмісту вітаміну С – у 2,3 %, мінеральних речовин на 7,8 %, вітаміну В₁ – на 69 % порівняно з вмістом у печиві, отриманому за класичною рецептурою [22].

У роботі [18] обґрунтовано доцільність застосування ягідних порошків у рецептурах квасу. Показано, що зразки квасу, отримані з додаванням порошків брусниці і журавлини в кількості 20 % і порошків лохини і чорниці в кількості 25 %, мали колір, відповідний сировиною, були напівпрозорі з блиском, мали аромат з відтінком ягідного порошку, що вноситься, і кисло-солодкий смак.

Наведено дані, що демонструють позитивний вплив плодово-ягідних порошків на якість хлібобулочних виробів [14]. Встановлено, що внесення ягідних порошків (брусниці, журавлини, чорниці, лохини) у кількості 10 % сприяє підвищенню формостійкості (на 20; 22,2; 24,4; 26,7 % відповідно) і пористості тіста (на 4,1; 2,73; 6,45). При збільшенні дози ягідного порошку, що вноситься, було відзначено зниження пористості і формостійкості. Автори вважають, що компоненти ягідних порошків позитивно впливають на процеси міграції вологи в готових виробах, внаслідок чого підвищується якість готових виробів і збільшується термін їх придатності.

Вивчено фізико-хімічні властивості порошків з лимона, яблук та буряків та їх вплив на структурно-механічні властивості житньо-пшеничного тіста [16]. Відзначається зниження тривалості бродіння зразків із порошком із лимона на 12,5 %, з порошком із яблук та буряків на 10 та 6 % відповідно порівняно з контролем. При цьому тривалість вистоювання тістових заготовок суттєво не змінюється. Автори припускають, що скорочення бродіння тіста відбувається з допомогою активації мікрофлори тіста компонентами порошків.

Також було проведено широкий комплекс досліджень щодо застосування та вивчення впливу композицій тонкодисперсних фруктових та овочевих порошків на якість зтяжного тіста та готового печива. Як контрольний зразок було прийнято рецептуру зтяжного печива «Марія». Встановлено, що в дослідних зразках печива, отриманих із застосуванням композиції 1 (на основі порошків апельсина, банана, кабачка, яблука) та композиції 2 (на основі порошків груші, гарбуза, моркви, яблука) у кількості 7 % істотно вище вміст білка на 14,5 % на 11 – 40 %, мікроелементів – в 1,45 – 6 разів у порівнянні з контрольним зразком. Вміст селену в дослідних зразках збільшився майже втричі. Значно збільшується вміст ніацину (на 45 %), тіаміну (на 50 %), холіну (на 34 %), піридоксину (на 38 %). У середньому збільшився вміст фолієвої кислоти на 24 % та пантотенової кислоти на 29 %. Рекомендовано дозування першої та другої композиції рослинних порошків у кількості 7 % замість борошна у складі традиційної рецептури [8].

Таким чином, аналіз наведених у літературі даних показує, що застосування

плодово-ягідних порошків у харчових технологіях дозволяє інтенсифікувати технологічний процес, суттєво підвищити харчову цінність готових виробів, збагативши їх комплексом корисних для здоров'я людини компонентів сировини, надати нових відтінків смаку та аромату, розширити асортимент натуральної та корисної продукції.

Висновки за розділом

Дані, представлені в літературі, дозволяють охарактеризувати ягоди брусниці як перспективну рослинну сировину під час виробництва продуктів здорового харчування завдяки наявності комплексу корисних для здоров'я людини функціональних харчових інгредієнтів, природних антиоксидантів, а також натуральних барвників та консервантів.

Аналіз сучасних тенденцій у розвитку технологій переробки плодів та ягід показує, що в останні роки динамічно розвивається виробництво плодово-ягідних порошків як технологічних напівфабрикатів, зручних у зберіганні та транспортуванні. Сучасні технології висушування дозволяють максимально зберегти природні компоненти сировини та атрибути, властиві стиглим плодам та ягодам (смак, колір, аромат), забезпечити мікробіологічну та хімічну стабільність, збільшити термін придатності та отримати продукт з високою концентрацією біологічно активних речовин природної сировини. Останній фактор має вирішальне значення в оцінці ефективності переробки плодів та ягід та реалізації їх ресурсного потенціалу.

Аналіз сучасного стану та досягнень у галузі порошкових технологій показує, що для підвищення якості висушеного продукту нерідко застосовуються комбіновані способи зневоднення, а також попередня обробка плодів та ягід, серед яких найбільш поширеними є механічні та фізичні способи.

У той же час слід констатувати, що в технологіях переробки плодово-ягідної сировини дуже важливу роль відіграють ферментні препарати, застосування яких дає можливість розробити та впровадити якісно нові, екологічно безпечні

технології, збільшити вихід готової продукції, покращити її якість та знизити втрати біологічно активних речовин під час переробки сировини.

Однак, незважаючи на наявний досвід успішного застосування ферментів у різних харчових технологіях в літературі практично не зустрічається відомостей про застосування подібних прийомів при отриманні порошкових продуктів.

Метою роботи є експериментальне обґрунтування та розробка технологічних рішень для переробки ягід брусниці шляхом отримання порошкового концентрату та його застосування для підвищення харчової цінності продуктів харчування та як джерела природних барвників, консервантів та антиоксидантів.

Для досягнення поставленої мети визначено основні завдання:

- дослідити хімічний склад ягід брусниці з позиції харчової цінності та обґрунтувати доцільність проведення попередньої ферментативної обробки ягід при отриманні порошкового концентрату;

- провести напрацювання дослідної партії сублімованого порошкового концентрату на основі ферментованої мезги ягід брусниці та дати його характеристику за хімічним та гранулометричним складом, органолептичними показниками якості;

- розробити принципову технологічну схему отримання порошкового концентрату ягід брусниці;

- провести розрахунок кошторису витрат на проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія переробки ягід брусниці шляхом отримання порошкового концентрату.

Предмет дослідження – зв'язок показників якості ягід брусниці та вплив застосування ферментного препарату на характеристику сублімованого порошку ягід брусниці за хімічним та гранулометричним складом, органолептичними показниками якості.

2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Сировина та матеріали, що застосовувалися під час проведення досліджень

Під час проведення досліджень використовували:

- ❖ ягоди брусниці дикорослої;
- ❖ ферментний препарат Рапідаза CR (виробник – DSM-Food-Specialties, Франція);
- ❖ харчова сировина, що відповідає вимогам ДСТУ.

Загальна структурна схема проведення досліджень представлена рисунку 2.1.

2.2 Методи досліджень

2.2.1 Методи дослідження хімічного складу

Вміст масової частки вологи визначали методом Карла Фішера, заснованому на екстрагуванні води зі зразка відповідним розчинником і подальшому титруванні отриманого екстракту реактивом.

Вміст загального цукру (сумарного вмісту сахарози і цукрів, що редукують) визначали фотоколориметричним методом, заснованим на окисленні загального цукру дихроматом калію в сильноокислому середовищі.

Редукуючі цукри визначали прискореним йодометричним методом, заснованим на визначенні кількості окисленої міді до і після відновлення лужного розчину міді цукром.

Пектинові речовини визначали карбозольним методом, заснованим на отриманні специфічного фіолетово-рожевого забарвлення уронових кислот з карбазолом у сірчаноокислому середовищі.

Визначення харчових волокон проводили відповідно до ДСТУ ISO 2173:2007.

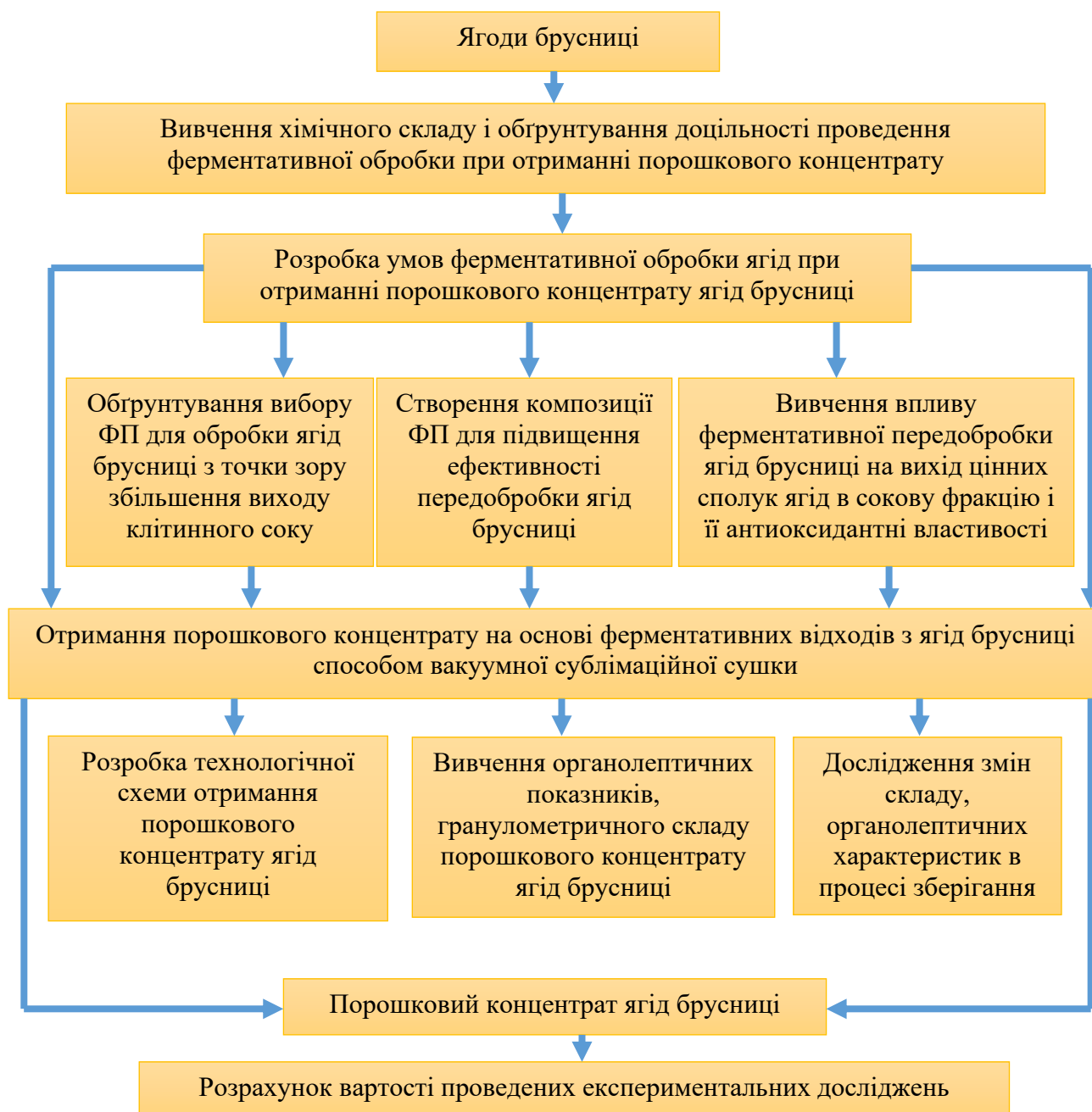


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема проведення дослідження

Визначення вмісту кислот, що титруються, засноване на титруванні екстракту, отриманого з відомої навішування досліджуваного продукту, розчином 0,1н лугу в присутності фенолфталеїну.

Вміст вітаміну С визначали відповідно до ДСТУ 7803:2015.

Визначення вмісту золи проводили відповідно до ДСТУ ISO 763:2013.

2.2.2 Спосіб одержання порошкового концентрату ягід брусниці

Порошковий концентрат ягід брусниці отримували на кафедрі харчових технологій способом сублімаційного вакуумного сушіння з використанням лабораторно-побутової сушарки типу СС-0,2.

Висновки за розділом

В даному розділі дипломної роботи розглянуто сировину та матеріали, що застосовувалися під час проведення досліджень, розроблено послідовність проведення у вигляді схеми, а також розглянуто основні методи проведення досліджень.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Дослідження хімічного складу ягід брусниці

Дослідження біологічно активних речовин, що входять до складу ягід брусниці, з давніх-давен цікавить дослідників різних країн світу, насамперед через велику популярність ягоди в народній медицині. Брусницю приймають з метою зміцнення імунітету при авітамінозі як жарознижувальний засіб. Ягода має уропротекторну, ранозагоювальну дію, також застосовується при гіпертонії та невротенні, через те, що брусниця у своєму складі містить великий спектр біологічно активних речовин, мікроелементів і вітамінів, до того ж ягоди мають невелику калорійність. Брусниця значною мірою насичена бензойною кислотою, завдяки якій ягоди мають тривалий термін зберігання. Брусниця має антисептичні властивості, тому, що у своєму складі містить саліцилову кислоту, що наділяють ягоди протимікробною та протизапальною дією. Однак слід враховувати, що формування її біохімічного складу, а також харчової цінності ягід може залежати від факторів. До подібних факторів слід віднести температуру навколишнього середовища, склад ґрунту, вологість повітря, інтенсивність світлового потоку та ін.

У таблиці 3.1 наведено результати досліджень хімічного складу ягід брусниці дикорослої, урожаю 2024 року.

Лідером серед сухих речовин ягід брусниці безперечно є цукри 47,7 г/100 г СР та органічні кислоти 25,2 г/100 г СР. Калорійність ягід брусниці на 100 г ягід становить 33 ккал, що дозволяє вважати даний продукт низькокалорійним і легко засвоюваним.

Органічні кислоти надають характерного кислого смаку ягодам і, створюючи кисле середовище, сприяє захисту ягід від інфікуючої мікрофлори. Органічні кислоти в ягодах брусниці представлені лимонною, яблучною, винною, щавлевою, бензойною, саліциловою кислотами. У найбільшій кількості в ягодах містяться лимонна та яблучна кислоти. Вони сприятливо впливають на діяльність шлунково-кишкового тракту. Повністю окислюючись в організмі, вони дають 2 – 3,5 ккал,

утворюючи при окисленні вуглекислоту та воду, які швидко виводяться з організму, зменшуючи набряки. Бензойна кислота, що міститься в незначній кількості, має антисептичні властивості, виступає як консервант і перешкоджає утворенню плісняв. Наявність саліцилової кислоти наділяє брусницю не лише антисептичними властивостями, а й протимікробними та протизапальними. Завдяки цьому брусниці можна застосовувати як жарознижувальний засіб.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад ягід брусниці

Найменування компонента	Вміст, г/100 г	
	Ягід брусниці (сирої маси)	Сухої речовини
Вода	84,50	
Білок	0,70	4,51
Загальний цукор, зокрема редуючі цукру	7,40	47,7
	4,43	28,5
Органічні кислоти (титровані) (у перерахунку на лимонну кислоту)	3,90	25,2
Геміцелюлоза	0,61	3,93
Целюлоза	1,28	8,25
Пектинові речовини, розчинний пектин протопектин	0,81	5,22
	0,56	3,61
	0,25	1,61
Лігнін	0,5	3,22
Вітамін С, мг	24,8	160
Зола	0,2	1,29

Ягода брусниці в великій кількості містить харчові волокна, що сприятливо впливають на травлення, такі як целюлоза, геміцелюлоза, пектин. Вміст целюлози в ягодах становить 8,25 г/100 г, геміцелюлози – 3,93 г/100 г (таблиця 3.1). Пектин у ягодах присутній у вигляді розчинного пектину та протопектину, він зв’язує токсичні речовини та виводить їх з організму. Розчинний пектин міститься в ягодах у кількості 3,61 г/100 г СР, протопектин 1,61 г/100 г СР (таблиця 3.1).

У складі брусниці також міститься білок, його вміст становить 4,51 г/100 г

СР (таблиця 3.1).

Особливу увагу слід приділити вітаміну С, який синтезується у брусниці (порівняно з іншими вітамінами) у найбільшій кількості. Відомо, що вітамін С бере участь в окислювально-відновних процесах, тканинному диханні. Вміст вітаміну становить 24,8 мг/100 г сирової маси (таблиця 3.1). Інші вітаміни містяться в ягодах у значно менших кількостях, але своєю присутністю суттєво доповнюють комплекс корисних властивостей ягід брусниці, розширюючи спектр фізіологічної дії, яку вони надають. До них слід віднести тіамін (В₁), рибофлавін (В₂), ніацин (РР) бета-каротин.

Безумовну цінність ягодам брусниці надає високий вміст поліфенольних сполук, таких як антоціанів, лейкоантоціанів, катехінів, флавонів і флавонолів і фенольних кислот, що мають виражену Р-вітамінну дію і отримали назву біофлавоноїдів.

Вміст поліфенольних сполук у ягодах брусниці становить 679,2 мг/100 г ягід (таблиця 3.2) [11].

Таблиця 3.2 – Вміст поліфенольних речовин у ягодах брусниці [11]

Компонент	Вміст, мг/100 г ягід
Поліфенольні сполуки	679,2
Антоціани, мг	301,1
Проантоціанідини, мг	7,80

У ягодах брусниці синтезується унікальний набір природних пігментів таких як хлорофіл, каротиноїди та антоціани, що дає підставу розглядати ягоди брусниці як джерело природних барвників. До складу незрілих, зелених ягід брусниці входять в основному хлорофіл і каротиноїди, в бурих ягодах містяться всі три групи пігментів, а в стиглих ягодах переважають каротиноїди і антоціани. Причому в цьому природному дуєті домінують антоціани.

У таблиці 3.3 наведено результати досліджень мінерального складу ягід брусниці.

Таблиця 3.3 – Вміст деяких макро-, мікроелементів та «важких» металів у ягодах брусниці

Найменування елемента	Вміст, мг/кг	Найменування елемента	Вміст, мг/кг
Калій	730,0	Мідь	19,1
Кальцій	230,1	Кремній	5,1
Фосфор	198,6	Літій	1,3
Марганець	92,2	Срібло	0,98
Натрій	81,4	Нікель	0,54
Магній	48,0	Хром	0,3
Залізо	38,2	Токсичні елементи	
Алюміній	26,4	Кадмій	н.в.
Цинк	21,0	Свинець	0,09

З макроелементів у ягодах брусниці у найбільших кількостях представлені калій, кальцій, фосфор, натрій, магній. Їх зміст становило 730,0; 230,1; 198,6; 81,4; 48,0 мг/кг свіжих ягід відповідно (таблиця 3.3).

З мікроелементів у суттєвих кількостях є марганець, залізо, алюміній, цинк, мідь, кремній. Їх зміст відповідно: 92,2; 38,2; 26,4; 21,0; 19,1 мг/кг свіжих ягід (таблиця 3.3).

Виявлено також кремній, літій, срібло, нікель, хром. Мікроелементи, що входять до складу різноманітних біологічно активних сполук, відіграють важливу роль у підтримці здоров'я людини.

Таким чином, отримані результати показують, що лісова ягода брусниці є безперечним інтересом для харчової промисловості та створення продуктів нового покоління, що відповідають сучасним вимогам науки про харчування, оскільки є природним носієм корисних для здоров'я людини харчових речовин, функціональних харчових інгредієнтів, натуральних барвників, консервантів та антиоксидантів.

3.2 Обґрунтування вибору ферментного препарату та доцільності його застосування для обробки ягід брусниці

Вибір ФП визначається насамперед хімічним складом рослинної сировини і реалізованими завданнями. сукупності своєї утворюють структуру рослинної клітини. Характер взаємодії цих полісахаридів між собою і з іншими компонентами клітин – розрізнений. Причому, міцність взаємозв'язку зростає у напрямку целюлоза – геміцелюлоза – пектин [19].

Ферментні препарати викликають повне руйнування первинного стану тканин плодів, зменшують молекулярну масу та знижують в'язкість пектинових речовин, що сприяє збільшенню виходу соку та розчинних сухих речовин ягід: цукрів, органічних кислот, вітамінів, флавоноїдних сполук, природних барвників та антиоксидантів [19]. Наявність у ягодах брусниці різних форм пектинових речовин: протопектину $1,61 \pm 0,45$ г/100 г СР та розчинного пектину $3,61 \pm 0,58$ г/100 г СР (таблиця 3.1) обумовлює доцільність застосування ФП.

У даній роботі для досліджень вибрали ферментний препарат Рапідаза СР (виробник-DSM-Food-Specialties, Франція).

Ефективність застосування ФП для обробки ягід брусниці оцінювали збільшення частки сокової фракції в меззі ягід.

Для проведення гідролізу, ягоди подрібнювали, отриману мезгу вносили ФП в різній концентрації і вели гідроліз в оптимальних для дії ферменту умовах (45°C) протягом 3-х годин.

Діапазон концентрацій вибирали, ґрунтуючись на літературних даних щодо застосування ФП для обробки плодово-ягідної сировини, які склали 0,01 – 0,04 % до маси переробної сировини [14, 17]. Через певні проміжки часу ФП інактивували нагріванням і визначали частку сокової фракції в меззі ягід брусниці. Для цього сік віджимали пресуванням. Контролем служила мезга ягід брусниці, не піддана обробці ФП.

Як свідчать отримані результати застосування обраного ФП для обробки ягід брусниці сприяє збільшенню частки сокової фракції в меззі ягід. На рисунку 3.1

приведені результати проведених досліджень. Причому найпомітніші зміни відбуваються протягом першої години обробки.

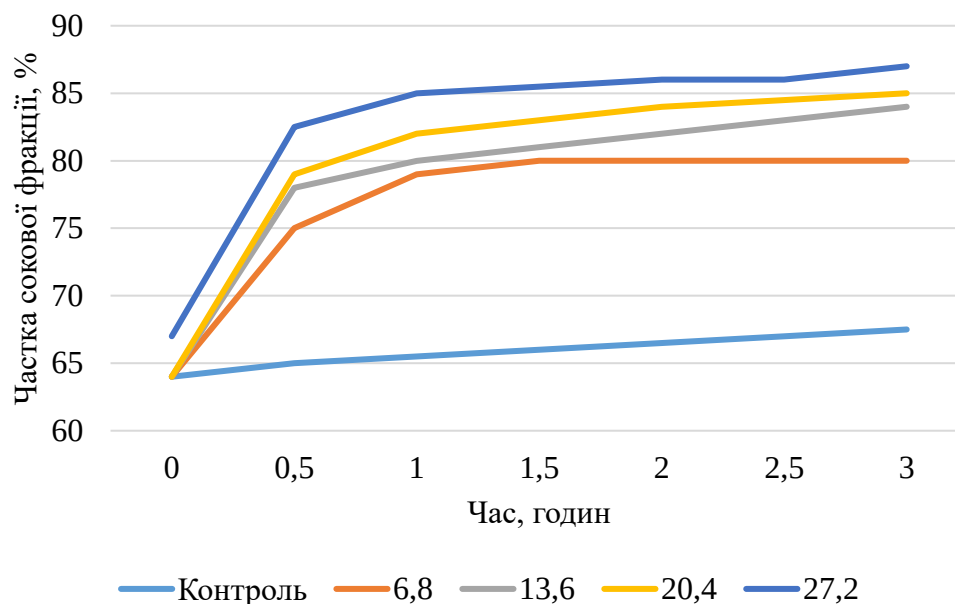


Рисунок 3.1 – Зміна частки сокової фракції в меззі ягід брусниці під дією ФП Рапідаза CR при різних концентраціях 6,8 – 27,2 од ПгА/г пектину

З урахуванням отриманих даних можемо рекомендувати дозування ФП Рапідаза CR для обробки ягід брусниці 6,8 – 13,6 одПгА/г пектину, використання яких через 1 – 1,5 години призводить до збільшення частки сокової фракції на 12 – 18 18 % порівняно з контролем (рисунок 3.1). Подальше збільшення часу обробки та дозування ферментів не приносить істотних результатів, тому вихід соку змінюється незначно.

Результати проведених експериментальних досліджень стали основою розробки процесуальної схеми попередньої ферментативної обробки мезги ягід брусниці при отриманні порошкового концентрату (рисунок 3.2).

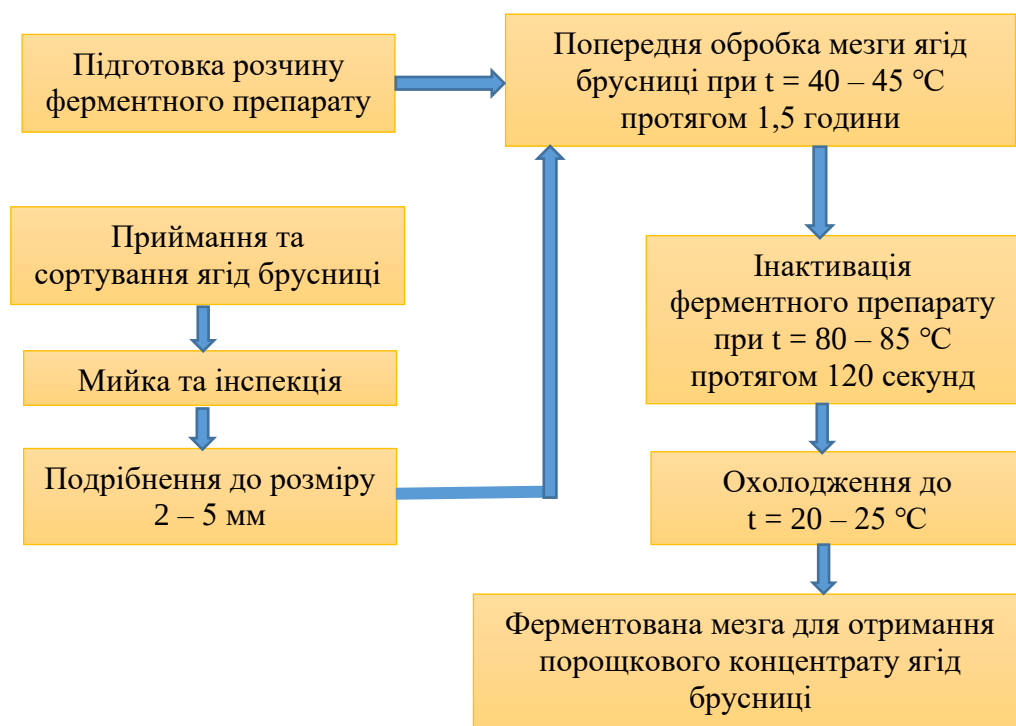


Рисунок 3.2 – Процесуальна схема попередньої обробки мезги ягід брусниці при отриманні порошкового продукту

3.3 Отримання та характеристика сублімованого порошкового концентрату ягід брусниці

Застосування ягід брусниці в харчових технологіях має сезонний характер, тому сучасні технології зберігання та переробки ягід брусниці повинні бути орієнтовані на максимальне використання та збереження біологічно активних речовин ягід та отримання технологічних напівфабрикатів, зручних у зберіганні, транспортуванні та застосуванні у виробничих процесах.

Сучасні способи висушування є високоефективними та прогресивними, що дозволяють комплексно вирішувати завдання раціонального використання природних біоресурсів.

Сучасним способом висушування та отримання рослинних порошків є вакуумне сублімаційне сушіння. Плоди та ягоди під час сушіння не піддаються впливу високих температур, що дозволяє максимально зберегти біологічну цінність сировини. Продукти, отримані з використанням цієї технології,

відрізняються високою якістю та гарною відновлювальною здатністю. Істотним мінусом сублімаційного сушіння є великі питомі енергетичні витрати, а також складне дороге обладнання.

Фізична основа технології вакуумного сублімаційного сушіння базується на використанні фазового переходу «лід-пар» із попередньо замороженого матеріалу. Відповідно до цього, ця технологія включатиме три етапи:

- ❖ заморожування – є найважливішим етапом, що багато в чому формує рівень якості кінцевого висушеного продукту. Кінцева температура замороженого продукту рослинного походження має забезпечити виморожування близько 85 – 90 % вологи;
- ❖ сублімація – це основний етап за тривалістю процесу, протягом якого відбувається видалення замороженої частини вологи фазовим переходом «лід-пар»;
- ❖ видалення залишкової вологи – період спадання швидкості сушіння, під час якого видаляється пов'язана, незамерзаюча волога.

Співвідношення кількості вологи, що видаляється на етапі сублімації та стадії досушування, залежить від температури сублімації, а також від теплофізичних характеристик кожного конкретного виду сировини. Зрештою отримують продукт із часткою вологи 1 – 10 %, що створює передумови щодо його тривалого зберігання за умов нерегульованих температур.

3.3.1 Одержання порошкового концентрату ягід брусниці

Порошковий концентрат ягід брусниці отримували способом вакуумного сублімаційного сушіння з використанням лабораторно-побутової сушарки типу СС-0,2, схема якої приведена на рисунку 3.3, загальний вигляд сушарки представлений на рисунку 3.4.

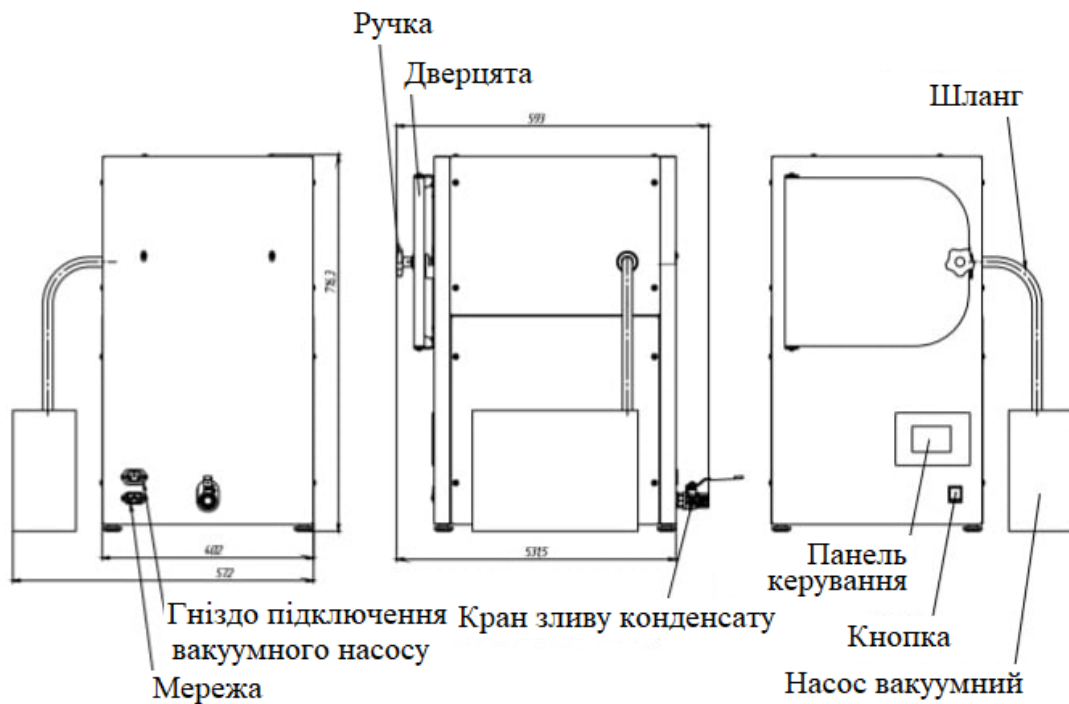


Рисунок 3.3 – Схема лабораторно-побутової сублимаційної сушарки СС-0,2

Побутова сублимаційна сушарка розроблена для використання в домашніх умовах, лабораторіях та на невеликих виробництвах, таких як кондитерські цехи, бари чи ресторани. Це компактний пристрій із простим та інтуїтивно зрозумілим інтелектуальним керуванням, який дозволяє проводити сублимаційну сушку навіть без спеціальних знань або досвіду.

Сушарка оснащена зручним контролером, а її зрозумілий інтерфейс робить роботу легкою для будь-якого користувача. Завдяки невеликим габаритам і сучасному дизайну вона чудово вписується в інтер'єр кухні, не займаючи багато місця. Працює від звичайної розетки 220 В.

Цей пристрій стане ідеальним рішенням для тих, хто бажає зберігати фрукти та ягоди цілий рік у натуральному вигляді. Продукти, висушені таким способом, зберігають свої корисні властивості та можуть зберігатися до 5 років.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд лабораторно-побутової сублімаційної сушарки
СС-0,2

Дана побутова сублімаційна сушарка оснащена спеціальною системою керування, що включає базові налаштування для швидкого старту. Усі параметри легко змінюються за допомогою зручних кнопок на сенсорній панелі управління.

При їх виготовленні використовуються надійні комплектуючі від перевірених постачальників, які мають відповідні сертифікати та проходять ретельне тестування перед продажем.

Модель СС-0,2 ідеально підходить для сушіння в домашніх умовах таких продуктів, як фрукти, овочі, м'ясо, сніданки швидкого приготування, кава тощо. Також може використовуватися в лабораторіях для експериментального висушування різних харчових продуктів.

Сушарка має простий блок керування, не потребує спеціальної підготовки чи навичок для роботи. Вбудовані модулі забезпечують безпечну експлуатацію, автоматичне регулювання режимів сушіння. Пристрій працює в напівавтоматичному режимі, не вимагає додаткового електроживлення чи спеціальних умов для використання.

На рисунку 3.5 приведено загальний вигляд камери сублімації з поміщеними

в нею тацями для сушіння фруктів.



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд камери сублімації

Перед початком роботи проводять санітарну обробку внутрішніх поверхонь камери, листів, вимірювальних частин термопар, а також іншої тари, що контактує з об'єктом сушіння. Перед початком процесу висушування проводили підготовку ягід брусниці із застосуванням ферментних препаратів. Ферментативно оброблену мезгу ягід брусниці поміщали на листи з нержавіючої сталі (рис. 3.6), в продукт поміщали термопари для регулювання температури, після чого листи встановлювали на плити десубліматора.



Рисунок 3.6 – Підготовка ферментованої ягідної мезги

Заморожений продукт на деко поміщається в несучу раму між електронагрівачами в сушильній камері при радіаційному енергопідведенні.

За допомогою автоматизованого пульта управління, що має вихід на

комп'ютер, задавали параметри сушіння:

- ❖ температура на етапі видалення вологи фазовим переходом «лід-пар» склала мінус 20 – мінус 22 °С;
- ❖ максимальна температура на етапі досушування 36 – 38 °С;
- ❖ середній тиск у камері – 100 Па;
- ❖ загальна тривалість сушіння – 12 годин;
- ❖ масова частка вологи в кінцевому продукті – 5 %.

Висушений продукт – порошковий концентрат ягід брусниці (ПКБ) був досить щільним шаром з тендітною консистенцією. При вивантаженні з листа легко подрібнювався. Після вивантаження отриманий продукт подрібнювали додатково міксером, призначеним для роботи з порошковими продуктами.

3.3.2 Вивчення органолептичних показників, гранулометричного, хімічного складу порошкового концентрату ягід брусниці

Органолептична оцінка – найважливіший показник якості, оскільки він визначає попит на споживчому ринку товарів (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Органолептичні показники ПКБ

Найменування показника	Опис
Консистенція, колір, смак та аромат	Дрібнодисперсний розсипчастий порошок, характерний брусничний смак та аромат добре виражені. Смак – приємний, характерно кислий, властивий стиглим ягодам брусниці. Аромат – насичений властивий ягодам брусниці. Без стороннього присмаку та запаху.

Основною характеристикою порошкових продуктів є оцінка їхнього гранулометричного складу. Відомо, що у порошках дисперсна фаза – тверда речовина, а дисперсійне середовище – газ. Розмір частинок одного й того самого продукту може значно коливатися. Розмір частинок порошку залежить від способів механічної обробки ягід, способів одержання порошку, масової частки вологи

готовому продукті.

Для аналізу повного гранулометричного складу полідисперсного порошку ягід брусниці використовували інформаційно-вимірвальну систему, створену на базі мікроскопа Biolam ЛОМО С-11.

Принцип дії інформаційно-вимірвальної системи ґрунтується на аналізі зображень, отриманих за допомогою мікроскопа Biolam ЛОМО С-11 для порошку, напиленого на предметне скло. Аналіз зображень здійснювався з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

Дана система контролю підходить для полідисперсних порошків, середній еквівалентний діаметр частинок не більше 500 мкм.

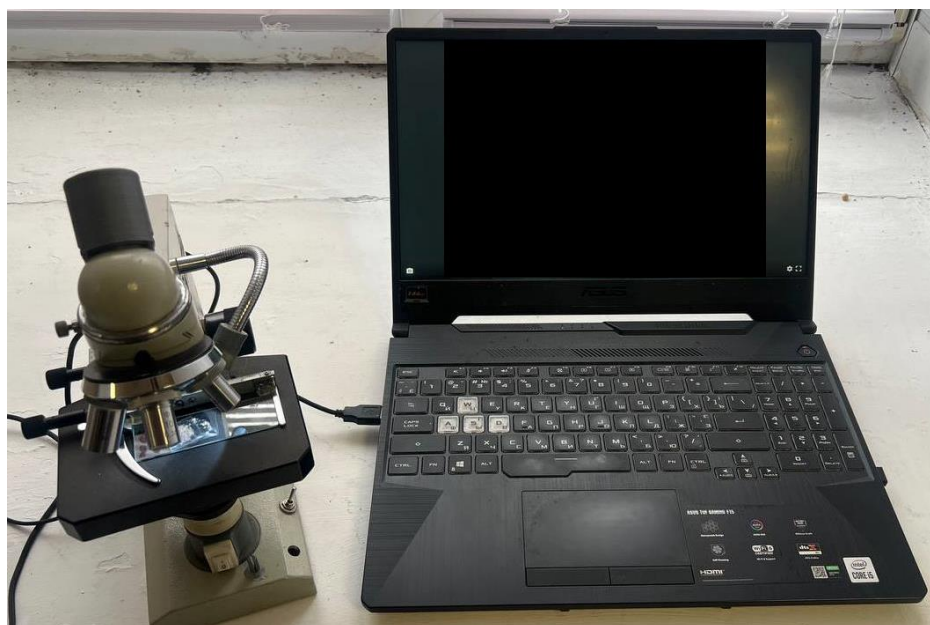


Рисунок 3.7 – Інформаційно-вимірвальна система на базі мікроскопа Biolam ЛОМО С-11

На рисунку 3.8 представлено криву розподілу частинок порошкового концентрату ягід брусниці (ПКБ).

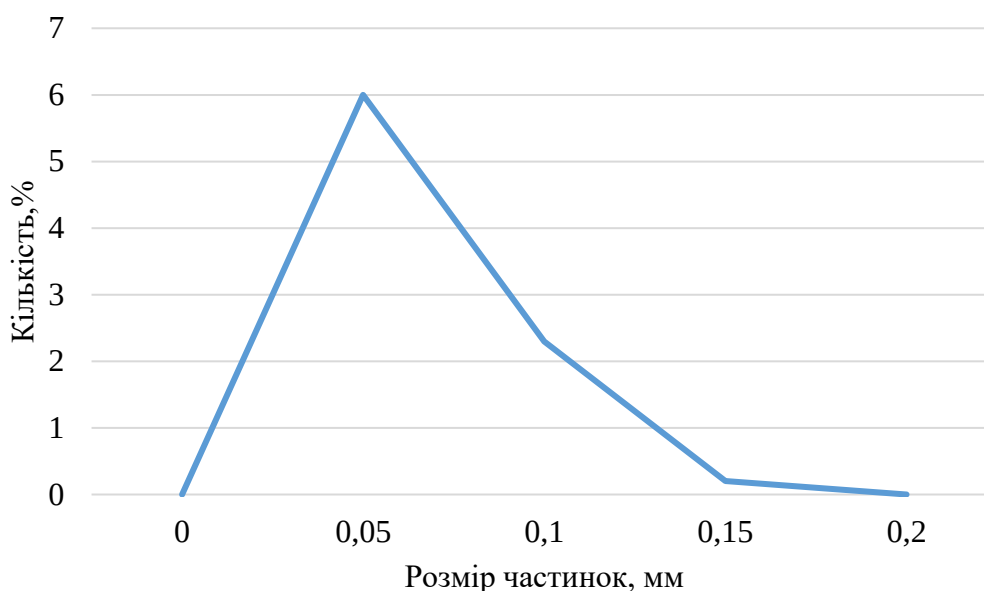


Рисунок 3.8 – Крива розподілу частинок ПКБ за розміром

У ході досліджень було встановлено, що середнє еквівалентне значення крупності частинок становило 53 мкм. Коефіцієнт асиметрії 0,5; коефіцієнт варіації 0,48; середньоквадратичне відхилення 0,024.

Як впливає з отриманих даних, у ПКБ присутні частки від 10 до 130 мкм (рисунок 3.8, таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Кількісний розподіл частинок у ПКБ за розміром, %

Зразок/ розмір	Менше 1 мкм	10 мкм	30 мкм	50 мкм	65 мкм	80 мкм	95 мкм	110 мкм	130 мкм
ПКБ	75	1,4	4	6	5,5	4	2,4	1	0,5

Як видно з таблиці 3.5, основною є фракція з частинками менше 1 мкм, кількість найбільших часток – 130 мкм становило 0,5 %, середнє значення крупності частинок 53 мкм (близько 6 %). Отриманий ПКБ можна вважати дрібнодисперсним і віднести до підгрупи – пудри, порошки з розміром частинок менше $2 \cdot 10^{-6}$ м.

Важливим показником якості плодово-ягідних порошкових продуктів, що зумовлює їх доцільність при отриманні харчових продуктів, є хімічний склад.

Проведені комплексні дослідження з вивчення хімічного складу порошкового концентрату ягід брусниці.

Як показують дані, представлені в таблиці 3.6, ПКБ характеризується високим вмістом цукрів і органічних кислот, що формують специфічний смак продукту.

Як свідчать дані досліджень, у спектрі органічних кислот домінуюча роль належить лимонній кислоті, її вміст 16,22 г/100г (таблиця 3.7). Лимонна кислота в харчовій промисловості (у хлібопеченні, для виробництва шипучих напоїв, лікеро-горілчаних, кондитерських виробів, желе, кетчупу, майонезу, джему, плавленого сиру, холодного тонізуючого чаю, рибних консервів) використовується як регулятор кислотності, для захисту від протікання деструктивних процесів, надання характерного кислуватого смаку продукції.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад ПКБ

Найменування компонента	Вміст у 100 г
Вода, г	5,0
Зола загальна, г	1,1
Загальний цукор, г	39,2
Білок, м	4,2
Харчові волокна, г	20,3
Органічні кислоти (у перерахунку на яблучну), г	24,4
Поліфенольні сполуки, мг	3332
Антоціани, мг	1237
Вітамін С, мг	139,6
Проантоціанідини, мг	28,5
Флавіони та флавоноли (у перерахунку на рутин),	711,3
Таніни, мг	1208

Найбільш типовою для плодів та ягід є яблучна кислота, яка присутня в ПКБ у кількості 1,86 г/100г, з-поміж інших виявлена хінна кислота в кількості 5,61 г/100г ПКБ (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 – Вміст деяких органічних кислот у ПКБ

Найменування кислоти	Вміст кислот, г/100 г
Хінна	5,61
Яблучна	1,86
Лимонна	16,22

З вітамінів у ПКБ визначали вміст вітаміну С, що акумулюється у ягодах брусниці у найбільших кількостях, який становив 139,6 мг/100 г.

Доповнюють харчову цінність ПКБ мінеральні речовини, присутні у широкому спектрі макро- та мікроелементів (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Вміст деяких мінеральних речовин у ПКБ

Найменування елемента	Вміст, мг/кг	Найменування елемента	Вміст, мг/кг
Калій	4363,8	Фосфор	2134,4
Кальцій	1058,8	Магній	568,9
Алюміній	31,5	Марганець	211,1
Цинк	12,1	Натрій	72,8
Залізо	40,9	Нікель	0,8
Кремній	23,34	Літій	0,8
Срібло	0,11	Хром	0,65

Порівняльний аналіз результатів досліджень мінерального складу ПКБ показав, що механічне подрібнення ягід брусниці та подальша ферментативна обробка мезги ягід дозволяє перевести в сокову фракцію мезги (розчинну форму) більшою чи меншою мірою весь комплекс мінеральних речовин ягід. Лідирують калій, фосфор і кальцій (4363,8 мг/100 г, 2134,4 мг/100 г і 1058,8 мг /100 г відповідно), зберігаючи практично однакові пропорції (таблиця 3.8). У суттєвих кількостях є магній 568,9 мг/кг. Порівняно з іншими макроелементами – незначний вміст натрію (72,8 мг/кг) (таблиця 3.8).

З мікроелементів у значних кількостях присутні марганець, залізо, алюміній, кремній та цинк. Присутність літію, нікелю, хрому та срібла доповнює спектр

мінеральних речовин ПКБ.

Таким чином, ПКБ, отриманий на основі ферментованої мезги ягід за допомогою вакуумного сублімаційного сушіння, являє собою дрібнодисперсний порошок, який відповідно до даних гранулометричного аналізу можна віднести до підгрупи пудри. ПКБ містить різноманітний комплекс цінних природних компонентів, функціональних харчових інгредієнтів, міnorних та біологічно активних речовин та є носієм натуральних барвників та консервантів. Все це в сукупності дає підставу позиціонувати сублімований ПКБ як перспективний натуральний інгредієнт, застосування якого при отриманні харчових продуктів дозволить коригувати харчову цінність готових виробів, розширити асортимент продукції, збагативши її новою палітрою і смаком.

3.4 Дослідження змін складу органолептичних характеристик порошкового концентрату ягід брусниці

Будь-який харчовий продукт повинен відповідати вимогам безпеки, які забезпечують збереження здоров'я людини.

Важлива перевага порошкових продуктів у тому, що вони характеризуються низьким значенням показника активності води, у яких діяльність мікроорганізмів майже повністю придушена. Водночас відомо, що у продуктах з низьким значенням масової частки вологи може відбуватися втрата водорозчинних речовин, зокрема вітамінів. Біологічно активні речовини вкрай чутливі до ультрафіолетового світла, вплив температури; процес їх руйнування може ініціювати контакт із киснем повітря вуха. Тому для організації раціональної технології зберігання великого значення набувають пакування та умови зберігання. Упаковка повинна бути обов'язково вологостійка і герметична, що ізолює порошковий продукт від навколишнього середовища і запобігає можливому контакту з нею. В даний час для сублімованих продуктів застосовують ємності зі скла, бляшанки, упаковки з комбінованих матеріалів на основі алюмінієвої фольги; можуть бути використані пакети з полімерної плівки, що не пропускають світло і

кисень, паперові мішки з поліетиленовим вкладишем. При необхідності продукт упаковують у ємність заповнену інертним газом. Вид упаковки впливає терміни придатності.

Для дослідження змін, що відбуваються в процесі зберігання, ПКБ упаковували у пакети фольговані з поліетилентерефталату та поліетилену (ПЕТ-Ф-ПЕ) та закладали на зберігання.

З урахуванням літературних даних встановили термін зберігання: 6 місяців у темному сухому місці при кімнатній температурі.

У процесі зберігання досліджували:

- ❖ органолептичні показники;
- ❖ мікробіологічний стан;
- ❖ зміна вмісту вітаміну С та антоціанів.

Одним із важливих критеріїв оцінки служили органолептичні показники ПКБ. Результати органолептичної оцінки представлені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Органолептичні показники ПКБ на кінець терміну зберігання

Найменування показника	Опис
Зовнішній вигляд та консистенція	Незначне спостереження та утворення невеликих грудочок
Колір	Червоний, характерний ягодам брусниці
Смак та аромат	Смак та аромат добре виражені. Смак приємний, характерно-кислий, притаманний ягодам брусниці. Без стороннього присмаку та запаху

Дані, подані у таблиці 3.9, показують, що у процесі зберігання суттєвих змін органолептичних показників ПКБ не відбулося – споживчі характеристики залишаються на високому рівні. До кінця терміну зберігання в порошок спостерігається не значне утворення невеликих грудочок, які легко розсипаються при невеликому зусиллі.

Результати дослідження змін вмісту вітаміну С та антоціанів у ПКБ у процесі

зберігання представлені на рисунках 3.9 та 3.10.

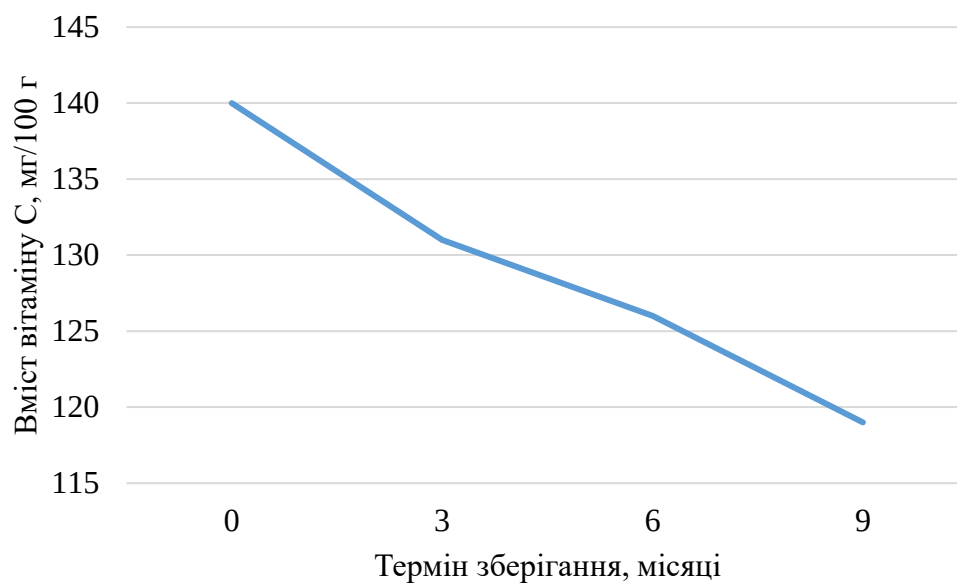


Рисунок 3.9 – Динаміка вмісту вітаміну С у ПКБ у процесі зберігання

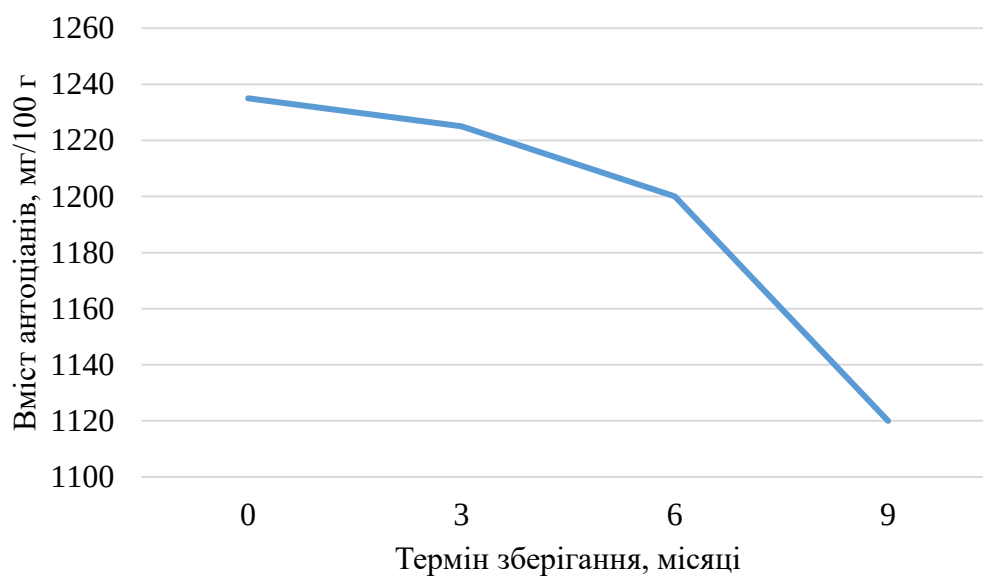


Рисунок 3.10 – Динаміка вмісту антоціанів у ПКБ у процесі зберігання

Як свідчать отримані результати, вітамін С та антоціани досить стабільні протягом усього періоду зберігання ПКБ (рис. 3.9, рис. 3.10). Їхні втрати на кінець терміну становлять відповідно 14,6 % і 9,5 % відповідно.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити висновок,

що сублімований ПКБ при зберіганні в упаковці з ПЕТ-Ф-ПЕ при кімнатній температурі зберігає високі органолептичні показники протягом усього періоду зберігання (9 місяців). При цьому мають місце незначні втрати вітаміну С та антоціанів до кінця терміну зберігання: 14,6 % та 9,5 % відповідно.

Висновки за розділом

Вивчено хімічний склад ягід брусниці звичайної. Отримані дані переконливо демонструють, що ягоди брусниці містять унікальну комбінацію цінних природних компонентів, антиоксидантів, біологічно активних речовин, натуральних барвників і консервантів і є найважливішим джерелом неаліментарних компонентів їжі - харчових волокон, які мають численні фізіологічні ефекти, що й обумовлено істотну роль забезпеченні нормального функціонування організму людини.

З урахуванням даних хімічного складу ягід брусниці зроблено вибір ФП Рапідаза CR, і дана характеристика з позиції доцільності їх застосування для обробки мезги ягід брусниці.

Показано, що попередня обробка мезги ягід брусниці ФП призводить до збільшення частки сокової фракції на 12 – 18 %.

З урахуванням отриманих результатів розроблено процесуальну схему проведення попередньої ферментативної обробки мезги ягід брусниці при отриманні порошкового концентрату.

Порошковий концентрат охарактеризовано за органолептичними показниками якості; вивчено гранулометричний та хімічний склад ПКБ.

Встановлено, що ПКБ є дрібнодисперсним порошком з розміром частинок менше 2×10^{-6} м, що дозволяє віднести його до підгрупи – пудри.

Дані досліджень хімічного складу дозволяють позиціонувати ПКБ як екологічно чистий органічний продукт, що містить багатогранний комплекс природних компонентів, міnorних та біологічно активних речовин ягід (цукри, органічні кислоти, харчові волокна, білки, вітамін С, мінеральні речовини) і є джерелом натуральних барвників.

Проведено дослідження щодо вивчення змін складу, органолептичних та мікробіологічних характеристик ПКБ при зберіганні його протягом 9 місяців.

Показано, що ПКБ зберігає високі органолептичні показники та мікробіологічну чистоту протягом усього періоду зберігання. Встановлено, що вітамін С та антоціанові сполуки (природні пігменти) досить стабільні та їх втрати до кінця терміну зберігання становлять відповідно 14,6 % та 9,5 %.

4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДЕРЖАННЯ СУБЛІМОВАНОГО ПОРОШКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ЯГІД БРУСНИЦІ

При розробці технологічної схеми отримання сублімованого концентрату ягід брусниці (СКБ) за основу було прийнято діючу технологію отримання сублімованих порошкових продуктів. Принципова технологічна схема отримання сублімованого порошкового концентрату ягід брусниці наведено рисунку 4.1.

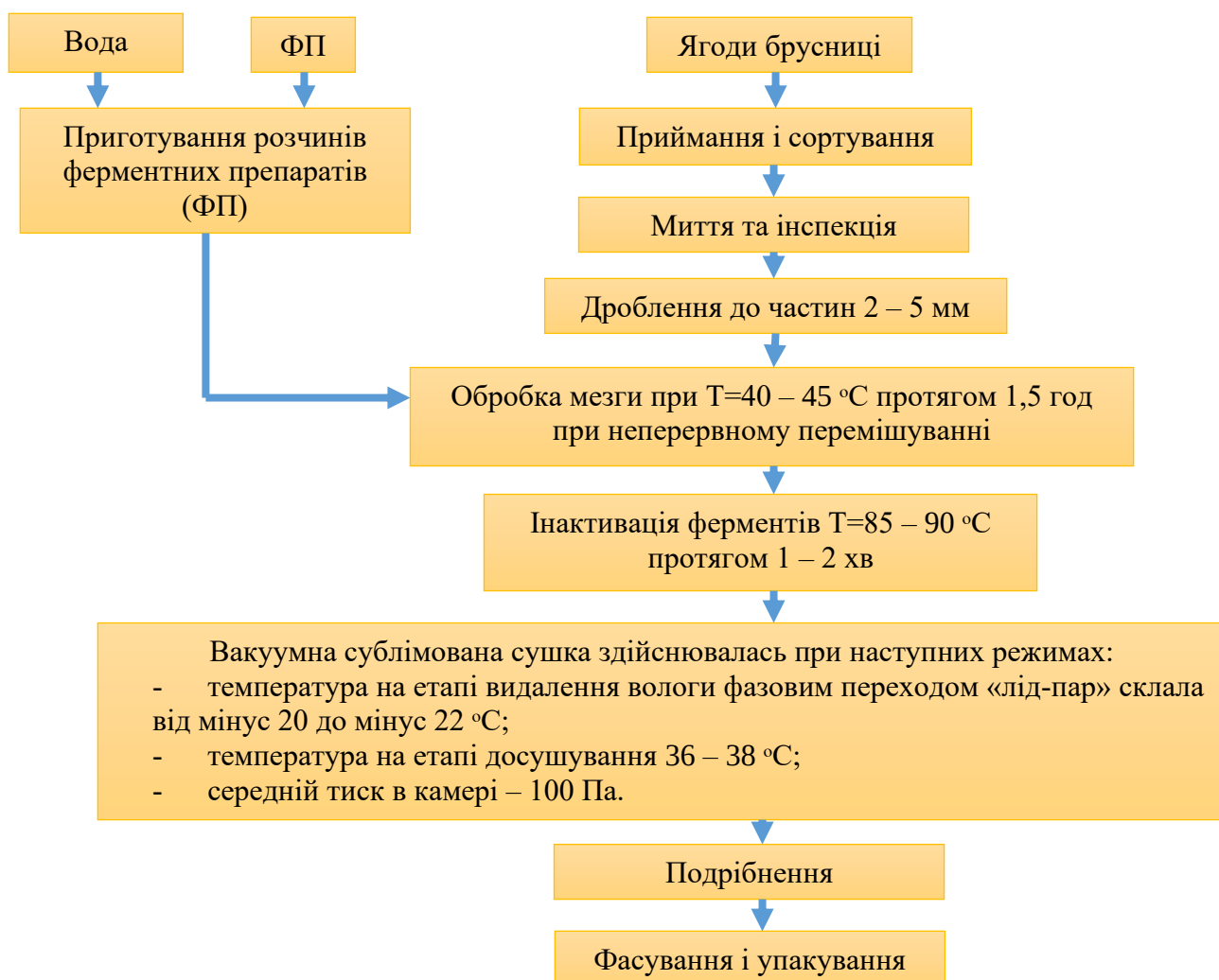


Рисунок 4.1 – Принципова технологічна схема отримання сублімованого ПКБ

Ключовим елементом у технології є проведення попередньої обробки ягід брусниці з використанням розчину ферментного препарату, що полягає в спільному внесенні ФП в мезгу ягід брусниці, проведенні гідролізу при 45 $^{\circ}\text{C}$

протягом 1,5 годин з наступним етап інактивації ферментів завдяки нагріванню суміші. В результаті обробки доля сокової фракції зростає, також сік суттєво збагачується екстрактивними речовинами ягід. Ця технологія не вимагає великих капіталовкладень і може бути реалізована на підприємствах, що спеціалізуються на переробці плодово-ягідної сировини на порошкові продукти.

Технологічний процес починається з приймання і сортування ягід брусниці. При надходженні на переробку ягоди перевіряють на відповідність вимогам діючих стандартів. В процесі виробництва використовуються абсолютно стиглі та здорові ягоди без пошкоджень та хвороб. Ягоди повинні мати приємний гармонійний смак, характерний аромат та колір. Спочатку заморожені ягоди подаються за допомогою гідравлічного ковша в розморожувач. Повторна заморозка категорично заборонена. Потім ягоди піддаються миттю для видалення забруднень і зменшення обсіменіння мікроорганізмами, яке здійснюють у двох послідовно встановлених вентиляторних мийних машин. Тривалість миття не повинна перевищувати 10 – 15 хвилин. Через тривалий час контакту з водою водорозчинні речовини ягід (вітаміни, мінеральні речовини) можуть переходити в змивні води. Вода контролюється на вміст хлору, так як хлор надає згубний вплив на аскорбінову кислоту. Далі здійснюють інспекцію ягід на конвеєрі, видаляючи пошкоджені шкідниками або хворобами, і подають елеватором у вальцеву дробарку з рифленими валками для механічного подрібнення до розміру 2 – 5 мм. В результаті цієї операції одержують мезгу. Мезга закачується передавальним насосом у резервуар для ферментації, оснащений тепловою сорочкою, де нагрівається до температури 40 – 45 °С. Ферментний препарат, вносяться у вигляді розчинів у кип'яченій воді кімнатної температури. Гідроліз проводять протягом 1,5 годин при температурі 40 – 45 °С при постійному перемішуванні. Після закінчення процесу мезга миттєво підігрівається в теплообмінник до $t = 85 - 90$ °С і витримується протягом 90 – 120 с для інактивацію ферментів. Інактивація ферментів цим способом пригнічує життєдіяльність мікрорганізмів, що провокують гнилоутворюючі процеси, в тому числі, дріжджі і бактерії вдається знищити повністю, проте спори і деякі термостійкі плісняві гриби хоча і можуть вижити, але

їх життєдіяльність проявляється тільки при сприятливих умовах [22]. Далі ферментовану мезгу охолоджують і піддають вакуумної сублімаційної сушіння. Мезга закачується передавальним насосом для в'язких рідин сублімаційний сушильний апарат і висушується при наступних режимах:

- ❖ температура на етапі видалення вологи фазовим переходом «лід-пар» склала від мінус 20 до мінус 22 °С;
- ❖ температура на етапі досушування 36 – 38 °С (до вмісту сухих речовин 95 – 99 %);
- ❖ середній тиск у камері – 100 Па;
- ❖ загальна тривалість сушіння – 12 годин.

Після висушування подрібнюється міксером для порошкових продуктів. Отриманий порошок просівається на металевих ситах № 100 і надходить у збірник на розфасовку та упаковку.

Розроблена принципова технологічна схема дозволяє комплексно використати природний потенціал ягід. Ґрунтуючись на принципах раціонального використання природних біоресурсів, у схемі реалізований інноваційний підхід до технології переробки ягід брусниці при отриманні порошкового продукту, що забезпечує найповніше використання цінних природних компонентів, біологічно активних речовин, натуральних барвників, консервантів та антиоксидантів ягід.

Висновки за розділом

Розроблено принципову технологічну схему переробки ягід брусниці та отримання порошкового ягідного концентрату із застосуванням стадії попередньої ферментативної обробки з використанням розчинів на основі ФП та способу вакуумного сублімаційного сушіння.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Розроблення картки з безпеки праці під час виробництва сублімованих порошків брусниці

Картка безпеки праці під час сублімаційного сушіння брусниці, враховує основні вимоги охорони праці та безпеки на робочому місці.

1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ:

1.1 До роботи допускаються особи віком від 18 років, які пройшли:

- ❖ медичний огляд;
- ❖ вступний та первинний інструктаж з охорони праці;
- ❖ навчання і перевірку знань з охорони праці та пожежної безпеки.

1.2 Працівник зобов'язаний:

- ❖ дотримуватися правил безпеки;
- ❖ користуватися засобами індивідуального захисту (ЗІЗ);
- ❖ негайно повідомляти керівника про всі нещасні випадки, аварії чи несправності обладнання.

2. НЕБЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ:

- ❖ високі температури на етапах попереднього заморожування та сушки;
- ❖ низькі температури при заморожуванні продукту (до -40 °С);
- ❖ вакуум у камері сублімаційної сушки (ризик баротравм);
- ❖ рухомі частини обладнання – ризик травмування;
- ❖ можливість ураження електричним струмом (робота з електроустановками);
- ❖ контакт з хімічними речовинами при санітарній обробці обладнання.

3. ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (ЗІЗ):

- ❖ спецодяг: халат, штани, куртка з термостійкої тканини;
- ❖ захисне взуття з нековзкою підошвою;
- ❖ рукавиці термостійкі;
- ❖ захисні окуляри та/або щиток;

- ❖ навушники або беруші (захист від шуму);
- ❖ респіратор при роботі з хімічними засобами.

4. ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ:

- ❖ перевірити справність обладнання, електропроводки, заземлення;
- ❖ переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій зоні;
- ❖ провести візуальний огляд стану ЗІЗ;
- ❖ увімкнути вентиляцію/витяжку в зоні обслуговування.

5. ПІД ЧАС РОБОТИ:

- ❖ не відкривати камеру сушіння під час роботи під вакуумом;
- ❖ не залишати ввімкнене обладнання без нагляду;
- ❖ дотримуватися інструкцій з експлуатації обладнання;
- ❖ не торкатися нагрівальних або охолоджуючих елементів;
- ❖ використовувати лише дозволені мийні та дезінфікуючі засоби.

6. ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ:

- ❖ вимкнути та охолодити обладнання;
- ❖ провести вологе прибирання робочого місця;
- ❖ промити та продезінфікувати елементи, які контактували з продуктом;
- ❖ повідомити керівника про всі виявлені несправності.

7. ПЕРША ДОПОМОГА:

- ❖ опіки/обмороження: охолодити уражену ділянку водою, накласти стерильну пов'язку, звернутися до медпункту;
- ❖ ураження струмом: знеструмити джерело, викликати швидку, надати першу допомогу (штучне дихання, непрямий масаж серця);

8. ЕКСТРЕНІ СИТУАЦІЇ:

- ❖ у разі пожежі: активувати систему пожежогасіння, викликати пожежну службу (101), евакуювати персонал;
- ❖ у разі витоку хладагенту: негайно покинути приміщення, повідомити керівника;
- ❖ при аварії вакуумної системи: негайно припинити роботу, увімкнути аварійне провітрювання.

5.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва сублімованого порошку з ягід брусниці

Під час сублімаційного сушіння ягід брусниці утворюється кілька типів відходів, які потребують правильної утилізації. Нижче наведено основні шляхи утилізації таких відходів:

1. Органічні відходи (некондиційні ягоди, залишки після сушіння), джерелом є відсортовані ягоди, крихта, пил ягід, пошкоджена сировина.

Шляхи утилізації:

- ❖ компостування – використання в якості сировини для виготовлення органічного добрива (компосту);

- ❖ корм для тварин (після термічної обробки) – деякі відходи (без плісняви) можуть бути використані як домішка до корму для свійських тварин або хутрових звірів;

- ❖ виробництво біогазу – передача на біогазову установку для перетворення органічної маси в біогаз і добрива;

- ❖ використання в косметичній або фармацевтичній промисловості – сухі залишки можуть бути джерелом антиоксидантів, барвників або ароматизаторів.

2. Відходи упаковки та допоміжних матеріалів, джерелом яких є пакети, плівка, тара, фільтри, технічні серветки.

Шляхи утилізації:

- ❖ пластикові та паперові відходи – передача на сортування та переробку відповідно до вимог поводження з твердими побутовими та промисловими відходами;

- ❖ змішані/забруднені матеріали – передача ліцензованим компаніям з утилізації небезпечних чи забруднених відходів;

- ❖ фільтрувальні матеріали – спалювання в спеціалізованих установках або передача на утилізацію як відходи III класу небезпеки.

3. Побічні хімічні речовини, джерелом яких є мийні та дезінфекційні засоби, залишки після санітарної обробки обладнання.

Шляхи утилізації:

- ❖ нейтралізація та передача спеціалізованим підприємствам – збір у герметичні ємності, маркування і передача на утилізацію (відповідно до паспорта небезпечного відходу);
- ❖ дотримання вимог екологічної документації – ведення обліку кількості використаних і утилізованих засобів згідно з нормами охорони довкілля.

4. Технічні відходи, джерелом яких є зношені елементи обладнання, дрібний металобрухт, деталі, що підлягають заміні.

Шляхи утилізації:

- ❖ передача на переробку (метал, пластик, гума тощо);
- ❖ утилізація через сервісні підприємства – наприклад, виробники обладнання, які приймають використані частини назад.

Вимоги до поводження з відходами:

- ❖ всі види відходів мають сортуватися згідно з внутрішнім регламентом підприємства;
- ❖ повинні бути розроблені паспорти відходів та укладені договори з ліцензованими підприємствами для вивозу й утилізації;
- ❖ повинна вестись звітність згідно з українським законодавством про поводження з відходами (Закон України «Про відходи»).

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки праці працівників цеху з виробництва сублімованих порошків ягід брусниці, розглянуто шляхи утилізації відходів під час сублімаційного сушіння ягід брусниці.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Витрати на проведення досліджень

Складений кошторис витрат слугує основою для визначення фінансових потреб, пов'язаних із проведенням наукових досліджень. У ньому враховуються такі складові, як витрати на матеріальні ресурси, спожиту електроенергію, заробітна плата працівників, амортизаційні нарахування та накладні витрати.

Вартість основних і допоміжних матеріалів обчислюється за такою формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (6.1)$$

де m_1 – кількість витраченого матеріалу;

C_1 – вартість одиниці витраченого матеріалу, грн/кг.

У таблиці 6.1 представлено результати розрахунків щодо вартості матеріалів.

Таблиця 6.1 – Обсяги необхідних основних матеріалів та їхня вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Ягоди брусниці, кг	3	300,00	900,00
Ферментний препарат, уп	1	600,00	600,00
Всього			1500,00

Таблиця 6.2 містить результати обчислення витрат на заробітну плату учасників дослідження, яка визначається шляхом множення середньої погодинної оплати праці на загальну кількість відпрацьованих годин.

Таблиця 6.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату учасників наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8500	50,59	20	1011,80
Всього				1011,80

Нарахування на заробітну плату становить 22% від загального обсягу оподаткованої суми, що підлягає єдиному соціальному внеску:

$$H = \frac{1011,80 \cdot 22}{100} = 222,60 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості спожитої електроенергії здійснюється за наступною формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, , \quad (6.2)$$

де M – загальна потужність лабораторного устаткування, кВт;

K – безрозмірний коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи дослідного устаткування, год;

a – тариф на електроенергію, грн/(кВт/год).

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для приготування дослідних сублімованого порошку ягід брусниці:

$$E_{\text{подрібнювач}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 6,4 = 5,18 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{зм'ясування}} = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 6,4 = 2,88 \text{ грн}$$

$$E_{\text{сушарки}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 6,4 = 202,75 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 208 \cdot 6,4 = 1078,27 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{подрібнювач}} + E_{\text{змішувач}} + E_{\text{сушарка}} + E_{\text{п.к.}} = 5,18 + 2,88 + 202,75 + 1078,27 = 1289,08 \text{ грн.}$$

На основі рівняння 6.3 розраховується сума амортизаційних витрат на обладнання, задіяне під час проведення дослідження:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (6.3)$$

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 6.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію обладнання

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Подрібнювач	5800,0	10	1	1,58
Змішувач	3000,0	10	1	0,82
Сушарка	82000,0	10	2	44,93
Персональний комп'ютер	20800,0	24	26	355,59
Всього				402,92

Накладні витрати, що стосуються технічного обслуговування та організації виробничого процесу, охоплюють виплати обслуговуючому та адміністративному персоналу. Витрати на технічне обслуговування обладнання становлять 80% від розрахункової заробітної плати дослідника:

$$\frac{(1011,80 \cdot 80)}{100} = 809,44 \text{ грн.}$$

Розрахункова вартість проведення лабораторного дослідження приведена в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахункова вартість дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	1500,00
Заробітна плата (ЗП)	1011,80
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	222,60
Електроенергія (Е)	1289,08
Амортизація (А)	402,92
Накладні витрати (НВ)	809,44
Всього	5235,84

На основі проведеного аналізу, основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали та електроенергію, які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

6.2 Визначення вартості дослідження

Оскільки дослідження має фундаментальний характер, розрахунок вартості здійснювався з урахуванням витрат та очікуваної прибутковості від його проведення:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 5235,84 + \frac{30 \cdot 5235,84}{100} = 6806,59 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 6806,59 грн.

Висновки за розділом

На основі проведеного аналізу встановлено, що основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали (1500,00 грн) та витрати електроенергію (1289,08 грн), які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 6806,59 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вивчено хімічний склад ягід брусниці звичайної. Отримані дані переконливо демонструють, що ягоди брусниці містять унікальну комбінацію цінних природних компонентів, антиоксидантів, біологічно активних речовин, натуральних барвників і консервантів і є найважливішим джерелом неаліментарних компонентів їжі - харчових волокон, які мають численні фізіологічні ефекти, що й обумовлено істотною ролью забезпеченні нормального функціонування організму людини.

З урахуванням даних хімічного складу ягід брусниці зроблено вибір ФП Рапідаза CR, і дана характеристика з позиції доцільності їх застосування для обробки мезги ягід брусниці.

Показано, що попередня обробка мезги ягід брусниці ФП призводить до збільшення частки сокової фракції на 12 – 18 %.

З урахуванням отриманих результатів розроблено процесуальну схему проведення попередньої ферментативної обробки мезги ягід брусниці при отриманні порошкового концентрату.

Порошковий концентрат охарактеризовано за органолептичними показниками якості; вивчено гранулометричний та хімічний склад ПКБ.

Встановлено, що ПКБ є дрібнодисперсним порошком з розміром частинок менше 2×10^{-6} м, що дозволяє віднести його до підгрупи – пудри.

Дані досліджень хімічного складу дозволяють позиціонувати ПКБ як екологічно чистий органічний продукт, що містить багатогранний комплекс природних компонентів, міnorних та біологічно активних речовин ягід (цукри, органічні кислоти, харчові волокна, білки, вітамін С, мінеральні речовини) і є джерелом натуральних барвників.

Проведено дослідження щодо вивчення змін складу, органолептичних та мікробіологічних характеристик ПКБ при зберіганні його протягом 9 місяців.

Показано, що ПКБ зберігає високі органолептичні показники та мікробіологічну чистоту протягом усього періоду зберігання. Встановлено, що вітамін С та антоціанові сполуки (природні пігменти) досить стабільні та їх втрати

до кінця терміну зберігання становлять відповідно 14,6 % та 9,5 %.

Розроблено принципову технологічну схему переробки ягід брусниці та отримання порошкового ягідного концентрату із застосуванням стадії попередньої ферментативної обробки з використанням розчинів на основі ФП та способу вакуумного сублімаційного сушіння.

Розроблено карту безпеки праці працівників цеху з виробництва сублімованих порошків ягід брусниці, розглянуто шляхи утилізації відходів під час сублімаційного сушіння ягід брусниці.

На основі проведеного аналізу встановлено, що основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали (1500,00 грн) та витрати електроенергію (1289,08 грн), які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 6806,59 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Черевко О.І. Наукові основи створення та впровадження прогресивних технологій і ефективного обладнання для отримання нового покоління оздоровчих продуктів / О.І. Черевко, Р.Ю. Павлюк, Г.О. Сімахіна // Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв : зб. наук. праць. – №9. – Х. : Вид-во ХДУХТ, 2007. – С. 57-62.
2. Сімахіна Г.О. Особливості кріогенної технології харчових продуктів і її практична реалізація / Г. Сімахіна // Обладнання та технології харчових виробництв. – №6. – ДонДУЕТ, 2001. – С. 85-89.
3. Сімахіна Г.О. Спосіб одержання сублімованих харчових біодобавок з плодовоовочевої сировини / Г.О. Сімахіна, Н.П. Івчук та ін. // Патент №56005 А від 15.04.03 ; Бюл. №4.
4. Біохімія плодів та овочів. Навчальний посібник. / В. В. Євлаш та ін. Мелітополь. 2019. 205с. 16. Меженський В. М., Меженська Л. О., Якубенко Б. Є. Нетрадиційні ягідні культури: рекомендації з селекції та розмноження. К.: ЦП «Компринт», 2014. 134 с.
5. Baltacioğlu H., Artik N. Study of postharvest changes in the chemical composition of persimmon by HPLC. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2013. T. 37. №. 5. С. 568-574.
6. Kim S. K. et al. Chemical composition and quality of persimmon peels according to cultivars. Applied Biological Chemistry. 2005. T. 48. №. 1. С. 70-76. 29. Yaqub S. et al. Chemistry and functionality of bioactive compounds present in persimmon. Journal of Chemistry. 2016. T. P. 120-138.
7. Ryu S. et al. NMR- based analysis of the chemical composition of Japanese persimmon aqueous extracts //Magnetic Resonance in Chemistry. 2016. T. 54. №. 3. С. 213-221.
8. Candir E. E. et al. Physico-chemical changes during growth of persimmon fruits in the East Mediterranean climate region. Scientia Horticulturae. 2009. T. 121. №. 1. С. 42-48.

9. Ancos B., Gonzalez E., Cano M. P. Effect of high-pressure treatment on the carotenoid composition and the radical scavenging activity of persimmon fruit purees. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000. T. 48. №. 8. C. 3542-3548.

10. Mujumdar, A. S. Principles, classification and selection of dryers. In Mujumdar (Ed.), *Handbook to industrial drying* (3rd ed., pp. 3–32). New York: CRC. 2007.

11. Mujumdar, A. S., & Passos, M. L. Drying: Innovative technologies and trends in research and development. In S. Mujumdar, S. Suvachittanont (Eds.), *Developments in drying 2000*, vol. I (pp. 235–268). Singapore. 2000.

12. Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. Ultrasound as pretreatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*. 2007. №82. P. 207–214.

13. Azuara, E., Flores, E., & Beristain, C. I. Water diffusion and concentration profiles during osmodehydration and storage of apple tissue. *Food and Bioprocess Technology*. 2009. №2. P. 361– 367.

14. Cruz, R. M. S., Vieira, M. C., Fonseca, S. C., & Silva, C. L. M. (2010). Impact of thermal blanching and thermosonication treatments on 90 watercress (*Nasturtium officinale*) quality: thermosonication process optimization and microstructure evaluation. *Food and Bioprocess Technology*. doi:10.1007/s11947-009-0220-0.

15. <http://ufj.ho.ua/Archiv/UKRAINIAN%20FOOD%20JOURNAL%202023%20V.12%20Is.4.pdf>

16. <https://www.sublimat.com.ua/sublimatsionnaja-sushilka%20-siriy>

17. <https://erbsloeh.com/produkt-kategorie/all-products/sector-fruit-processing/>

18. <https://ten24.com.ua/ua/blog/tekhnologiya-sublimatsionnoy-sushki-produktov/>

19. <https://liktravy.ua/herbs/brusnyci-lystja>

20. <https://www.zborovik.com.ua/post/%D0%B1%D1%80%D1%83%D1%81%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F-%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96-%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81>

21. Кухтіна І. І., Литвин В. І. Сублімаційне сушіння харчових продуктів: технологія та обладнання. – Харків: УкрНДІХТ, 2019. 220 с.
22. Кириченко М. В., Мельник О. О. Вплив сублімаційного сушіння на збереження біологічно активних речовин у плодах і ягодах. // *Харчова наука і технологія*. 2020. №2(13). С. 45–52.
23. Гуменюк О. А. Дослідження процесу сублімаційного сушіння ягід брусниці та його впливу на органолептичні показники. // *Вісник Одеської національної академії харчових технологій*. 2021. Т. 2, №54. С. 80–87.
24. Чегорка І. О., Савченко Л. В. Технологічні аспекти ліофілізації ягід: порівняння сушіння брусниці, чорниці та журавлини. // *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2022. №4. С. 67–74.
25. Matiacevich, S. B., Buera, M. P. Effect of Freeze-Drying on Anthocyanin Stability in Berries. // *Food Research International*. 2006. Vol. 39, Issue 2. P. 217–225.
26. Ratti, C. Freeze drying process: A review. // *International Journal of Food Science and Technology*. 2001. Vol. 36(3). P. 275–284.
27. Müller, J., et al. Influence of drying methods on quality of berries: a comparative study. // *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 150. P. 62–69.
28. Gavrilova, V., et al. Effect of different drying techniques on the chemical composition of lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.). // *LWT - Food Science and Technology*. 2020. Vol. 117.
29. ISO 13408-1:2021 Aseptic processing of health care products-Part 1: General requirements for lyophilization.
30. Codex Alimentarius: General Principles of Food Hygiene. FAO/WHO. Rome, 2020.
31. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8150318/>
32. <https://www.researchgate.net/publication/330543987> The influence of drying method to the changes of bioactive compounds in lingonberry by-products
33. <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/13/2107>
34. https://www.researchgate.net/figure/The-percentage-of-phenolic-acids-in-fruit-lingonberry-cold-storage-and-freeze-dried_fig1_325177726

35. <https://loovfood.com/blogs/the-loov-blog/why-freeze-drying-can-be-better-than-fresh-fruit>
36. <http://www.jagodnik.info/vysokoyakisne-zamorozhuvannya-ta-sublimatsijna-sushka-zavdyaky-tehnologiyam-pigo/>
37. https://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/30876/1/%D0%91%D0%90%D0%9B%D0%90%D0%9D%D0%94%D0%90%20%D0%9B%D1%96%D0%BB%D1%96%D1%8F_13.06.23.pdf
38. <https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/894eb7a0-dc8f-4796-a99c-bb3709e8866a/content>.