

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екології безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **“ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИКОРИСТАННЯ ЛЮФІЛІЗОВАНИХ  
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ”**

Виконала: студентка групи ЕКО-18м

спеціальності 101 "Екологія"

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гльїна О. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. Сакалова Г. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.х.н., доц. Прокопчук С. П.

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	5
ABSTRACT .....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ БЕЗВІДХОДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СУБЛІМОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ВУГЛЕВОДОВМІСНОЇ СИРОВИНИ.....	10
1.1 Методи обробки продуктів на сучасному харчовому виробництві.....	10
1.2 Теплофізичні основи сублімаційного сушіння під розрідженням .....	15
1.3 Застосування методу сублімації в харчовій промисловості .....	19
1.4 Висновки до розділу 1 .....	21
2 ВИРОБНИЦТВО СУШЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ МЕТОДОМ ЛІОФІЛІЗАЦІЇ.....	23
2.1 Технологічний процес виготовлення ліофілізованих (сублімованих) харчових продуктів.....	23
2.2 Фактори, що зберігають якість перероблених овочів .....	25
2.3 Технологічна схема виробництва сублімованих продуктів .....	29
2.3.1 Принципова схема вакуум-сублімаційного апарату .....	29
2.3.2 Аналіз використання апаратурно-технологічної лінії для отримання ліофілізованих порошків плодОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ.....	32
2.4 Висновки до розділу 2.....	35
3 АПРОБАЦІЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ .....	36
3.1 Визначення особливостей ліофілізації на прикладі ягід чорної смородини .....	36
3.1.1 Визначення масової частки вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування.....	36
3.1.2 Дослідження впливу дезінтеграторного подрібнення на вміст вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини .....	41

3.1.3 Особливості інтенсивності підведення тепла .....	43
3.2 Порівняння властивостей субліматів закордонних виробників .....	46
3.3 Дослідження впливу сублімаційного зневоднення продуктів харчування на термін їх зберігання .....	51
3.4 Висновки до розділу 3.....	59
4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВПЛИВУ СУБЛІМОВАНИХ ПРОДУКТІВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ .....	60
4.1 Переваги та недоліки сублімованих продуктів .....	60
4.2 Екологічна безпека використання ліофілізованих продуктів харчування .....	62
4.3 Заходи щодо інтенсифікації процесу сублімаційного зневоднення вуглеводовмісної сировини .....	66
4.4 Висновки до розділу 4.....	67
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУБЛІМАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....	68
5.1 Визначення собівартості установки .....	69
5.1.1 Розрахунок витрат на матеріали .....	69
5.1.2 Розрахунок витрат заробітної плати основним робочим .....	70
5.1.3 Розрахунок витрат створення установки .....	71
5.2 Визначення експлуатаційних витрат.....	72
5.2.1 Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу .....	73
5.2.2 Витрати на електроенергію.....	73
5.2.3 Витрати на мастильні матеріали за один цикл установки.....	74
5.2.4 Амортизаційні відрахування.....	74
5.2.5 Вартість експлуатаційного циклу установки .....	75
5.3 Вартість 1 кг готового продукту.....	75
5.4 Висновки до розділу 5.....	76

ВИСНОВКИ .....	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	79
Додаток А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ .....	83
Додаток Б. ВИХІДНІ ДАНІ .....	85
Додаток В. ВИХІДНІ ДАНІ .....	86

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: 86 с., 35 рис., 6 табл., 36 джерел.

В магістерській кваліфікаційній роботі здійснено дослідження екологічного впливу сублімованих продуктів на довкілля та здоров'я людини. Розглянуто метод та технологічний процес сублімаційного сушіння вологовмісних матеріалів. Наведені дані вмісту вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування та вміст вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини при різних способах подрібнення. В роботі також подані результати здійснення порівняння органолептичних властивостей субліматів закордонних виробників. Здійснено дослідження впливу способу сушіння на термін придатності продуктів. З'ясовано переваги і недоліки сублімованих продуктів. Запропоновано заходи щодо інтенсифікації процесу сублімаційного зневоднення вуглеводовмісної сировини для покращення стану здоров'я населення та поповнення стратегічного запасу України.

Метою роботи є аналіз підвищення якості харчових продуктів методом ліофілізації для захисту навколишнього природного середовища та здоров'я населення.

Об'єктом досліджень є харчові продукти, отримані в результаті використання ліофілізаційного методу.

Галузь застосування – охорона навколишнього природного середовища України, стратегічний запас України, екологічна безпека. Ключові слова: СУБЛІМАЦІЯ, ВАКУУМНА СУБЛІМАЦІЯ, ЗАМОРОЖЕНІ ПРОДУКТИ, ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК.

## ABSTRACT

In the master's qualification work: 86 pages, 35 figures, 6 tables, 36 sources

In the master's qualification work carried out environmental impact of sublimated products on the environment and human health. The method and technological process of sublimation drying of moisture-containing materials are considered. The data on the content of vitamins in the vegetative organs of currants at different temperatures of drying and the content of free amino acids in the cryopowder of the currant buds in different methods of grinding are presented. The results of comparison of sublimate properties of foreign manufacturers are also presented in the paper. The methods of drying for the shelf life of the product were investigated. The advantages and disadvantages of sublimated products have been identified. Steps have been taken to intensify the process of sublimation dehydration of hydrocarbon feedstocks to improve the health of the population and replenish Ukraine's strategic stock.

The purpose of the work is to analyze the quality of foodstuffs by lyophilization for the protection of the environment and the health of the population.

The object of research is food obtained by using the lyophilization method.

The scope of application is environmental protection of Ukraine, strategic stock of Ukraine, ecological safety. Keywords: SUBLIMATION, VACUUM SUBLIMATION, FROZEN PRODUCTS, ENVIRONMENTAL RISK.

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Рослинна їжа відіграє важливу роль в житті людини. Плоди та овочі є джерелом вуглеводів, мінеральних солей і вітамінів, особливо вітаміну С. Велике значення в харчуванні мають різні смакові і ароматичні речовини, що містяться в плодах і овочах – вони значно поліпшують смак їжі, що сприяє її кращому засвоєнню.

Попередження втрат і збереження якості харчових продуктів пов'язане, в першу чергу, з їх захистом від негативного впливу мікроорганізмів при виробництві та зберіганні. У зв'язку з цим, в останні роки в харчовому виробництві першочергове значення набувають питання біологічної безпечності продукції, тобто максимального попередження біологічного ризику, пов'язаного із впливом на людину небажаних мікроорганізмів.

Тривале зберігання плодів і овочів можливо тільки з допомогою сушіння. У той же час при сушіння в більшій чи меншій мірі змінюються вихідні властивості свіжої сировини, внаслідок чого продукти переробки овочів набувають нових властивостей: змінюються органолептичні властивості і харчова цінність за рахунок часткового руйнування речовин сировини і застосовуваних добавок (кислот, спецій та ін.) Асортимент перероблених овочів доволі великий і постійно розширюється.

Ліофільна сушка застосовується при необхідності тривалого зберігання та консервування різних продуктів біологічного походження, для одержання сухої плазми донорської крові, сухих сироваток і вакцин, при трансплантації органів і тканин, у фармацевтичній і харчовій промисловості.

**Метою** магістерської кваліфікаційної роботи є аналіз підвищення якості харчових продуктів методом ліофілізації для захисту навколишнього природного середовища та здоров'я населення.

**Задачі дослідження.** Для досягнення мети були поставлені такі задачі:

- проаналізувати низькотемпературну безвідходну технологію сублімованих продуктів із вуглеводовмісної сировини;

- розглянути виробництво сушених харчових продуктів методом ліофілізації (сублімації);
- розглянути дослідження апробації низькотемпературної технології при комплексному переробленні чорної смородини;
- здійснити порівняння властивостей субліматів закордонних виробників;
- здійснити дослідження впливу сублімаційного зневоднення продуктів харчування на термін їх зберігання;
- оцінити якості впливу сублімованих продуктів на довкілля та здоров'я людини;
- розрахувати витрати на створення вакуумної установки, визначити витрати на проведення одного робочого циклу виготовлення продукту.

**Об'єктом** дослідження є харчові продукти, отримані в результаті використання ліофілізаційного методу.

**Предметом** дослідження є аналіз якості впливу сублімованих продуктів на довкілля та здоров'я людини.

**Наукова новизна.** В роботі було розв'язано актуальну задачу обґрунтування заходів екологічної безпеки використанні ліофілізованих харчових продуктів, що реалізовано в таких результатах:

1. Вперше досліджено та порівняно властивості сублімованих та сушених конвективним способом харчових продуктів, що дало можливість виявити залежність сублімаційного зневоднення на їх термін зберігання.

2. Вперше на основі статистичних даних та експериментальних досліджень визначено ефективність методу сублімаційного сушіння вологовмісних матеріалів, що дозволило на підґрунті положень національної безпеки розробити науково-практичні рекомендації щодо використання ліофілізації, як методу зберігання продуктів харчування із збереженням біоактивного комплексу сировини.

**Практичне значення** роботи полягає у покращенні якості продуктів споживання в харчовій промисловості, збільшенні термінів реалізації швидкопсувних продуктів. Рекомендації природоохоронних заходів щодо інтенсифікації процесу у виробництві можуть бути використані у діяльності харчових підприємств, які здійснюють сублімацію продуктів.



**Методи дослідження.** Використано літературний пошук, методи комплексного, системного науково-обґрунтованого аналізу, а також методи математичної статистики.

**Особистий внесок автора.** Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підбрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, його узагальнення та формулювання висновків.

**Апробація.** Основні положення та окремі розділи магістерської кваліфікаційної роботи доповідались на XLIV Науково-технічній конференції Вінницького національного технічного університету та V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2015).

**Публікації.** За результатами роботи опубліковано 2 наукових роботи.

# 1 АНАЛІЗ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ БЕЗВІДХОДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СУБЛІМОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ВУГЛЕВОДОВМІСНОЇ СИРОВИНИ

## 1.1 Методи обробки продуктів на сучасному харчовому виробництві

Відомі різні способи сушіння овочів та плодів. Тенденції їх використання та розвитку визначаються наступними основними вимогами: забезпечення технологічної якості сушеної продукції, максимальне збереження біологічно активних і живильних речовин, мінімальні витрати теплоти на одиницю маси вилученої вологи.

Процеси сушіння застосовують для зневоднення різноманітних вологих матеріалів (твердих, пастоподібних, рідких) на різних стадіях їх переробки (сировина, напівфабрикати, готові вироби). Сировина (рослинного і тваринного походження) і виготовлені з неї харчові продукти піддаються короткочасному або тривалому зберіганню. Внаслідок біохімічних процесів, що спричинені у них або під впливом власних ферментів (ферментативне псування), або викликані ферментами мікроорганізмів (мікробіологічне псування), як сировинна так і продукти псуються. Також, багато мікроорганізмів у процесі розвитку продукують токсини, які можуть накопичуватися у продуктах, зумовлюючи отруєння (іноді з летальним наслідком) після споживання харчового продукту, а високий уміст живих мікроорганізмів може спричинити розвиток інфекційного процесу.

Консервування – обробка харчових продуктів, призначених для зберігання, з метою попередження псування, що викликається мікроорганізмами. В основі різних методів консервування харчових продуктів (рис. 1.1) лежать фактори, вплив яких призводить або до знищення мікроорганізмів, або до тимчасового припинення їх життєдіяльності, або до придушення активності ферментів. При цьому в одних випадках використовується дія низької або високої температури, в інших – ультрафіолетового та іонізуючого випромінювання, ультразвуку, у третіх – підвищеного осмотичного тиску і концентрація водневих іонів, обезводнення, бактерицидних речовин [1].



Рисунок 1.1 – Способи обробки (консервування) хачових продуктів:  
 ВЧ – високочастотні, НВЧ – надвисокочастотні, УФ – ультрафіолетові,  
 ІЧ – інфрачервоні

Високотемпературні технології перероблення рослинної сировини (в тому числі стерилізація та пастеризація) призводять до втрат значної кількості вітамінів, поліфенольних речовин, білку та інших фізіологічних сполук, що належать до есенціальних чинників харчування (рис 1.2). Зокрема, вітамін С руйнується на 90 – 95 %, вітамін А – на 45 – 55 %, білки внаслідок деструкції і утворення білково-крохмальних комплексів втрачають здатність до розщеплення в організмі тощо [2, 3]. Таким чином, потенційні можливості рослинної сировини як джерела фізіологічно цінних речовин при традиційних теплових технологіях не реалізуються. У зв'язку з цим відсутність або нестачу вітамінів протягом якогось часу не можна компенсувати споживанням їх навіть у великих кількостях в інші періоди, наприклад улітку.



Рисунок 1.2 – Порівняння вигляду та структури продуктів на прикладі банану та ананасу, висушених ліофілізованим та тепловим способами сушіння

Сьогодні єдиним технологічним прийомом, що забезпечує практично повне збереження біоактивного комплексу рослинної сировини, є її низькотемпературне перероблення та зберігання за допомогою фізико-хімічних методів [4].

Сушка (зневоднення) – це найдавніший спосіб консервування, ґрунтується на видаленні вологи з продуктів, в результаті чого мікроорганізми не здатні розвиватися. Сушать молоко, молочні продукти, рибу, плоди, овочі, гриби. При сушінні продукти значно втрачається маса, що полегшує їх транспортування та зберігання, збільшується енергетична цінність товару порівняно з вихідною сировиною. Сушені продукти мають великий термін зберігання. Проте при висушуванні відбуваються і небажані зміни: окислення ліпідів і вітамінів, погіршення смако-ароматичних властивостей.

Сушіння буває:

- природне (на сонці і в тіні);
- штучне (теплове, сублімаційне, мікрохвильове).

Теплова сушка здійснюється в сушарках за допомогою нагрітого повітря до температури 60 – 200 °С.

Кондуктивне (контактне) сушіння – це зіткнення продукту з гарячою поверхнею барабанів (сушіння молока, картопляного пюре).

Радіаційна сушка заснована на перенесенні тепла від джерела енергії шляхом електромагнітних коливань через середовище. Перевагою радіаційної обробки є придушення життєдіяльності багатьох видів гнильних мікрофлор.

Ліофілізаційне (сублімаційне) сушіння – різновид кондуктивного способу, заснований на видаленні вологи з заморожених продуктів шляхом сублімації води, тобто безпосереднього переходу льоду в пар, минаючи рідку фазу, в умовах глибокого вакууму. При сублімаційному сушінні максимально зберігаються хімічний склад, харчова цінність, органолептичні властивості продукту, а термін зберігання продукту може бути збільшено до 3 років. Метод застосовують для зневоднення продуктів рослинного і тваринного походження (рис. 1.3) [5].



Рисунок 1.3 – Ліофілізовані продукти

Аналіз тенденцій розвитку переробної промисловості в країнах Західної Європи та Америки показує, що криогенні технології займають пріоритетне становище при одержанні високоякісних харчових продуктів та добавок із підвищеним вмістом біологічно активних сполук. Згідно з прогнозами спеціалістів, криогенні технології з часом замінять нині існуючі традиційні теплові способи перероблення харчової сировини [4].

Криогенна технологія дає можливість не тільки отримати високоякісні продукти та напівпродукти, а й у разі її реалізації безпосередньо в зоні вирощування сільськогосподарської продукції донести до столу споживача більшу кількість урожаю.

Відомі криогенні технології забезпечують: високі швидкості процесу заморожування, що дозволять тривалий час зберігати природні якості продукту; зневоднення, в процесі якого залишаються незмінними біологічно активні речовини; і в разі потреби – подрібнення сухих продуктів [6 – 9].

Етапи криогенного перероблення вуглеводвмісної сировини показано на рис. 1.4.

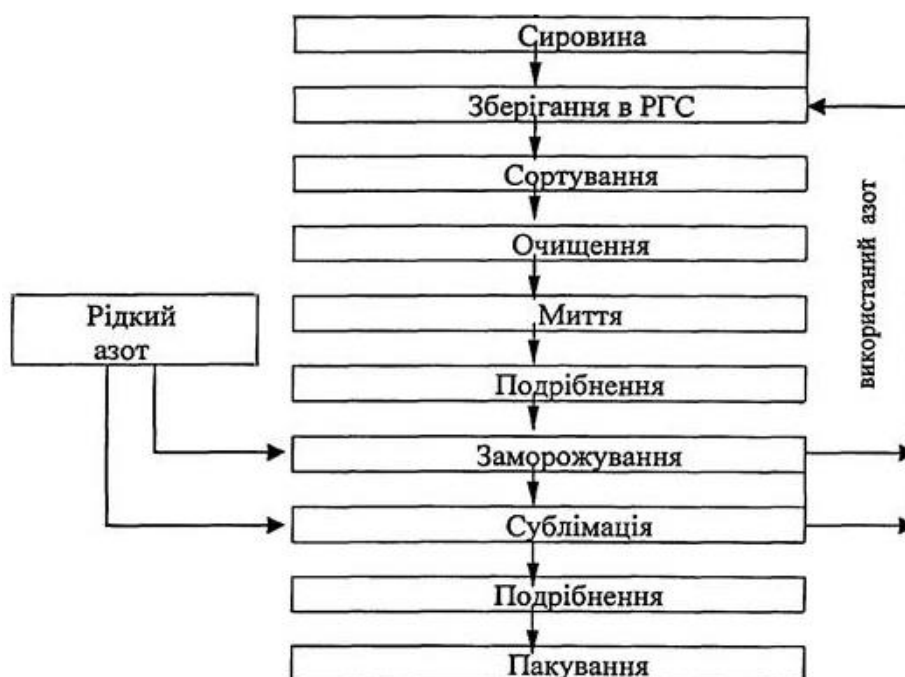


Рисунок 1.4 – Узагальнена схема технологічних процесів безвідходного низькотемпературного перероблення вуглеводвмісної сировини

На схемі представлені три основні процеси: заморожування сировини, її сублімаційне сушіння, подрібнення, та допоміжні технологічні операції – приймання сировини, калібрування, миття, очищення та пакування.

## **1.2 Теплофізичні основи сублімаційного сушіння під розрідженням**

Сублімація (лат. *sublimo*) – перехід речовини із твердого стану в газоподібний, обминаючи рідку фазу. Добре піддається сублімації лід, що визначило широке застосування даного процесу як одного із способів сушіння [10].

Сублімаційне сушіння або ліофілізація (англ. *freeze drying* або *lyophilization*) – це процес вилучення рідини з заморожених біоб'єктів. В її основі лежить випаровування льоду, що міститься в заморожених продуктах, тобто його перехід безпосередньо в пароподібний стан, що виключає рідинну фазу.

Ця технологія була відкрита ще в далекому 1906 році французами А. д'Арсонваля і Ф. Бордасом, дослідниками Collège de France. Сушіння біологічних матеріалів із замороженого стану у вакуумі вперше застосував Шакелл, який в 1909 р. висушив цим методом вірус сказу. Раніше, сироватки, висушені тепловим способом, погано розчинялися і після розчинення були каламутними. На відміну від цього ліофілізовані сироватки легко розчинялися і були прозорими [11].

Пріоритет в області сушіння харчових продуктів належить радянському інженерові Лаппа-Старженецькому Г. В. який в 1921 році запатентував спосіб сублімації матеріалів тваринного і рослинного походження при зниженому тиску. Спочатку потреба в тривалому збереженні продуктів виникла у військових і у медиків. Вперше в світі сублімаційне висушування було застосовано в сорокових роках в СРСР для консервування сироваток, плазми крові і пеніциліну, адже створення і збереження вакцин, сироваток і крові не допускає додавання консервантів. Одночасно почався розвиток сублімаційного приладо- та апаратобудування [12].

Згодом сублімований метод почали широко застосовувати в медицині, військовій сфері, космонавтиці і, власне активному відпочинку.

Ефективність застосування вакууму при сушінні сублімацією полягає в тому, що зі збільшенням розрідження падає і температура фазового переходу: при підведенні тепла в умовах глибокого вакууму можна створити великі різниці температур між матеріалом і джерелом тепла порівняно зі звичайним вакуумним сушінням.

Однак не слід вважати, що сушіння сублімацією можливе тільки в умовах глибокою вакууму. Ще в XVI – XVII ст. проводили сушіння в замороженому стані у зимовий час на відкритому повітрі шкір і тканин (мокра білизна висихає на морозі, усихання морожених м'ясопродуктів). У даному випадку різниця температур дуже мала (близька до нуля) і відбувається з дуже незначною швидкістю. Тому таке сушіння було дуже тривале і промислового застосування та поширення не отримало.

Протилежне сублімації явище – десублімацію, можна спостерігати в природі у вигляді інею та паморозі. В якості прикладу сублімації в природних умовах можна назвати випаровування (возгонку) елементарного йоду, рідка спиртова настоянка якого є в кожній домашній аптечці. Йод в природі існує тільки в двох станах – твердому і газоподібному, а в рідкій фазі при нормальних умовах не зустрічається [10, 13].

Весь процес сушіння можна розділити на три періоди:

I – період самозаморожування, коли в результаті зниження тиску в сушильній камері відбувається заморожування вологи в матеріалі; при цьому різке зниження тиску приводить до інтенсивного випаровування вологи з поверхні матеріалу (до 10 – 15 % усієї вологи, що видаляється);

II – період сублімації, аналогічний періоду постійної швидкості сушіння;

III – період випаровування залишкової вологи при температурі вищій за 0 °C до кінця процесу сушіння. Висушений продукт має вологість 3 – 6 % [10, 14].

Якщо охарактеризувати стан води на діаграмі температура – тиск (рис. 1.5), то за деяких умов можна спостерігати співіснування одночасно трьох фаз (точка А). Параметрами цього стану, що одержав назву потрійної точки, є температура 0,098 °C



та парціальний тиск водяних парів 613,2 Па. Граничні криві поділяють діаграму на три області, у яких вода може перебувати у вигляді рідини, твердого тіла (льоду) або пари [15]. Із рисунку 1.5 видно, що якщо підводити тепло до речовини в твердому стані – льоду, при тиску нижче за тиск основної потрійної точки, то відбудеться випаровування твердої речовини льоду, яке називається сублімацією [11].

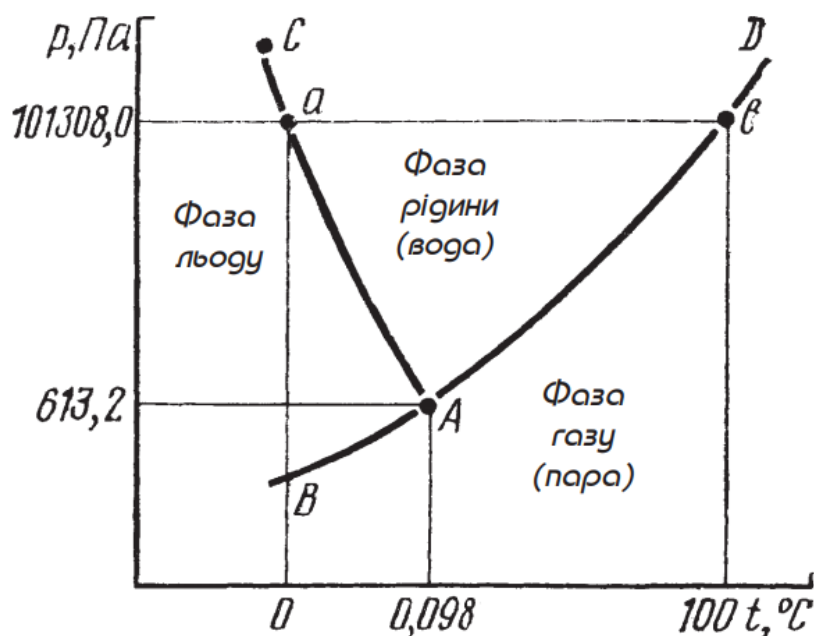


Рисунок 1.5 – Діаграма фазового стану чистої води

Характерною особливістю фазового перетворення лід – пара у вакуумі являється різке збільшення об'єму, який займає водяна пара. Від режиму руху водяної пари, що утворилася в суміші з повітрям, яке містилося в камері при сублімації льоду у вакуумі, залежить ефективність процесів зовнішнього і внутрішнього тепло- і масопереносу, що визначають інтенсивність процесу сублімації.

З аналізу експериментальних даних залежності  $p_a = f(t_a)$  для реальних харчових продуктів можна бачити, що термічні властивості заморожених харчових продуктів відрізняються від властивостей чистого льоду (рис. 1.6). У воді, що міститься в продуктах харчування, розчинені різні солі і мінеральні речовини, тому температура її замерзання і рівноважний тиск водяної пари нижче, ніж для чистої води.

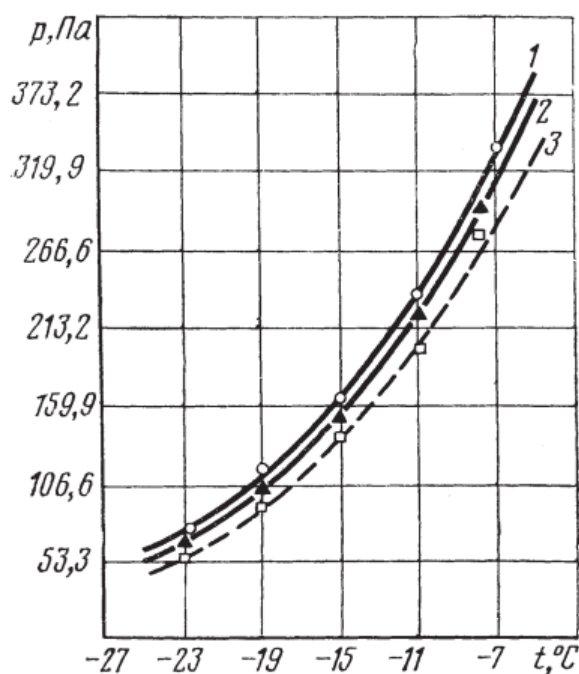


Рисунок 1.6 – Графік залежності тиску насичених парів води температури для реальних продуктів: 1 – чистий лід; 2 – суп овочевий; 3 – борщ пюреподібний з м'ясом

Зменшення тиску пари над продуктом зумовлене тим, що розчинені у воді речовини мають здатність зв'язувати воду, і при цьому значно зменшується кількість води, здатної кристалізуватися, тобто виморожуватися.

Існує загальна закономірність зміни кривих виморожування, залежно від початкової вологості. Слід зазначити, що повного виморожування води в продукті досягти не вдається. Невелика її кількість не вимерзає навіть за дуже низьких температур. Для харчових продуктів ця величина коливається в межах 0,2 – 0,4 г на 1 г сухої речовини. При проведенні сублімаційного сушіння в умовах розрідження важливо знати кількість води, що перейшла в пару з замороженого стану, оскільки це значною мірою визначає якісні показники готового продукту [15].

Видалення вологи з продукту супроводжується поглибленням зони випару вглиб тіла. Перенос пари, що утворилися, відбувається по капілярах і каналам через зневоднений шар продукту, товщина якого зростає в міру зневоднювання матеріалу [13].

Випар вологи в глибокому вакуумі супроводжується різким збільшенням її обсягу (при тиску 4 мм рт. ст. у 200 тис. раз, при 0,1 мм рт. ст. – у 10 млн. раз). Тому молекули пари вільно переміщуються в зовнішнє середовище. При тисках, що застосовуються в сублімаційних сушарках, величина вільного пробігу молекул водяної пари складає менше довжини вільного пробігу молекул пари або дорівнює йому. Тому внутрішній перенос води від поверхні випаровування через шар тіла при сублімаційному сушінні відбувається не дифузійним, а ефузійним шляхом – вільний рух молекул пари без взаємного стикання їх одна з одною у виді молекулярного пучка [14, 16].

### **1.3 Застосування методу сублімації в харчовій промисловості**

Сублімацією вдається підвищити поживну цінність продуктів, і забезпечити більш повне засвоєння поживних речовин, вітамінів та мікроелементів.

Сублімовані продукти широко використовуються як у якості продуктів швидкого приготування, так і в якості промислових напівфабрикатів у кондитерській, харчоконцентратній, м'ясомолочній галузях. Широко використовується в харчовій промисловості [12].

Цей спосіб чудово консервує фрукти і ягоди, овочі та гриби, зелень, молочні продукти і кондитерські вироби, м'ясо і рибу, супи і каші (рис. 1.6).

З коріння петрушки і селери отримують порошки за допомогою сублімаційного сушіння, при цьому всі біологічно активні речовини зберігаються на 95 – 98 %. За допомогою такої технології можна отримати сублімовані соки та іншу продукцію із селери, петрушки, кропу, топінамбура, що забезпечують організм людини амінокислотами, вітамінами, мікро- та макроелементами, ферментами, пігментними речовинами (хлорофіл, флавоноїди, антоціани), пектином [17]. Сублімовану каву (рис. 1.7) також отримують із замороженого кавового екстракту через зневоднення вакуумом [10].



Рисунок 1.7 – Сублімована (розчинна) кава

Фрукти після сублімування важать в кілька разів менше. Тому, сублімовані продукти – оптимальний варіант забезпечення їжею в тривалих походах, в кемпінгах, гірських експедиціях, на байдарках, при довгій їзді на машині. Адже це повноцінна їжа, яка займає мало місця, мало важить і швидко готується. Спосіб вживання максимально простий: продукт додається вода, і він готовий. Швидкість відновлення сублімата залежить від температури води, якою його заливають [12, 18].

З сублімованих фруктів і ягід можна готувати безліч різноманітних страв. Їх можна використовувати цілими, а можна розмелювати в блендері і застосовувати порошок. Наприклад, сублімовані фрукти і ягоди можуть стати відмінним завершенням композиції або підійдуть як база для морозива або соусів. Ліофілізовані порошки можна використовувати для посилення смаку та аромату виробу: ними фарбують і ароматизують креми та бісквіти. При приготуванні печива можна додати ліофілізований порошок малини або банану і отримати ароматне печиво з приємним смаком.

З субліматів роблять корисні напої. Наприклад, чай з сублімованими ягодами малини при застуді набагато корисніший, ніж варення або сушені листя цієї рослини. У наших природних умовах ягоди, зібрані в сезон, зберегти не так просто. При варінні компотів або джемів, а також заморожування в звичайному холодильнику втрачається велика частина корисних речовин.

У м'ясній промисловості сублімаційне сушіння знаходить застосування для зневоднювання лікувальних препаратів із кров'яної сироватки, ендокринних і ферментних препаратів (наприклад, пепсину). Починає набувати широке поширення і для одержання сухого м'яса і сухих продуктів, що виробляються з м'яса. При виробництві кисломолочних продуктів, сухих легкорозчинних антибіотиків, вірусних і бактерійних засобів, Бадів, заквасок та ферментів вакуумна сублімація не має альтернативи [12, 13].

Сублімовані продукти використовуються як основа для дієтичного та дитячого харчування. Пропозиції постійно розвиваються, в тому числі продукти для людей, які знаходяться на безглютеневій дієті. І, що найважливіше, сировиною для виробництва служать тільки свіжі продукти [18, 19].

Сублімований продукт – це справжня знахідка для людства, подарунок науки для всіх людей.

#### **1.4 Висновки до розділу 1**

Метод сублімаційного сушіння вологовмісних матеріалів – це особливий метод висушування замороженого продукту у вакуумі. Характеризується видаленням вологи шляхом сублімації води, тобто фазовим переходом льоду в пару за значень тиску і температури, що лежать нижче потрійної точки.

Внаслідок цього сублімовані продукти різко відрізняються від продуктів, консервованих іншими методами, тим, що забезпечується практично повне збереження біоактивного комплексу рослинної сировини: хімічний склад, харчова цінність, органолептичні властивості продукту, тривалий термін зберігання. Метод застосовується для зневоднення продуктів рослинного і тваринного походження.

Ліофілізовані продукти можуть широко використовуватися як продукти швидкого приготування, і як промислові напівфабрикати у кондитерській, харчоконцентратній, м'ясомолочної та інших галузях. Це оптимальний варіант забезпечення їжею в тривалих походах і поїздках: інкапсульовані продукти займають мало місця та мало важать, страви в повній мірі цінні та містять з оптимальну

кількість калорій. Кріогенна технологія дає можливість не тільки отримати високоякісні продукти та напівпродукти, а й у разі її реалізації безпосередньо в зоні вирощування сільськогосподарської продукції донести до столу споживача більшу кількість урожаю незалежно від сезону. Сублімовані продукти використовуються як основа для дієтичного та дитячого харчування, адже сировиною для виробництва служать тільки свіжі продукти.

## 2 ВИРОБНИЦТВО СУШЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ МЕТОДОМ ЛІОФІЛІЗАЦІЇ

### 2.1 Технологічний процес виготовлення ліофілізованих (сублімованих) харчових продуктів

Процес ліофілізаційного (сублімаційного) сушіння заснований на видаленні основної кількості вологи в замороженому стані сублімацією льоду у вакуумі. Тобто при даному методі сушіння відбувається безпосереднє випаровування льоду, обминаючи рідку фазу [20].

Сублімовані продукти виготовляються методом вакуумної сублімації. Технологічний процес виробництва харчових продуктів сублімаційною сушкою включає наступні етапи:

- 1) Відбір та попередня обробка сировини;
- 2) Заморожування продукту та різке зниження тиску;
- 3) Власне період сублімації – перехід льоду у газоподібний стан;
- 4) Випаровування залишкової вологи за допомогою теплоти;
- 5) Упаковка висушених продуктів [19, 21].

1. При попередній обробці сировини та відборі, для більшості сушених плодів і овочів характерні наступні основні технологічні операції:

- мийка і сортування сировини, при якій сировина звільняється від забруднень і частково зменшується його засіяність мікроорганізмами. Вимиту сировину сортують за якістю (звільняють від загнилих, перестиглих, недостиглих, пошкоджених хворобами та шкідниками). Окремі види сировини калібрують на спеціальних машинах. Для сублімаційного сушіння відбирають плоди невеликих розмірів та округлої форми, за іншої форми сушіння відбувається нерівномірно. Це полегшує наступні технологічні операції, підвищує якість готового продукту, знижує втрати і відходи [1, 21];

- очищення сировини – овочі і плоди очищають від малопоживних або неїстівних частин: шкірки, чашолистків, насіння і насіннєвих камер, плодоніжок і інших. Очищення проводиться механічним, хімічним або гідротермічним способом;
- різка плодів і овочів – овочі консервують у цілому вигляді або нарізаному у вигляді кубиків, кружечків, платівок, часточок. Для отримання пюреподібних продуктів сировину протирають через тонке сито, для додання такій масі більшої однорідності, більш тонкого подрібнення, поліпшення смаку в окремих випадках. Наприклад, для отримання консервів для дитячого харчування її піддають гомогенізації.

Ретельно виконані операції з підготовки сировини (миття, сортування, очищення, різання) надають більший вплив на якість і сортність готового продукту [1].

2. Далі, після обробки, першою стадією сублімації є заморожування – відвід тепла від продукту за рахунок теплоти випаровування зі зниженням температури нижче температури замерзання та утворення кристалів льоду. Його варто проводити з урахуванням евтектичних температур, що є індивідуальними для кожної речовини. Евтектична температура – це найвища температура, при якій відбувається кристалізація (заморожування) матеріалу, що підлягає висушуванню. При зазначеній температурі рідина і тверда фаза знаходяться в рівновазі [14].

Початковий натуральний продукт піддається швидкому заморожуванню при температурі до  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На відміну від звичайного заморожування, перевага в тому, що вимерзає волога швидко і рівномірно – в біотканинах відбувається утворення настільки дрібних кристалів льоду, що вони не здатні зруйнувати навіть клітинні мембрани (рис 2.1). Це пояснює пористу структуру, висушених сублімаційним методом, продуктів [12, 19, 21].



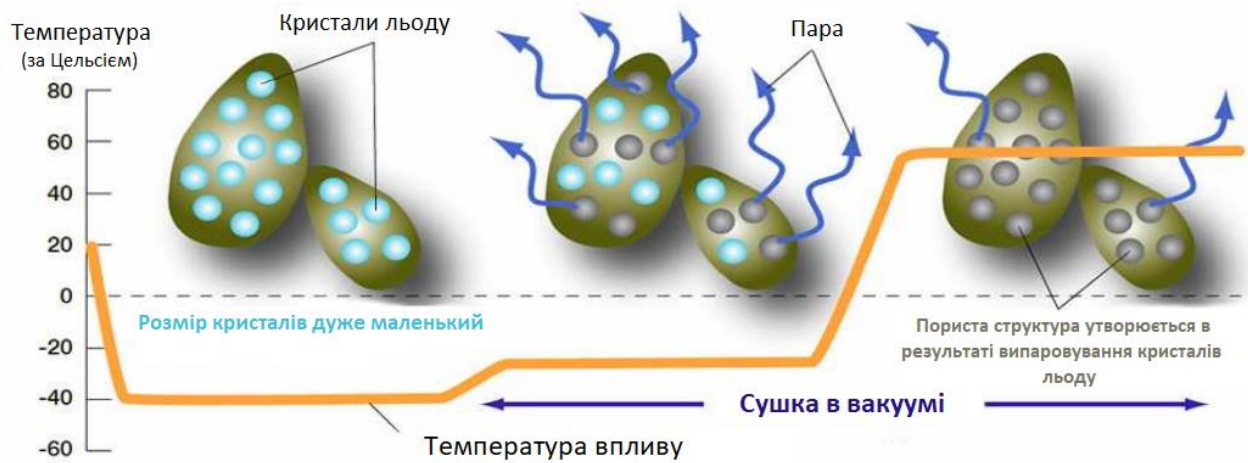


Рисунок 2.1 - Продукт під час сублимації

3. Слідом за фазою заморожування розпочинається власне сублимація – видалення основної частини вологи (40 – 60 %) шляхом переходу вологи, що знаходиться в матеріалі у вигляді льоду, в пар, минувши рідкий стан [19].

4. Наступним етапом є випаровування залишкової адсорбційно-зв'язаної вологи. Це видалення частини вологи, яка не замерзає навіть при дуже низьких температурах. При цьому температура матеріалу швидко підвищується.

5. Далі в камеру для вирівнювання тиску надходить інертний газ, азот або гелій. Камера відкривається, висушені продукти вивантажуються, розвішуються, розфасовуються. З упаковки викачується повітря, замість нього закачується азот і пакет запаюється [12].

Зберігають сублимовані продукти у сухих, добре провітрюваних приміщеннях при температурі не вище 25 °C й відносної вологості повітря не більше 76 % [20].

## 2.2 Фактори, що зберігають якість перероблених овочів

Якість сублиматів залежить насамперед від якості і хімічного складу сировини, особливостей технологічного процесу виробництва та умов зберігання.

Найбільш численними факторами збереження якості перероблених овочів є наступні: температурний режим зберігання, вологість повітря, упаковка – дозволяє

зберегти на певний термін органолептичні та фізико-хімічні властивості перероблених плодів і овочів.

За несприятливих умов зберігання перероблені овочі піддаються швидкому псуванню. Якість продукту знижується внаслідок протікання хімічних процесів (зміна азотистих речовин, ліпідів, вологозв'язувальної здатності, погіршення органолептичних властивостей) [22].

Найбільш з важливих факторів зберігання продуктів є дотримання температурного режиму. Температура впливає на інтенсивність протікання всіх процесів. При підвищеній температурі збільшується випаровування води, підвищується активність ферментів, прискорюються хімічні реакції, створюються умови для розвитку шкідників.

При високій вологості овочі також втрачають свої якості. У сучасних овочесховищах використовують вентиляцію, для створення кращих умов зберігання.

Висушені сублімати досить гігроскопічні через високопористу структуру, що збільшує їх сорбційну поверхню. Тому висушену продукцію зберігають у світлозахисній, герметичній бляшаній тарі з полімерних матеріалів [1, 21].

Терміни зберігання коливаються в залежності від виду упакування:

1. Пакети субліматів (рис 2.1) – це повноцінний аналог сухого пайка. Як правило, всі сублімати в пакетах можна розділити на дві категорії: похідні і довготривалого зберігання.



Рисунок 2.2 – Сублімована продукція в пакетах

– похідні пакети з блискавкою зіп-лок – у них більш грубі, товсті й стійкі до проколів стінки, а також присутній зіп-лок блискавка нагорі. Завдяки їй, можна приготувати обід на ходу: достатньо лише розкрити упаковку, залити 300 – 500 мл води, розмішати і застібнути блискавку. Подібні сублімати володіють дном-стійкою, що дозволяє поставити пакет на будь-яку плоску поверхню. Їсти, відповідно, можна прямо з нього – посуду не потрібно. Термін придатності подібних пакетів становить 7 – 10 років;

– пакети тривалого зберігання – у них менш товсті, але більш м'які стінки (для зручності складання один на одного) і відсутня зіп-лок блискавка. Вмісту в них більше (більша кількість порцій), так як вони розраховані на наявність посуду для готування і вимагають в середньому близько 1 літра води (який в сам пакет просто не влізе). Подібні пакети, як правило, йдуть партіями – в коробках або відрах. Термін придатності може коливатися від 10 до 25 років.

2. Сублімати в банках (рис. 2.2) – це запас аварійної їжі. Випускаються у формі звичайної консервної банки збільшеного розміру #10 can, яка в середньому вміщує в себе галон рідини (3,78 л).

Незважаючи на те, що #10 can перекладається як «#10 round can» (банка на 10 фунтів), цей термін означає не те, що банка буде важити 10 фунтів (4,5 кг), а те, що вона здатна вмістити в себе понад 100 унцій (від 3 кг). Для порівняння - звичайна банка квасолі - це #2 can і вміщує в себе близько 0,5 кг продукту. Іншими словами одна #10 can рівна п'яти або шести консервам #2 can.

Завдяки своїм розмірам і великому обсягу, 1 банка субліматів може замінити від 3 до 10 пакетів (залежно від типу страви), може містити як 5 – 7, так і 35 – 37 порцій.

Через міцність упаковки і «консервний» тип зберігання термін придатності субліматів в банках становить 15 – 25 років.

Готувати сублімат можна як порційно (відібрати рівно стільки, скільки потрібно), так і всю банку за один раз. У другому випадку нам знадобиться каструля або, навіть, казан.



Рисунок 2.3 – Сублімована продукція в банках

3. Сублімати у відрах (рис. 2.3) – як правило, це пластикове овальне або квадратне відро, вкрай набите пакетованою сублімованою продукцією. Подібна подвійна упаковка дозволяє наблизити умови зберігання до ідеалу, що забезпечує подібним відрам термін зберігання понад 25 років.

У більшості випадків, асортимент всередині відра складається з асорті страв – всі пакети різних смаків, по одному або декілька штук. Однак, бувають і винятки – наприклад всі пакети одного типу і смаку. Порцій, як правило, від 60 до 360. Незважаючи на те, що вони можуть містити місячний запас продовольства, відра компактні і легкі, і при цьому вони практичні і міцні.

Призначення подібних відерець – статичний аварійний запас їжі, наприклад на дачі, селі або секретному притулку. Дехто зариває їх у землю на чорний день або на випадок апокаліпсису, багато - кидають в багажник авто на всякий випадок, або просто зберігають удома у коморі.



Рисунок 2.4 – Сублимована продукція у відрах

Також, використовують дубльовані поліетиленові плівки (лакований целофан з поліетиленом), фольгу, покриту поліетиленом, папір, покритий поліетиленом і алюмінієвою фольгою.

Гарантійні терміни зберігання продукції встановлюються з моменту виготовлення [20].

## **2.3 Технологічна схема виробництва сублимованих продуктів**

### **2.3.1 Принципова схема вакуум-сублимаційного апарату**

Процес вакуумної сублимації технологічно складний, вимагає спеціальних знань і підготовки, використовує специфічне промислове обладнання. Нині розроблена промислова технологія виробництва різноманітного асортименту харчових продуктів сублимаційного сушіння, у тому числі деяких овочів, овочевих і фруктових-ягідних соків, пюре, готових до вживання овочевих, овоче-м'ясних блюд тощо [15].

Принципова схема вакуум-сублимаційного процесу зрозуміла з рис. 2.4.

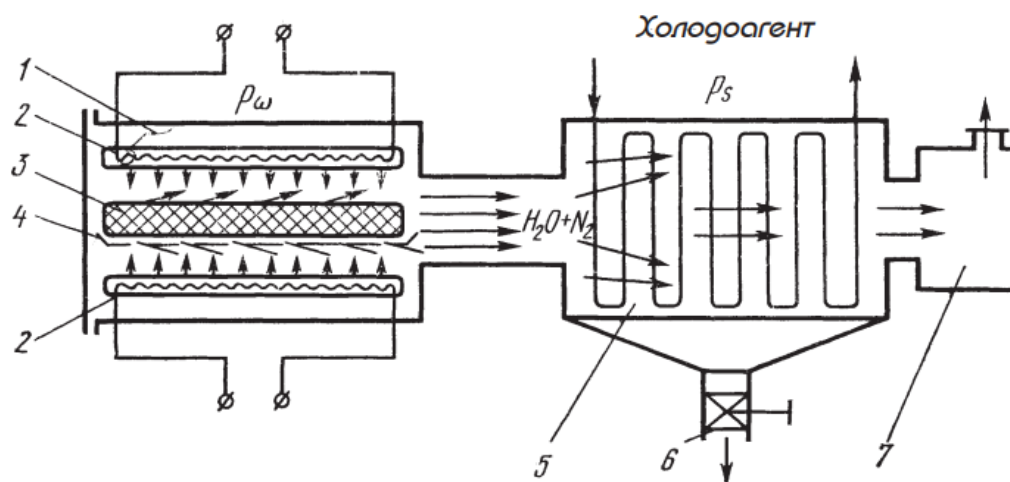


Рисунок 2.5 – Принципова схема вакуум-сублімаційного сушіння:

1 – субліматор; 2 – генератор теплової енергії; 3 – продукт; 4 – сітка;  
5 – конденсатор; 6 – патрубок для спускання конденсату; 7 – вакуум-насос

Сушіння здійснюють у спеціальному апараті – субліматорі 1, що представляє собою герметично закриту камеру. Сублімаційні сушилки можуть бути різного розміру, відповідно до масштабу та потреб використання (рис. 2.5, рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Домашня ліофільна установка



Рисунок 2.7 – Промислові ліофілізатори: малий та великий

Попередньо заморожені продукти 3 поміщають в герметично закриту камеру 1 та розташовують на сітчастих деках 4. Із субліматора починають відкачувати повітря [1].

Після зниження тиску в камері починають поступово підвищувати температуру генератором теплової енергії 2. Тепло для випаровування вологи підводиться до матеріалу випромінюванням. Висушуваний матеріал знаходиться між нагрівними плитами і піддається двосторонньому опромінюванню (зверху і знизу) [19]. Підведення теплової енергії може здійснюватися різними методами: теплопровідністю, випромінюванням, нагріванням у полі високої частоти, інертними газами, а в деяких випадках доцільне комбінування різних методів.

При недостатньому тепловідведенні знижується швидкість сушіння, а за надмірного тягне за собою розморожування продукту і пригорання поверхневих шарів [15, 22]. В зону пароутворення необхідно підводити теплоту в кількості, еквівалентній теплоті, що вивільняється з продукту під час випаровування вологи, оскільки кількість тепла не повинна перевищувати його витрату на сублімацію льоду без його плавлення.

Механізм переносу вологи у фазі власне сублімації має свої особливості – випар вологи відбувається на гранях кристалів. Тому чим більше кристалів і дрібніше їхній розмір, тим більше поверхня випару, а значить тим інтенсивніше сублімація [13, 14].

Для забезпечення нормального перебігу процесу в такій системі треба створити перепад тисків водяної пари між субліматором і конденсатором [15]. Між сушильною камерою та вакуум-насосом 7 встановлюється конденсатор 5, що охолоджується холодильним агентом (наприклад, аміаком) до температури більш низької, за температуру сублімації. Внаслідок цього парогазова суміш з сушарки безперервно поступає в конденсатор, де основна маса пари заморожується на стінках, а гази і частково водяна пара відводяться патрубком для спускання конденсату 6 та вакуум-насосом в атмосферу [19]. Лід випаровується, утворена пара відкачується.

Для отримання доброякісного продукту, важливо щоб період теплової сушки настав пізніше і тривав якомога менше. Коли всі кристали льоду з продуктів випаруються, технологічний процес закінчений. [1, 12].

Інтенсивність процесу сублімаційного сушіння буде залежати не тільки від кількості енергії, підведеної до поверхні випару, і опору потоку парів, а і від теплофізичних характеристик продукту [15].

### **2.3.2 Аналіз використання апаратурно-технологічної лінії для отримання ліофілізованих порошків плодовоовочевої сировини**

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень з питань нових методів консервування плодовоовочевої сировини з метою максимального збереження всіх важливих біокомпонентів, закладених у ній природою, обґрунтовано, розроблено та запропоновано промисловості технологію низькотемпературного перероблення вуглеводовмісних матеріалів, у тому числі нетрадиційних, на харчові продукти підвищеної біологічної цінності для масового та спеціального призначення.

Робота з таким широким спектром об'єктів досліджень, як основні види плодовоовочевої сировини, показала, що для їх зневоднення загалом можна обмежитись апаратурно-технологічною схемою сушіння плодовоовочевої сировини, наведеною на рис. 2.7.



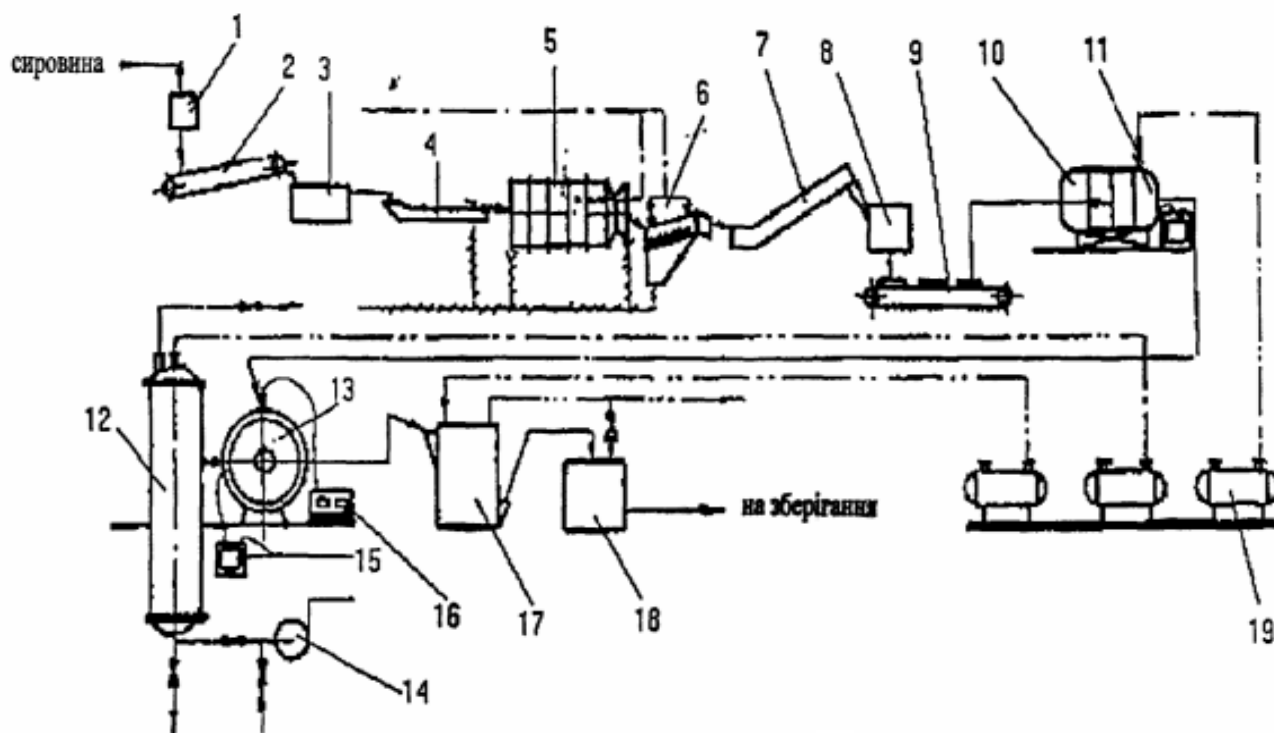


Рисунок 2.8 – Технологічна схема отримання кріопорошків з плодовоовочевої сировини: 1 – бункер; 2 – транспортер; 3 – мийна машина; 4 – машина для парового очищення; 5 – барабанна мийка; 6 – водовідділювач; 7 – дозатор; 8 – подрібнювач; 9 – транспортер; 10 – морозильна шафа; 11 – лагометр; 12 – десубліматор; 13 – субліматор; 14 – насос; 15 – потенціометр; 16 – вакуум-насос; 17 – дезінтегратор; 18 – фасувальна машина; 19 – ємності Дьюара

При зневодненні, наприклад, картоплі та коренеплодів необхідно попереднє підготовлення, яке передбачає очищення шкірки за допомогою пари. Для всіх інших матеріалів, перероблення яких є безвідходним – плодів, ягід, листових овочів, зеленого горошку, зерна амаранту тощо – зі схеми виключається машина для парового очищення шкірки.

При використанні технологічної лінії отримання сублімованих порошків сировину з овочесховища чи безпосередньо з поля подають у приймальний бункер 1 для зважування та накопичення необхідного запасу. Далі інспекційним транспортером 2 сировина потрапляє у мийну машину 3. У стінці бункера 1

передбачено щілиноподібний отвір для контролю за наповненням бункера сировиною і проштовхування окремих частин на випадок їх заклинювання в бункері.

Вимита сировина потрапляє у машину для парового очищення 4 марки ТА. Їх обробляють парою під тиском 0,35 – 0,42 МПа протягом короткого часу (30 – 50 с). При цьому шкірка і тонкий підшкірний шар м'якоті (1 – 2 мм) прогриваються, під шкіркою утворюється пара. За рахунок значного перепаду тиску на виході з апарату шкірка розбухає, тріскається і легко відділяється у барабанній мийці 5. Загалом, цей захід є перебільшено обачним, тому що при досконалому відмиванні і повній гарантії очищення продукції від усіх домішок, методи сублімаційного зневоднення не передбачають таких підготовчих операцій.

Мийна вода відділяється на водовідділювачі 6, а сировина дозатором 7 подається у подрібнювач 8. Коренеплоди будь-яких форм і розмірів добре очищені, мають пружну, не розм'якшену структуру, легко подрібнюються на пластинки товщиною 3 – 6 мм. Подрібнена маса транспортером 9 подається для розміщення на під донах і надходить у швидкоморозильну шафу 10, де зрошується рідким азотом протягом 2 – 3 хв. до температури завершення кристалізації води -18... -32 °С залежно від виду сировини.

Заморожена подрібнена сировина подається у сублімаційну камеру 13, де здійснюється вакуум-сублімаційне сушіння за встановленим оптимальним режимом. Залежно від початкової і залишкової вологості матеріалів тривалість сублімації і вакуумного досушування складає 220 – 380 хв.

Сублімовані матеріали, призначені для отримання порошкоподібних продуктів, надходять у дезінтегратор 17, де піддаються диспергуванню з одночасним активуванням їх біокомпонентів. Порошки із розміром часток 60 – 80 мкм фасують у герметичні пакувальні ємності на фасувальній машині 18.

При практичному використанні запропонованого способу варто мати на увазі, що при отриманні сублімованих порошоків з вуглеводовмісних матеріалів, які містять багато цукрів, залишкова вологість продуктів не повинна перевищувати 8 – 10 %, щоб уникнути грудкування порошоків після дезінтеграції і в процесі зберігання.

## 2.4 Висновки до розділу 2

Технологічний процес виробництва харчових продуктів методом вакуумної сублімації включає наступні етапи:

- 1) Відбір та попередня обробка сировини.
- 2) Заморожування продукту в камері та різке зниження тиску.
- 3) Власне період сублімації – перехід льоду у газоподібний стан.
- 4) Випаровування залишкової адсорбційно-зв'язаної вологи за допомогою теплоти.
- 5) Розфасовка та упакування висушених продуктів.

Якість субліматів залежить насамперед від якості і хімічного складу сировини, а також від особливостей технологічного процесу виробництва та умов зберігання. Найбільш численними факторами збереження якості перероблених овочів є наступні: температурний режим зберігання – не вище 25 °С, відносна вологість повітря не більше 76 %, упаковка яка дозволяє продовжити період зберігання до 25 років.

При застосуванні методу вакуум-сублімаційного сушіння, попередньо заморожений продукт розміщується на сітці між нагрівними плитами. Після вакуумування установки від нагрівних плит до продукту подається енергія в кількості, необхідній для сублімації льоду. Пара переміщується від продукту до охолоджуваної поверхні конденсатора, конденсується і частково відводиться разом з неконденсованими газами вакуум-насосом.

Нині розроблена промислова технологія виробництва різноманітного асортименту харчових продуктів сублімаційного сушіння, у тому числі деяких овочів, овочевих і фруктових-ягідних соків, пюре, готових до вживання овочевих, овочево-м'ясних страв тощо.

## **3 АПРОБАЦІЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

### **3.1 Визначення особливостей ліофілізації на прикладі ягід чорної смородини**

#### **3.1.1 Визначення масової частки вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування**

Чорна смородина містить велику кількість біологічно активних речовин, завдяки чому і сировина, і продукти її перероблення ефективно використовуються в харчуванні як із профілактичною та оздоровчою метою, так і при лікуванні широкого спектру хвороб.

Під час зберігання й особливо теплового оброблення смородини комплекс БАР зазнає істотних негативних змін, що веде до отримання готового продукту низької біологічної та фізіологічної цінності. Дослідження показують, що у ягід смородини, висушених у термостаті при 45 – 50 °С, вміст вітаміну С зменшується з 350 до 149 мг%; у листі смородини, що містила 112 мг% вітаміну С і 1080 мг% катехінів, після теплового сушіння, відповідні показники становили 42 і 497 мг%.

Для проведення аналізу впливу процесу сублімації на сировину – ягід чорної смородини, ми використали дані досліджень Київського національного університету харчових технологій [23]. На основі них було здійснено аналіз збереження властивостей ягід чорної смородини до і після ліофілізації при різних температурах досушування (табл. 3.1) та розглянуто вплив дезінтеграторного подрібнення у готовому продукті (табл. 3.2).

Ягоди, листя та бруньки смородини піддавали сублімаційному зневодненню за розробленим режимом. Особливістю сушіння всіх вегетативних частин смородини є висока концентрація в них найбільш термолабільного біокомпонента – вітаміну С (табл. 3.1). Це потребує особливо ретельного підтримання оптимальної температури процесу на стадії досушування.

Таблиця 3.1 – Масова частка вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування

Температура, К	Масова частка вітамінів, мг%				
	С	Р	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>6</sub>
Лист					
Контроль	427	4926	сліди	2,44	0,14
303	406	4621	сліди	2,37	0,14
313	329	4370	сліди	2,15	0,092
323	309	3668	сліди	1,48	0,036
Бруньки					
Контроль	524	4386	0,55	3,54	0,09
303	506	4120	0,534	3,42	0,09
313	472	4006	0,482	3,28	0,074
323	405	3328	0,438	2,72	0,068
Ягоди					
Контроль	556	2034	0,14	1,16	0,17
303	532	1990	0,14	1,07	0,17
313	508	1836	0,14	0,83	0,08
323	467	1698	0,12	0,74	0,042

Результати аналізу вмісту різних груп вітамінів у свіжій сировині та готовому порошку (рис. 3.1 – 3.5) показали, що оптимальні параметри, відпрацьовані в лабораторних умовах, можуть бути успішно використані і при виробництві сублимованих продуктів у промислових масштабах.

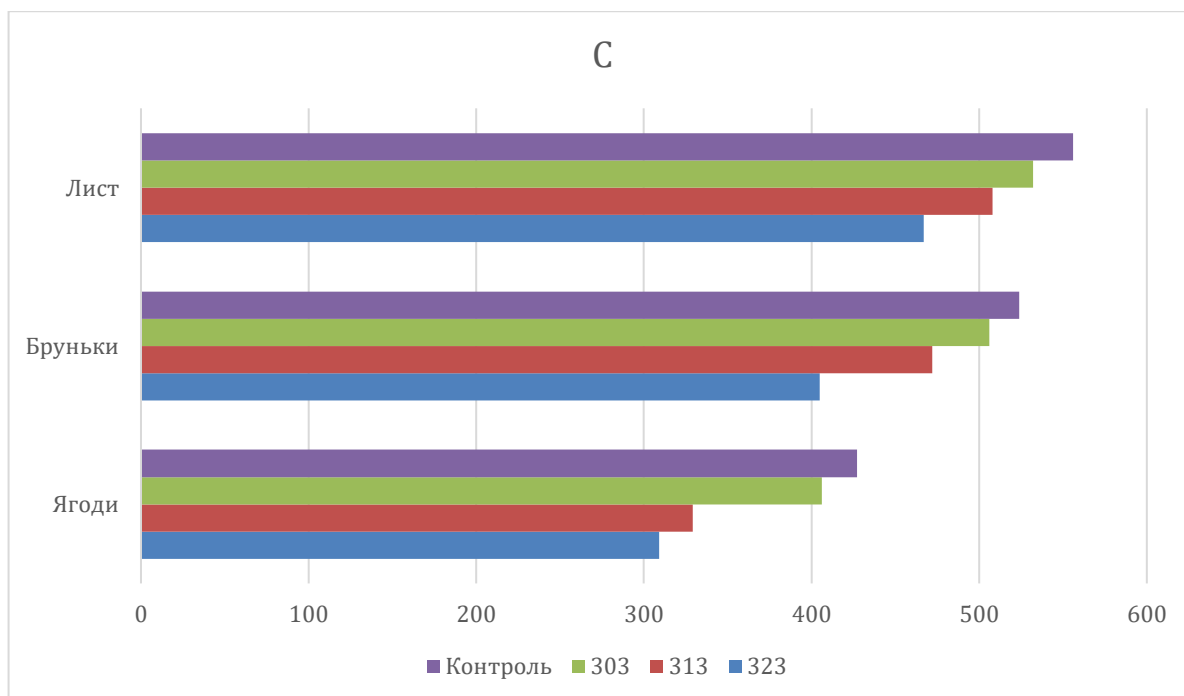


Рисунок 3.1 – Масова частка вітаміну С, мг%

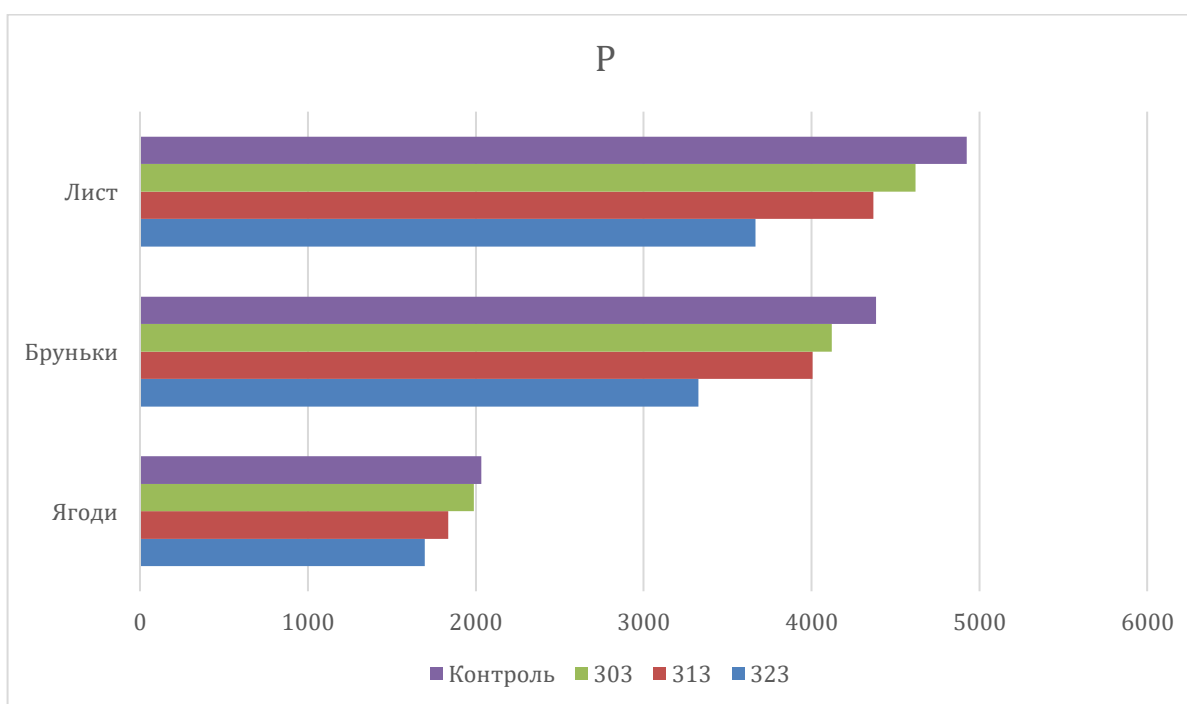


Рисунок 3.2 – Масова частка вітаміну Р, мг%

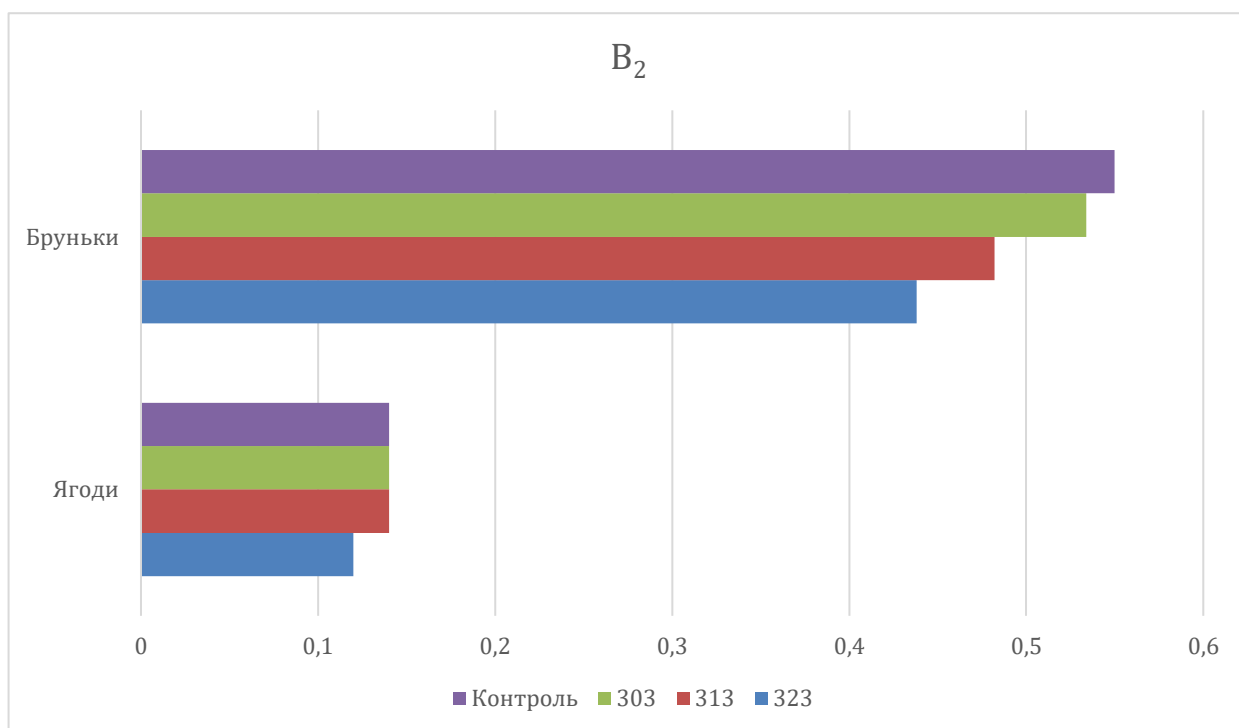


Рисунок 3.3 – Масова частка вітаміну  $B_2$ , мг%

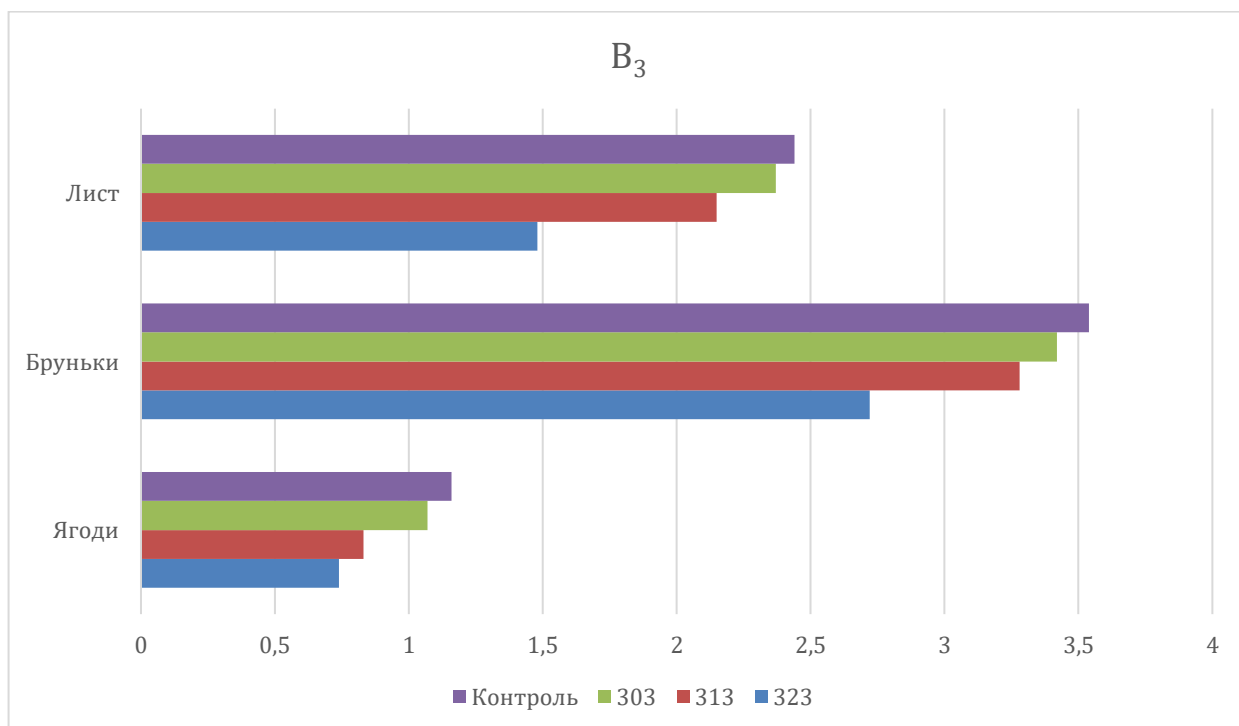


Рисунок 3.4 – Масова частка вітаміну  $B_3$ , мг%

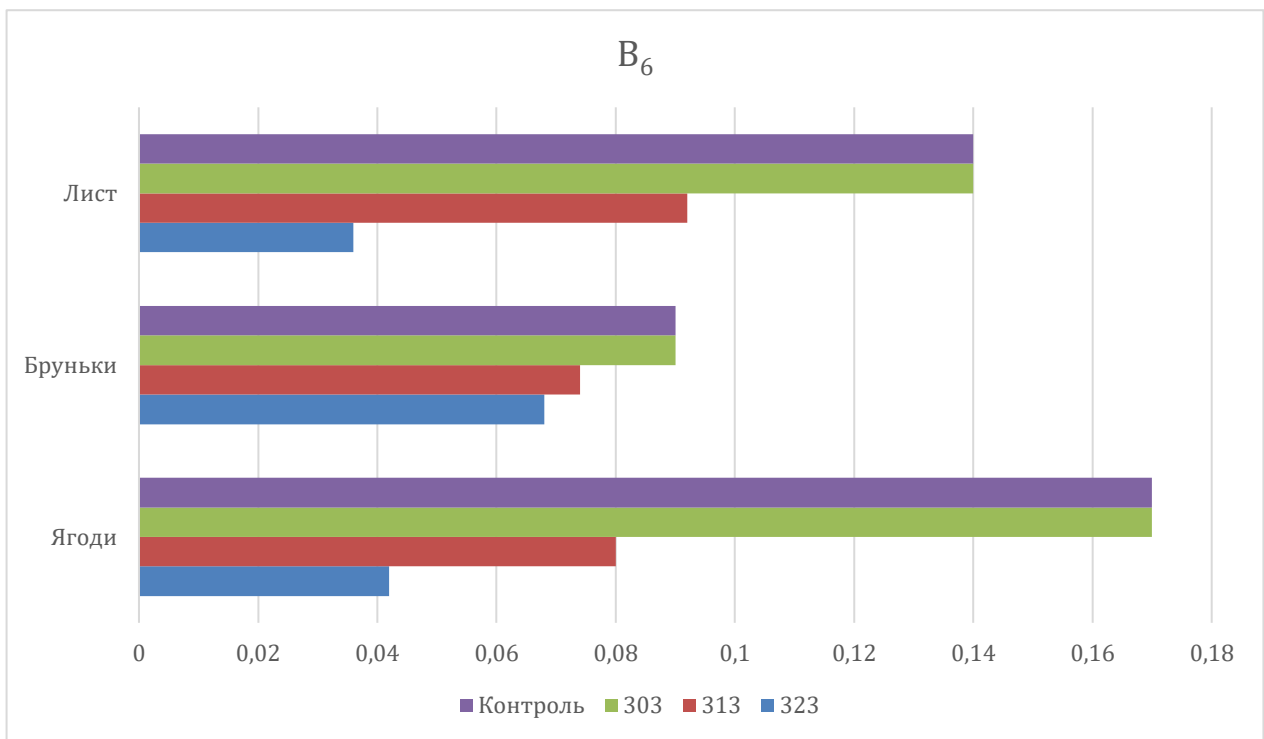


Рисунок 3.5 – Масова частка вітаміну В<sub>6</sub>, мг%

Аналіз таблиці та діаграм показує, що цінність чорної смородини як високовітамінної культури не обмежується одними ягодами. Значна кількість вітамінів С і Р міститься в бруньках та листі смородини, і всі вони майже без змін ідентифіковані в сухих порошках за умови, що температура досушування сублімованих матеріалів не перевищує 303 К.

Більш того, в сублімованих листі та бруньках смородини вміст речовин Р-вітамінної активності (флавонолів, катехинів, лейкоантоціанів тощо) більш ніж удвічі переважає їхню кількість у ягодах. Тому, використовуючи для сублімації листя і бруньки смородини можна отримати додатково з 1 га площі чорної смородини близько 40 кг аскорбінової кислоти та 160 кг біофлавоноїдів.

Результати біохімічних показників отриманих сублімованих продуктів свідчать про те, що всі вони практично у незмінному вигляді є комбінацією біоактивних сполук, які еволюційно входять до режиму харчування людини і справляють оздоровчий та лікувальний ефекти на живий організм.



### 3.1.2 Дослідження впливу дезінтеграторного подрібнення на вміст вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини

Нові експериментальні дані свідчать про те, що високодисперсні порошки, отримані подрібненням у дезінтеграторі сублімованих матеріалів, відзначаються підвищеним вмістом біологічно цінних речовин.

Тонке подрібнення, або гомогенізація, необхідне при виробництві пюре, соків з м'якоттю. Тому після грубого подрібнення на подрібнювачах маса надходить на гомогенізатори чи дезінтегратори (колоїдні млини).

Для оцінки ефективності дезінтеграторного подрібнення було визначено масову частку основних біокомпонентів у готовому продукті. У таблиці 3.2 наведено порівняльні дані вмісту вільних амінокислот кріопорошків бруньок смородини.

Таблиця 3.2 – Масова частка вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини, мг/г препарату

Амінокислоти	Звичайне подрібнення	Дезінтеграторне подрібнення	$\Delta C$
Лізін	0,38	0,86	+0,48
Гістидин	0,67	0,94	+0,27
Фенілаланін	0,136	0,142	+0,006
Тирозин	0,05	0,14	+0,09
Лейцин	0,5	0,61	+0,11
Ізолейцин	0,64	0,64	0
Метіонін	0,01	0,03	+0,02
Валін	0,7	0,84	+0,14
Цистин	0,02	0,29	+0,2
Аланін	1,3	1,85	+1,55
Гліцин	0,265	0,291	+0,026

Продовження табл. 3.2

Амінокислоти	Звичайне подрібнення	Дезінтеграторне подрібнення	$\Delta C$
Пролін	0,01	0,01	0
Глютамінова к-та	1,5	3,8	+2,3
Сірін	0,4	0,56	+0,16
Триптофан	0,53	0,60	+0,07
Аспарагінова к-та	0,38	0,26	-0,12
Аргінін	0,17	0,08	-0,09
Треонін	0,26	0,39	+0,13

Здійснивши порівняння вмісту вільних амінокислот у криопорошку бруньок смородини, ми відобразили різницю у вигляді діаграми (рис. 3.6)

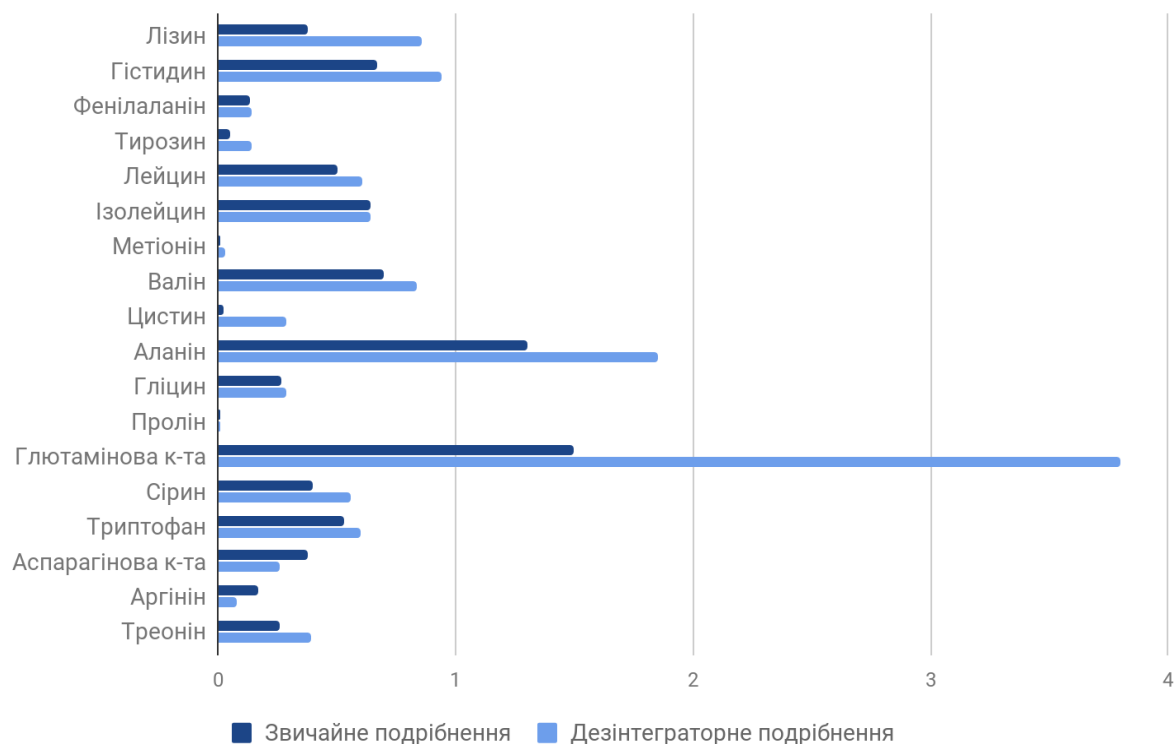


Рисунок 3.6 – Порівняльна діаграма вмісту вільних амінокислот у криопорошку бруньок смородини, мг/г препарату

Як видно з діаграми, при подрібненні в дезінтеграторі сублімованих ягід, бруньок та листу смородини вміст вільних незамінних амінокислот в готовому продукті збільшується: лізину – на 53...56 %, лейцину – 16...18 %, метіоніну – 28...30 %, треоніну – 30...33 %.

Температурний шок, якого зазнають клітини рослин при швидкому зниженні температури нижче нуля, і подальша механодеструкція сублімованих матеріалів сприяють руйнуванню рослинних тканин і мембран клітин, вивільненню значного числа білкових молекул, деградації зв'язків між аскорбіною кислотою і протеїнами з вивільненням вітаміну С і збільшенню числа вільних амінокислот. Біокомпоненти таких порошоків переходять у більш легкозасвоювану форму, що сприяє підвищенню біологічної цінності отриманих продуктів.

### **3.1.3 Особливості інтенсивності підведення тепла**

Результати численних досліджень показали, що залежно від фізико-хімічних властивостей, вологовмісту та інших характеристик рослинної сировини технологічні режими сушіння можуть істотно відрізнятись один від одного.

Інтенсивність підведення тепла регулювали залежно від температури повітря в субліматорі, на поверхні та в центрі об'єкту сушіння. Оптимальна величина теплового потоку складала, згідно з даними рис. 3.7 – 3.9, від 2,7 до 5 кВт/м<sup>2</sup> залежно від виду сировини. Режим підведення тепла до матеріалу східчастий: від максимального на початку (500 Вт/м<sup>2</sup>) до мінімального в кінці (20 Вт/м<sup>2</sup>). Дослідження показали, що це інтенсифікує процес випаровування води і запобігає можливому перегріванню поверхневого шару об'єкта сушіння.

При випаруванні 80 – 85 % води в період сублімації отримували сухі продукти хорошої якості з підвищеним вмістом БАР. Середня температура при цьому в центрі об'єкта для ягід смородини складає 253 – 258 К.

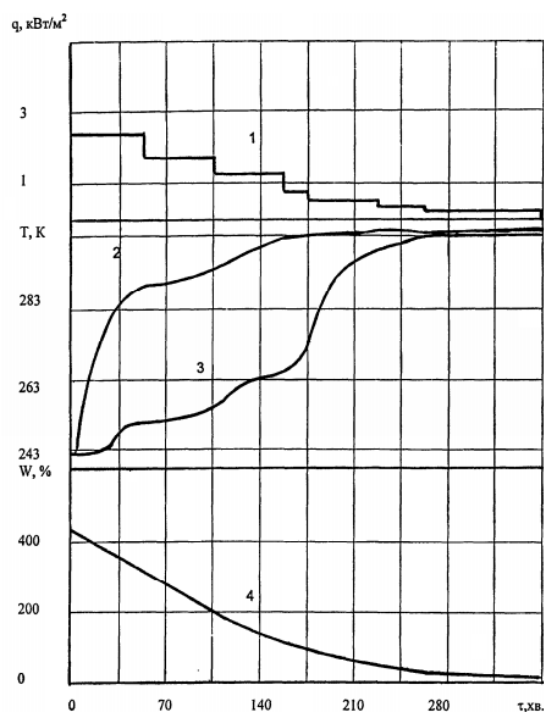


Рисунок 3.7 – Режим сублимаційного сушіння ягід смородини у виробничих умовах: 1 – питомий тепловий потік; 2 – температура поверхні матеріалу; 3 – температура всередині матеріалу; 4 – вологовміст

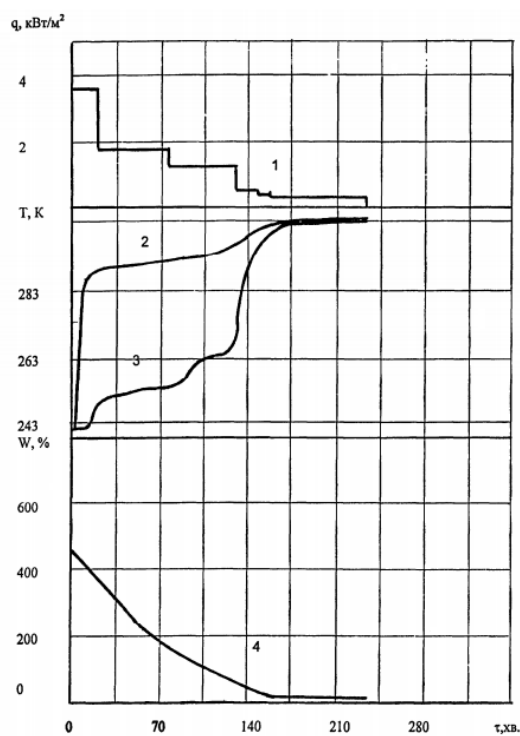


Рисунок 3.8 – Режим сублимаційного сушіння бруньок смородини у виробничих умовах: 1 – питомий тепловий потік; 2 – температура поверхні матеріалу; 3 – температура всередині матеріалу; 4 – вологовміст

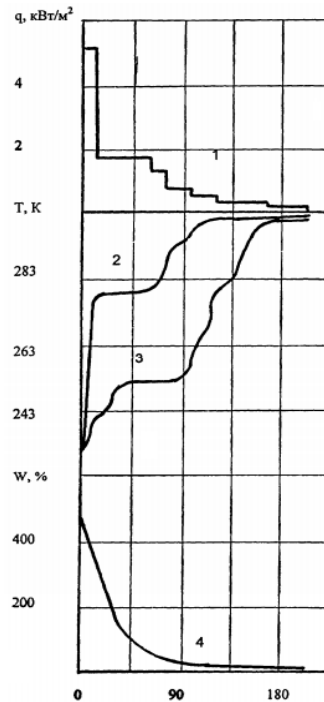


Рисунок 3.9 – Режим сублімаційного сушіння листя смородини у виробничих умовах: 1 – питомий тепловий потік; 2 – температура поверхні матеріалу; 3 – температура всередині матеріалу; 4 – вологовміст

З рисунків 3.7 – 3.9 видно, що в період видалення залишкової (зв'язаної) води швидкість сушіння спадає. Температура матеріалів підвищується до 298 – 309 К. Загальний тиск у субліматорі знижується до 1,33 Па. За цей період з матеріалів видаляється 10 – 15 % води. Завершення процесу сушіння визначали за досягненням необхідної залишкової вологості (5 – 7 %).

Тривалість сушіння при всіх рівних умовах залежить від характеристики вихідної сировини, перш за все її вологовмісту. Для досягнення запланованої вологості ягоди потрібно сушити 300 – 310 хв. (рис. 3.7), бруньки – близько 200 – 220 хв. (рис. 3.8), лист смородини – 140 – 180 хв. (рис. 3.9).

Інтенсивність та режим підводу тепла нагрівачів, тривалість процесу сушіння потрібно корегувати залежно від виду об'єкту зневоднення. Ягоди, бруньки та лист смородини мають різну текстуру, різний вологовміст і відрізняються за біохімічним складом. Тому і криві сушіння, і температурні криві на поверхні і в центрі об'єктів мають характерний для кожного виду матеріалу вигляд.

### 3.2 Порівняння властивостей субліматів закордонних виробників

Для порівняння властивостей сублімованих продуктів закордонних виробників, було обрано наступні представники різних країн: німецький Trek'n Eat, британський Mountain House і американський Wise Food. У кожному пакеті для досягнення поставленої задачі були використані продукти, отримані шляхом сублімації, тобто сублімати.

З трьох даних виробників на українському ринку доступні лише два: німецький Trek'n Eat та американський Wise Food. Британський Mountain House можна придбати в європейських магазинах туристичного спорядження.

Взагалі, виготовлення сублімованих страв може відбуватися двома способами. Перший – це сублімація кожного окремого інгредієнта і подальша їх суміш. Так простіше і дешевше. Саме так готують свої страви Trek'n Eat і Mountain House. Другий спосіб більш складний і витратний: страву готується зі свіжих продуктів, а вже потім піддається сублімації. Такий спосіб обрали в компанії Wise Food.

Процес приготування страви з сублімату охоплює такі стадії:

1. Відкривають пакет вище зіп-лока і, якщо потрібно, дістають поглинач кисню (присутній у Mountain House).

2. Кип'ятком заливають потрібну кількість в пакет – близько півлітра окропу (краще заливати більше на 100 – 150 мл). Всі виробники додатково наносять на лінію на пакеті, по яку потрібно заливати воду, що є досить зручним у застосуванні.

3. Ретельно перемішують, закривають пакет за допомогою вбудованої застібки зіп-лок і чекають вказаний в інструкції час (10 – 15 хв).

Порівняння здійснювалось за наступними критеріями: смакові якості, зовнішній вигляд обраних продуктів, швидкість приготування страв.

Для здійснення порівняння властивостей субліматів обрали наступні продукти:

- спагетті з лососем і соусом песто, виробник Trek'n Eat (рис 3.10);
- чорничний суп, виробник Trek'n Eat (рис 3.11);
- макарони з сиром, виробник Mountain House (рис 3.12);
- яловичина з овочами, виробник Wise Food (рис 3.13).



Рисунок 3.10 – Спагетті з лососем і соусом песто, виробник Trek'n Eat

#### Характеристики продукту 1:

1. Енергетична цінність на 100 г: 403 ккал
2. Харчова цінність на 100 г: білки 16,8 г, вуглеводи 56,6 г, жири 11,9 г
3. Вага нетто: 160 г
4. Маса готової страви: 680 г
5. Термін придатності: 3 роки
6. Склад: паста, плавлений сир, лактоза, помідори, мигдальні пластівці, копчений лосось 2 %, сіль, цибуля, часник, рослинний жир, трави

По смаковим якостям страва дійсно схожа на пасту з лососем під соусом песто. Порції ситні, досить великі та смачні.

Чорничний суп Trek'n Eat (рис. 3.12), який насправді є киселем, вимагає іншого способу приготування, аніж написано на упаковці.



Рисунок 3.11 – Чорничний суп, виробник Trek'n Eat

При заливанні води в куточках пакету можливе застрягання інгредієнтів. Краще закип'ятити воду і, перевівши вогонь на мінімальний режим, повільно висипати вміст пакета в казанок, постійно помішуючи. Кисіль приготується без грудочок желатину, однорідний і відмінний на смак.

Характеристики продукту 2:

1. Енергетична цінність на 100 г: 386 ккал
2. Харчова цінність на 100 г: білки 0,3 г, вуглеводи 93 г, жири 0,3 г
3. Вага нетто: 100 г
4. Маса готової страви: 650 г



5. Термін придатності: 3 роки

6. Склад: цукор, фруктовий цукор, крохмаль, 6 % чорниці, патока, барвник бузини, буряковий сік, натуральний ароматизатор

Макарони з сиром Mountain House (рис. 3.13) серед усіх інших страв мають привабливіший вигляд, аніж смакові якості.



Рисунок 3.12 – Макарони з сиром, виробник Mountain House

Характеристики продукту 3:

1. Вага нетто: 193 г
2. В одній заявленій порції: 64 г
3. Енергетична цінність: 310 ккал
4. Харчова цінність: білки 14 г, вуглеводи 31 г, жири 15 г

5. Склад: макарони, сир чеддер, крем, сіль, фосфат натрію, нежирне сухе молоко, пшениця, кукурудзяне масло, сіль та прянощі

Яловичина з овочами Wise Food (рис. 3.14) виявилась найбільш наближеною до вихідної страви серед усіх своїм видом і смаком. Можливо, це пов'язано з тим, що на цьому виробництві сублімується безпосередньо готова страва.



Рисунок 3.13 – Яловичина з овочами, виробник Wise Food

Характеристики продукту 4:

1. Вага нетто: 162 г
2. В одній заявленій порції: 48,8 г

3. Енергетична цінність: 210 ккал

4. Харчова цінність білки 12 г, вуглеводи 32 г, жири 9 г

5. Склад: картопля, варена яловичина, морква, зелений горошок, пшениця, цибуля, цукор, спеції, екстракт прянощів, кукурудзяна олія, соєва олія, часниковий порошок

Сублімована продукція досить різноманітна. Сублімовані обіди, сніданки і вечері вже зібрані і розфасовані по прийомам їжі, що зводить до мінімуму кухарські турботи та економить час.

У субліматах витримано співвідношення поживних і корисних елементів, збережені всі органолептичні якості: смакові якості, колір, запах і первісний обсяг. Мають добру засвоюваність, відчуття ситості настає надовго.

За зовнішнім виглядом і смаковими якостями переважає американський Wise Food. Напевно, ідея сублімувати вже готову страву дійсно виправдовує себе. Говорячи про всі бренди в цілому, практично в кожній страві не вистачало приправ, тому варто додавати щось на кшталт суміші перців. Також, можна залучати додатковий гарнір.

Неймовірна легкість у приготуванні – залити в пакет окріп і залишити на 10 – 15 хвилин, в залежності від рецепту. Також, можна готувати сублімати кухонних приналежностях.

Зручність користування у всіх виробників приблизно на одному рівні. Навіть посуд після прийому їжі мити не потрібно. Пакет забирають з собою і залишають в найближчому сміттєвому контейнері. Швидко, просто, зручно та смачно.

### **3.3 Дослідження впливу сублімаційного зневоднення продуктів харчування на термін їх зберігання**

Одними з найпоширеніших способів зневоднення є сублімаційне сушіння (за низьких температур) та сушіння при нагріванні продуктів. Сушіння зумовлює анабіоз мікроорганізмів. Пояснюється це тим, що їх живлення відбувається осмотично, всмоктуванням поживних речовин, тому всі мікроби для свого розвитку потребують

певного вмісту води в навколишньому середовищі. Мінімум вологості, за якої можуть розвиватися бактерії, становить 25 – 30 %, плісневі гриби - 10 – 15 %. Потрапляючи в сухе середовище, мікробні клітини віддають осмотично свою вологу, в результаті чого відбувається їх плазмоліз, і гинуть.

Принцип анабіозу відносно сушіння передбачає плазмоліз мікроорганізмів, які потрапили на поверхню висушених продуктів у процесі зберігання. Ці мікроби зберігаються тривалий час у стані анабіозу. Якщо висушений продукт зволожити, то мікроби знову оживають, починають розмножуватись і спричиняють псування продукту [24].

Для дослідження впливу способу зневоднення на термін придатності продуктів було обрано харчові продукти тваринного та рослинного походження:

- запечена курка;
- морква;
- яблуко.

Одним з продуктів, яке найшвидше псується є м'ясо. При кімнатній температурі його тримають не більше 2 годин. Спеціальній обробці (сушінню, смаженню, коптінню та ін.) піддаються як сирі, так і цілком готові м'ясні продукти [25]. На термін зберігання може вплинути вологість повітря, висока температура, недостатня кількість консервантів. Все залежить від того, в якому місці і як буде зберігатися м'ясо (табл. 3.3) [26].

Таблиця 3.3 – Термін зберігання свіжого та приготовленого м'яса в холодильнику і при кімнатній температурі

М'ясо	Термін в холодильнику	Термін в морозилці	Термін при кімнатній температурі
Свіже	48 годин	до 12 місяців	до 24 годин
Варене	24 години	72 години	до 48 годин
Смажене	48 годин	3 місяці	До 48 годин

Продовження табл. 3.3

М'ясо	Термін в холодильнику	Термін в морозилці	Термін при кімнатній температурі
Запечене	48 годин	72 години	До 48 годин
Тушковане	24 години	Зберігати не можна	До 48 годин
Копчене	120 годин	Зберігати не можна	Протягом 36 годин
В'ялене	Півроку	1 рік	30 діб
Солоне	3 місяці	6 місяців	7 днів
Мариноване	3 дня	3 місяці	До 24 годин
У вакуумній упаковці	45 діб	До 6 місяців	3 дні

Зберігати моркву можна у спеціально обладнаних підвалах, овочевих ямах, в квартирах на утеплених балконах і лоджіях, в інших обладнаних місцях. Незалежно від способу зберігання, повинні дотримуватися такі умови:

- температура повітря в межах  $+1...+2$  °С;
- вологість повітря 90 – 95 %.

Оптимальною температурою зберігання є  $0...+1$  °С. При таких температурах вологість у сховищі можна підняти до 90 – 95 %. Не можна знижувати температуру до  $-1$  °С і нижче, так як тканини коренеплоду промерзають і починають загнівати, покриватися цвільлю, а вище  $+2$  °С проростають ниткоподібними корінцями, посилено вражаються грибковими хворобами.

Терміни зберігання яблук в погребі або в іншому місці зберігання:

- осінні сорти залишаються свіжими до 2-х місяців. Температура зберігання 0 °С;
- зимові сорти добре зберігаються 4 - 7 місяців. Термін зберігання залежить від конкретного сорту. Оптимальна температура: від 0 °С до +4 °С...+5 °С.

Температура нижче 0°С згубно діє на плоди. -1 °С – це межа. Нижче починається псування яблук.

Досліджувані продукти були висушені конвективною та сублімаційною сушкою (3.14 – 3.16). Продукти, висушені звичайною тепловою сушкою у вигляді тонких еластичних пластинок, які згинаються. Сублімаційний метод дозволяє висушувати цілісні плоди. Сублімати під час сушки зберегли свій об'єм, форму, колір, смак та аромат. Вони є дуже легкими, хрусткими та легко кришаться.



Рисунок 3.14 – Висушена конвективною та сублімаційною сушкою запечена курка



Рисунок 3.15 – Висушена конвективною та сублімаційною сушкою морква



Рисунок 3.16 – Висушене конвективною та сублімаційною сушкою яблуко

При конвективному методі сушіння волога в основному переміщається у вигляді рідини, у той час як при сублімаційному сушінні волога мігрує всередині матеріалу у вигляді пари, обумовлює високі якісні показники висушеного продукту, зокрема збереження кольору, запаху, смаку, продукт має мінімальну усадку і форма шматочків добре зберігається.

Досліджувані зразки перебували при кімнатній температурі без упаковки

протягом 7 днів. Після чого їх було засіяно на поживне середовище агар-агар на 7 днів при температурі 18 – 20 °С (рис. 3.17).



Рисунок 3.17 – Досліджувані зразки на середовищі агар-агар: с – продукти, висушенні в конвективній сушарці; л – продукти, висушенні в ліофілізаторі

Далі було проведено визначення та порівняння наявності грибків та бактерій (рис. 3.18 – 3.20).

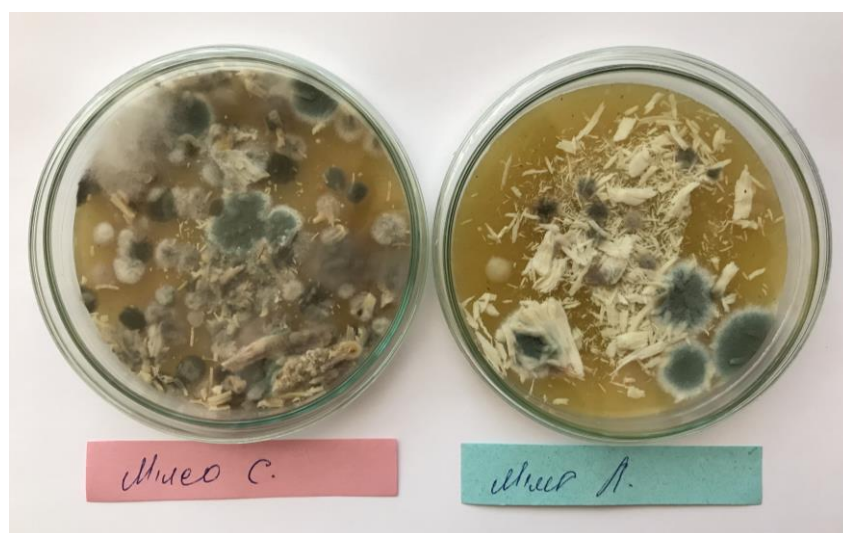


Рисунок 3.18 – Порівняння зміни мікрофлори м'яса



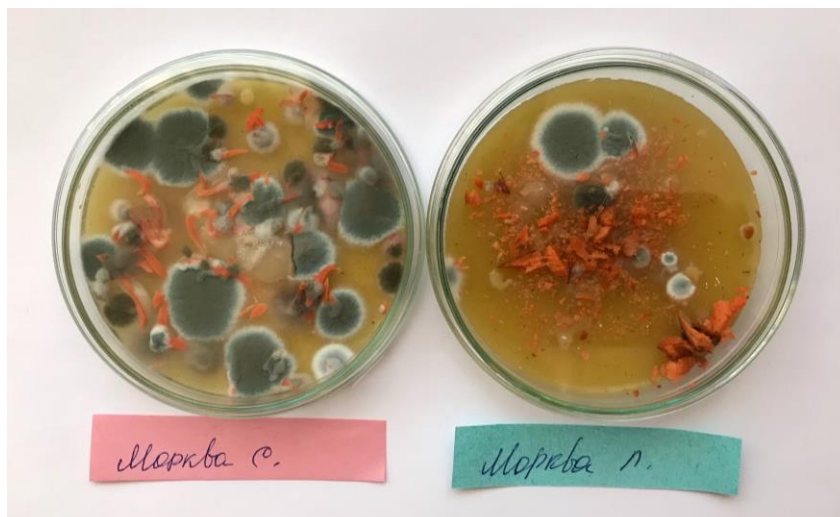


Рисунок 3.19 – Порівняння зміни мікрофлори моркви

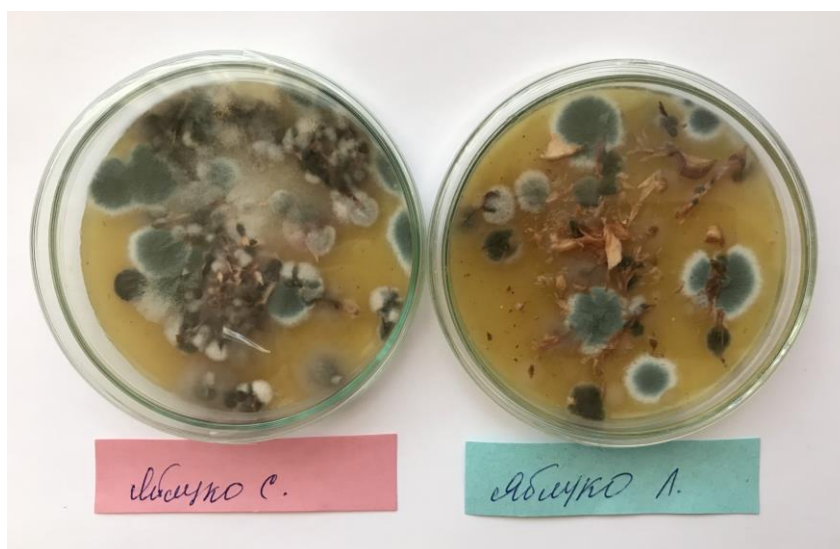


Рисунок 3.20 – Порівняння зміни мікрофлори яблука

Аналіз мікрофлори показує, що в сублимованих продуктах кількість грибків і бактерій є меншою, ніж в продуктах, висушених конвективним способом. Отже, застосування методу ліофілізації дозволяє зберігати та використовувати харчові продукти значно довше.

Оскільки в процесі сушки в умовах вакууму поєднуються заморожування і висушування, на мікроорганізми, що знаходяться в консервованому продукті, несприятливо впливають багато чинників: низька температура заморожування, висока концентрація солей, що створюється при замерзанні води, механічна дія

кристалів льоду, що утворюються, обезводнення продукту і частково підвищена температура в період досушування. Вплив усіх цих чинників може виявитися згубним для деяких мікроорганізмів. Тому сушка в умовах вакууму приводить до значного зменшення мікробного осіменіння харчових продуктів. Після попереднього заморожування кількість життєздатних мікробних клітин знижується приблизно в 2 – 6 разів. В процесі сушки відбувається подальше відмирання частки мікроорганізмів, і після висушування КУО (КУО – кількість одиниць, що утворилися: мікробне число, тобто спільна кількість аеробних і факультативно-анаеробних бактерій в 1 г) зменшується в 10 – 20 разів порівняно з мікробним осіменінням початкового охолодженого продукту до консервації. Але не дивлячись на те, що значна частка мікроорганізмів гине в процесі заморожування і подальшого висушування, загальне мікробне осіменіння (мікробне число) висушених продуктів інколи залишається досить високим і складає в середньому  $10^3$  –  $10^6$  мікробних клітин в 1 г.

Основну масу решткової мікрофлори (мікроорганізмів, що вижили в процесі сушки) м'ясопродуктів сублімаційної сушки складають найбільш стійкі до сублімації споротвірні бактерії – анаеробні клостридії (до 40 % решткової мікрофлори) і бацили аеробів (20 – 22 % решткової мікрофлори). Окрім цих мікроорганізмів в м'ясопродуктах, зневоднених в умовах вакууму, постійно присутні мікрококи, стафілококи, молочнокислі бактерії, дріжджі. В окремих випадках виявляють наявність в невеликих кількостях (десятки, сотні мікробних клітин в 1 г) кишкових паличок роду ешеріхія, бактерій роду протеус, сальмонелл і інших бактерій.

При подальшому зберіганні герметично упакованих продуктів сублімаційної сушки спостерігається подальше відмирання частки мікробів із решткової мікрофлори. Найінтенсивніше воно відбувається в перші 4 – 6 місяці зберігання, а потім швидкість відмирання мікробів різко знижується. При неправильному зберіганні продуктів сублімаційної сушки в умовах підвищеної вологості повітря в них відбувається інтенсивне розмноження мікробних клітин, що зберегли життєздатність, і кількість мікроорганізмів через 24 години збільшується в 10 разів і більше [27].

### 3.4 Висновки до розділу 3

Аналіз визначення масової частки вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування показує, що значна кількість вітамінів С і Р міститься в бруньках та листі смородини, і всі вони майже без змін ідентифіковані в сухих порошках за умови, що температура досушування сублімованих матеріалів не перевищує 303 К. Результати біохімічних показників отриманих сублімованих продуктів свідчать про те, що всі вони практично у незмінному вигляді є комбінацією біоактивних сполук, котрі еволюційно входять до режиму харчування людини і справляють оздоровчий та лікувальний ефекти на живий організм.

При дезінтеграторному подрібненні сублімованих продуктів здійснюється глибоке активування всієї структури матеріалів і спрямоване регулювання властивостей біокомпонентів, що входять до їх складу. Вміст вільних незамінних амінокислот, при подрібненні сублімованих бруньок смородини в дезінтеграторі, збільшується: лізину – на 53...56 %, лейцину – 16...18 %, метіоніну – 28...30 %, треоніну – 30...33 %. Це сприяє підвищенню біологічної цінності отриманих порошків і зумовлює можливість їх використання у профілактичному та оздоровчому харчуванні.

Досліди встановили, що інтенсивність та режим підводу тепла нагрівачів, тривалість процесу сушіння потрібно корегувати залежно від виду об'єкту зневоднення.

Здійснення порівняння властивостей субліматів показало, що сублімована продукція досить різноманітна. У субліматах витримується співвідношення поживних і корисних елементів, зберігаються всі органолептичні якості, неймовірна легкість та швидкість у приготуванні.

Дослідження впливу сублімаційного зневоднення продуктів харчування на термін їх зберігання показало, що застосування методу ліофілізації дозволяє зберігати та використовувати харчові продукти довше, ніж сушіння конвективним способом.

## 4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВПЛИВУ СУБЛІМОВАНИХ ПРОДУКТІВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

### 4.1 Переваги та недоліки сублімованих продуктів

Сублімаційне сушіння є найбільш перспективним видом сушіння, так як воно забезпечує високу якість сушених продуктів.

Перевагами ліофілізаційного сушіння являються:

- Збереження більше 95 % поживних речовин, мікроелементів та вітамінів;
- Збереження органолептичних характеристик продукту (смак, запах, колір, структура і вигляд продукту);
- Містить оптимальну кількість калорій і являється повноцінною одиницею харчування;
- Відсутність ароматизаторів, консервантів і барвників;
- Легкість і швидкість приготування за допомогою додавання води;
- Значне зменшення ваги продукту в 5 – 10 раз;
- Займають мало місця;
- Мають тривалі терміни зберігання;
- Рекомендовано для дитячого та дієтичного харчування;
- Різноманітність страв [28].

Сублімовані продукти значно перевершують сушені по харчовій цінності, так як сублімації піддається тільки вода, а при термічному випаровуванні губляться багато корисних речовин. Звичайне теплове сушіння триває при більш високих температурах, в контакт з киснем повітря, який активізує процеси окислювання хімічних компонентів, діяльність ферментів, що супроводжуються зміною органолептичних характеристик, руйнуванням вітаміну С і майже повною втратою аромату продукту. При сублімаційному сушінні заморожених продуктів у високому вакуумі ці процеси зведені до мінімуму.

Продукти, висушені методом сублімації, зберігають 95 – 98 % корисних речовин а також природні смакові якості, колір, запах і первісний обсяг. Будь-який

продукт можна перетворити в сублімат: фрукти, ягоди, овочі, гриби і будь-яку зелень, перші або другі страви, молочні продукти, кондитерські вироби, м'ясо і рибу, супи і каші тощо. Засвоюваність зневоднених продуктів методом сублімації рівноцінна засвоюваності свіжих [19, 20].

Сублімати не містять ні консервантів, ні барвників ні ароматизаторів, і в цьому їх основна перевага в порівнянні з іншими продуктами тривалого зберігання і швидкого приготування [12].

Першим етапом кулінарної обробки продуктів сублімаційного сушіння є регідратація, тобто відновлення їхніх первісних властивостей у рідині (необхідно мати на увазі, що часте вживання в їжу сушених продуктів без попереднього відновлення може викликати значні фізіологічні порушення в організмі людини). Велика перевага продуктів сублімаційного сушіння – швидке і повне відновлення їх у киплячій і навіть у холодній воді. У зв'язку з цим вони використовуються в громадському харчуванні і, насамперед, у курортній місцевості (містах-курортах) [20].

Одним з найважливіших властивостей є зменшення ваги продукту (за рахунок видалення з нього води). Це робить сублімати привабливими для армії та туристів. Хоча для людини, що несе важкі сумки, це також актуально. Якщо ви йдете в похід, натуральні продукти з витягнутою вологою ідеальне рішення. Для виробництва одного кілограма такої продукції обробляється 20 кг свіжої, тобто взявши з собою 2 – 3 кг різноманітних сухих харчів, ви берете еквівалент 40 – 60 кг свіжого продукту [28]. Маса продуктів після сублімаційного сушіння зменшується майже в 5 – 10 разів, що полегшує їхнє транспортування [10].

Досконалість технології дозволяє зберігати сублімовані продукти більше 25 років [19]. Сублімовані продукти не вимагають спеціальних умов зберігання. Головне, щоб продукція зберігалася без доступу вологи. Єдина небезпека, яка може супроводжувати купівлі субліматів – низькоякісна початкова сировина, використана недобросовісним виробником. Убезпечити себе можна, купуючи продукцію перевірених фірм [12, 28].

До недоліків субліматів можна віднести:

- Тривалість процесу;
- Складність апаратури;
- Великі енерговитрати;
- Вартість продуктів.

Сублимація – досить недешеве задоволення. Ціна сублимованого продукту значно перевищує ціну натурального. У зв'язку з цим, далеко не всі користуються ними в своїх подорожах, вважаючи за краще звичайну сушку.

Сумарна витрата енергії та експлуатаційні витрати більші, ніж при будь-якому іншому способі сушіння. Тому застосування такого високовартісного сушіння доцільне для сушіння цінних продуктів, які не витримують звичайної теплової обробки і які необхідно зберігати тривалий час без зміни їх біологічних властивостей (пеніцилін, деякі інші медичні препарати, плазма крові, високоякісні харчові продукти) [13, 14].

#### **4.2 Екологічна безпека використання ліофілізованих продуктів харчування**

На сучасному етапі розвитку науки і техніки однією з основних завдань є всебічне вдосконалення виробництва і зокрема, створення нових прогресивних методів обробки матеріалів та продуктів, що забезпечують високі якісні та економічні показники.

Стосовно до консервації продуктів, актуальним є пошук нових способів зневоднення, призначених для тривалого зберігання. Ліофілізація - один з таких методів, який до того ж забезпечує високу якість продуктів. Тому він може бути вирішенням багатьох глобальних проблем, таких проблем як зміни клімату, збільшення населення, голоду, триваліше зберігання національно-стратегічного запасу України.

Екологічна безпека - стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей. Екологічна безпека продуктів харчування – глобальна

проблема, оскільки зачіпає не лише здоров'я людини, але й впливає на всю економіку країни. Якість продуктів харчування впливає на рівень життя, соціальну активність та працездатність людини, на тривалість життя і демографічний аспект.

У сучасних умовах людина все менше довіряє якості вироблених продуктів. Це пов'язано як з погіршенням умов навколишнього середовища (підвищена хімізація і індустріалізація виробництва), так і з генною модифікацією продуктів харчування і низьким контролем якості в процесі виробництва продуктів харчування [29].

Органічна продукція – продукція, яка при виробництві виключає застосування хімічних добрив, пестицидів, генетично модифікованих хімічних організмів (ГМО), консервантів тощо, та на всіх етапах виробництва (вирощування, переробки) застосовуються методи, принципи та правила, призначені для отримання натуральної (екологічно чистої) продукції, а також збереження та відновлення природних ресурсів. Споживання органічних продуктів – це важливий компонент раціонального та здорового способу харчування [30].

Національна безпека України створює комплекс законодавчих та організаційних заходів, за яких забезпечуються сталий розвиток суспільства, своєчасне виявлення, запобігання і нейтралізація реальних та потенційних загроз національним інтересам у різних сферах державного управління, таких як охорони здоров'я, промисловості та сільського господарства, захисту екології і довкілля [31].

Сталий розвиток – загальна концепція стосовно необхідності встановлення балансу між задовільненням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі. Це розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. Основна увага приділяється збереженню здібностей до самовідновлення і динамічної адаптації таких систем до змін, а не збереження їх у деякому «ідеальному» статичному стані [32].

Однією із глобальних цілей сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй (ООН) є ціль №2 – подолання голоду, розвиток сільського господарства. Яка досягається за допомогою покращення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства.

На жаль, у багатьох країнах крайній голод і недоїдання досі залишаються величезною перешкодою на шляху розвитку. За оцінками, станом на 2014 рік, 795 мільйонів людей хронічно недоїдали, що часто є безпосереднім наслідком погіршення стану навколишнього середовища, посух і втрати біорізноманіття. Понад 90 мільйонів дітей у віці до п'яти років мають небезпечно знижену вагу. А в Африці голодує кожен четвертий.

Ціль №2 спрямована на припинення всіх форм голоду та недоїдання до 2030 року і забезпечення доступу, насамперед для дітей, до поживних харчових продуктів у достатній кількості впродовж усього року. Це передбачає стимулювання сталих методів ведення сільського господарства: підтримку дрібних фермерів і забезпечення рівноправного доступу до землі, технологій і ринків. Для цього також потрібне міжнародне співробітництво з метою залучення інвестицій в інфраструктуру і технології для підвищення якості і продуктивності сільського господарства [33].

Кожна держава створює запаси національних багатств на непередбачений випадок. Стратегічні резерви держави – потреби держави в запасах сировини, матеріально-технічних та продовольчих ресурсів, необхідних для забезпечення національної безпеки держави, забезпечення першочергових потреб для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також надання гуманітарної допомоги населенню України та іншим державам. У складі державного резерву створюється незнижуваний запас матеріальних цінностей (постійно підтримуваний обсяг їх зберігання) [34].

До складу стратегічних резервів входять:

- матеріальний резерв – окрема частина стратегічних резервів, яка складається із запасів сировинних, у тому числі паливно-енергетичних та матеріально-технічних ресурсів, промислових і продовольчих товарів, призначених для використання у мирний час у випадках, передбачених даним законом, а також в особливий період – для забезпечення потреб Збройних сил, інших військових формувань та нормованого забезпечення потреб населення;
- мобілізаційний резерв – окрема частина стратегічних резервів, призначених для забезпечення розгортання виробництва військової та іншої промислової



продукції, ремонту військової техніки та майна в загрозовий та особливий періоди, розгортання у воєнний час робіт по відновленню залізничних та автомобільних шляхів, морських та річкових портів, аеродромів, ліній і споруд зв'язку, газо-, нафтопродуктопроводів, систем енерго- і водопостачання для організації безперебійної роботи промисловості, транспорту і зв'язку, прискореного будівництва швидкоспоруджуваних захисних споруд цивільного захисту та надання медичної допомоги.

Освіження стратегічних резервів – відпуск (заміна) матеріальних цінностей із стратегічних резервів здійснюється внаслідок виникнення обставин, які можуть призвести до псування або погіршення якості продукції до закінчення терміну її зберігання, за умови одночасного або наступного постачання і закладення до стратегічних резервів тієї самої кількості аналогічних матеріальних цінностей. Освіження матеріальних цінностей стратегічного резерву здійснюється:

- після спливу 50, але не більше 70 відсотків терміну зберігання (строку придатності);
- у разі погіршення їх якості до закінчення гарантійного терміну зберігання (строку придатності) [34].

Отже, сублімати можуть застосовуватись в глобальних цілях:

- якісне харчування для покращення здоров'я населення та подолання голоду, так як вони зберігають практично всі поживні речовини;
- як органічна продукція, адже в субліматах немає ароматизаторів, консервантів і барвників;
- триваліше зберігання стратегічного резерву України, збільшення термінів реалізації швидкопсувних продуктів, їх можна продавати в магазинах, не забезпечених холодильними установками, широко використовуючи автомати.

### 4.3 Заходи щодо інтенсифікації процесу сублімаційного зневоднення вуглеводовмісної сировини

Сублімаційне зневоднення плодоовочевої сировини – це сукупність складних односпрямованих процесів переносу маси та тепла в капілярно-пористих тілах, до яких належать об'єкти наших досліджень. Удосконалення технології є важливою умовою прискорення технічного процесу у виробництві.

Отже, інтенсифікація процесів низькотемпературного зневоднення досягається за певних умов:

- заморожування і сублімація води в матеріалі при температурах, попередньо визначених методом диференційної скануючої калориметрії;
- східчастому режимі підведення теплових потоків;
- глибокому вакуумі;
- тепловому досушуванню до необхідної залишкової вологості при температурах нижчих від 40 °С, що запобігає руйнуванню термолабільних біокомпонентів.

Використання наступних сучасних технологій дозволяють покращити процес сублімаційного зневоднення вуглеводовмісної сировини:

- перехід від перервних технологічних процесів до безперервних;
- впровадження безвідходних та маловідходних технологій [35, 36].

Для автоматизації процесу виробництва ліофілізованих продуктів доцільне встановлення раціонального технологічного режиму сушіння – основних параметрів процесу, які забезпечують найвищі якісні показники готової продукції при мінімальній тривалості сушіння [1].

Залежно від фізико-хімічних властивостей, вологовмісту та інших характеристик сировини технологічні режими сушіння можуть істотно відрізнитись один від одного. Виходячи з результатів вивчення тонких зрізів вуглеводовмісних матеріалів методом диференційної скануючої мікрокалориметрії, дійшли висновку, що плоди, ягоди, овочі відносяться до матеріалів, режим сушіння яких близький до в'язкісного, тому температура всередині продукту сягає 248 – 269 К [35, 36].

Більш того, серед досліджуваних об'єктів можна виділити такі, що вимагають попереднього заморожування (ягоди), або ні (плоди, овочі). Та загалом процес сушіння передбачає три обов'язкові операції – заморожування (самозаморожування), власне сублімацію, випаровування залишкової води (досушування).

Попередня підготовка сировини істотно впливає на швидкість і рівномірність сушіння і, як наслідок, – на якість готового продукту. Тому цю операцію проводять згідно з вимогами технологічних інструкцій [20].

#### **4.4 Висновки до розділу 4**

Перевагами сублімаційного сушіння являються: збереження більше 95 % поживних речовин, мікроелементів, вітамінів, оптимальна кількість калорій; відсутність ароматизаторів, консервантів і барвників; легкість в приготуванні; значне зменшення ваги продукту, який до того ж займає мало місця; тривалі терміни зберігання; рекомендовано для дитячого та дієтичного харчування; велика різноманітність страв.

До недоліків субліматів можна віднести: тривалість процесу; складність апаратури; великі енерговитрати; висока вартість продуктів.

Сублімати можна застосовувати в глобальних цілях, як якісне харчування для покращення здоров'я населення та подолання голоду, як органічна продукція, як триваліше зберігання стратегічного резерву України.

Інтенсифікація процесів низькотемпературного зневоднення досягається за певних умов: заморожуванні і сублімації води в матеріалі при температурах, попередньо визначених методом диференційної скануючої калориметрії; східчастому режимі підведення теплових потоків; глибокому вакуумі; тепловому досушуванні до необхідної залишкової вологості при температурах нижчих від 40 °С, що запобігає руйнуванню термолабільних біокомпонентів.

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУБЛІМАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Для установки, яка використовується у фермерському господарстві для виготовлення сублімованого харчового продукту з продуктивністю до 5 кг готової продукції за 1 робочий цикл (7 – 9 год), продуктивністю до 50 кг по випаровуваній волозі за 1 робочий цикл, буде зроблено розрахунок витрат для створення установки, експлуатаційних витрат за одну годину, 1 цикл і рік роботи установки.

Сублімовані продукти знайшли надзвичайну популярність завдяки ряду своїх незаперечних переваг. По-перше, це біологічно повноцінна їжа – сублімація дозволяє зберегти первозданий зовнішній вигляд, аромат і смак вихідного продукту і міститься в ньому комплекс корисних речовин.

Крім цього, сублімовані продукти мають невелику вагу, практично необмежений термін придатності, прийнятну ціну (вони значно дешевше закордонних аналогів). Враховуючи невисоку закупівельну ціну вихідної сировини, зробимо висновок, що займатися розробкою установок з виробництва таких продуктів дуже вигідно і актуально.

Установка складається з проектованого вакуумного механічного ротаційно-пластинчастого насоса, вакуумної сублімації камери об'ємом, камери-десубліматори, холодильного агрегату для подачі холодоагенту.

Мета даного розділу – розрахунок собівартості установки з виготовлення сублімованого продукту для харчової індустрії, визначення витрат на проведення одного робочого циклу виготовлення продукту і як наслідок, визначення витрат за одну годину роботи установки.

Собівартість – це витрати підприємства на виробництво (виробнича собівартість) та реалізацію (собівартість реалізації) власної продукції. Включає витрати матеріалізованої та живої праці, є важливим кількісним показником, що характеризує діяльність підприємства.

## 5.1 Визначення собівартості установки

### 5.1.1 Розрахунок витрат на матеріали

Матеріали, що використовуються в установці, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Використовувані в установці матеріали

Матеріал	Вага, кг	Вартість 1 кг, грн	Витрати, грн
АК-8	4	85	340
Сталь 12x18н10т	230	80	18400
Сталь 3сп/пс	200	21	4200
Гума	0,5	260	130
Мідь	0,3	250	75
Разом			23145

Загальна вартість матеріалів:  $S_M = 23145$  грн

Транспортні витрати для матеріалів складають 5 % від їх вартості:

$$S_{тр} = S_M * 0,05 \quad (5.1)$$

$$S_{тр} = 23145 * 0,05 = 1157,25 \text{ грн}$$

Загальні витрати на матеріали:

$$S_1 = S_M + S_{тр} \quad (5.2)$$

$$S_1 = 23145 + 1157,25 = 24302,25 \text{ грн}$$

### 5.1.2 Розрахунок витрат заробітної плати основним робочим

Дані витрати містять основну та додаткову заробітну плату основних робітників (табл. 5.2) та відрахування на соціальні заходи.

Таблиця 5.2 – Заробітна плата робітників

Найменування робіт	Середній розряд	Трудомісткість, год	Тарифна ставка, грн/год	Загальна заробітня плата, грн.
Токарні	IV	48	61	2928
Зварювальні	V	12	73,95	887,4
Фрезерні	VI	10	65,33	653,25
Свердлильні	III	6	56,68	340,05
Складальні	VI	18	65,33	1175,85
Контрольні	V	16	65,33	1045,2
Разом				7029,75

Основна заробітна плата:  $L_{\text{осн}} = 7029,75$  грн

Додаткова заробітна плата основних робітників становить 15 % від основної заробітної плати. Рівень відрахувань на зарплату становить 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати. Отже, додаткова заробітна плата становить:

$$L_{\text{дод}} = L_{\text{осн}} * 0,15 \quad (5.3)$$

$$L_{\text{дод}} = 7029,75 * 0,15 = 1054,46 \text{ грн}$$

Відрахування до фонду соціального страхування:

$$L_{\text{соц. ст}} = (L_{\text{осн}} + L_{\text{дод}}) * 0,22 \quad (5.4)$$

$$L_{\text{соц. ст}} = (7029,75 + 1054,46) * 0,22 = 1778,53 \text{ грн}$$

Сумарні витрати на зарплату основним робочим:

$$S_{\text{сум}} = L_{\text{соц. ст}} + L_{\text{осн}} + L_{\text{дод}} \quad (5.5)$$

$$S_{\text{сум}} = 1778,53 + 7029,75 + 1054,46 = 9862,74 \text{ грн}$$

### 5.1.3 Розрахунок витрат створення установки

Дані про вартість покупних виробів наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Вартість покупних виробів

№	Найменування виробу	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Разом, грн
1	Електродвигун	1	3100	3100
2	Датчик ПМТ-6-3	3	250	750
3	Вакуумметр Мерадат-ВТ12СТ2	1	9500	9500
4	Датчик НІН-4602-С	1	2800	2800
5	Регулятор Термодат-37ДГ1	1	15450	15450
6	Силовий блок	1	1300	1300
7	Вакуумна арматура	-	35000	35000
8	Стійка для апаратури	1	1300	1300
10	Клапан натекатель КН-6	2	3250	6500
11	Холодильний агрегат М8-2SA-45X	1	31000	31000
12	Інші матеріали (вакуумні масла, холодоагент та ін.)	-	20000	20000
	Разом			126700

Загальна вартість покупних виробів:  $S_{\text{пок}} = 126700$  грн

Транспортні витрати для покупних виробів складають 3 % від їх вартості:

$$S_{\text{тр}} = S_{\text{пок}} * 0,03 \quad (5.6)$$

$$S_{\text{тр}} = 126700 * 0,03 = 3801 \text{ грн}$$

Установку збирають 2 інженера-механіка. Тривалість збірки – 12 годин.

Тарифна ставка механіка становить 88 грн/год. Тоді, витрати на збірку установки:

$$S_{\text{зб}} = 12 * 88 = 1056 \text{ грн}$$

Сума витрат на створення установки:

$$S_{\text{ств}} = S_{\text{пок}} + S_{\text{зб}} + S_{\text{тр}} \quad (5.7)$$

$$S_{\text{ств}} = 126700 + 1056 + 3801 = 131557 \text{ грн}$$

Собівартість установки:

$$S = S_{\text{ств}} + S_1 + S_{\text{сум}} \quad (5.8)$$

$$S = 131557 + 24302,25 + 9862,74 = 165722 \text{ грн}$$

## 5.2 Визначення експлуатаційних витрат

В експлуатаційні витрати на використання установки за один цикл роботи входять:

- витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу;
- витрати на електроенергію;
- витрати на мастильні матеріали;
- амортизаційні відрахування.

Робочий цикл виготовлення партії готового продукту  $t = 9$  год.



### 5.2.1 Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу

Обслуговування установки проводиться одним механіком. Тарифна ставка механіка 88 грн/год. Разом, сумарні витрати на експлуатацію даної установки складають:

$$S_{\text{обслуг}} = 88 * 9 = 792 \text{ грн}$$

### 5.2.2 Витрати на електроенергію

Вартість 1 кВт/год електроенергії  $s_e = 2,3$  грн (на 11.2019, ПАТ «ВІННИЦЯОБЛЕНЕРГО»).

Потужність приладів становить:

$P_{\text{ВІТ-3}} = 75$  Вт – потужність вакуумметра;

$P_{\text{НВР-16Д}} = 2200$  Вт – потужність вакуумного насоса;

$P_{\text{освітл}} = 200$  Вт – потужність ламп освітлення;

$P_{\text{доп}} = 150$  Вт – потужність допоміжного обладнання та інструменту;

$P_{\text{агр}} = 500$  Вт – потужність агрегату подачі холодоагенту.

$P_{\text{нагр}} = 3000$  Вт – потужність нагрівачів продукту

Сумарна споживана потужність:

$$P_S = P_{\text{ВІТ-3}} + P_{\text{НВР-16Д}} + P_{\text{освітл}} + P_{\text{доп}} + P_{\text{агр}} + P_{\text{нагр}} \quad (5.9)$$

$$P_S = 75 + 2200 + 200 + 150 + 500 + 3000 = 6,125 \text{ кВт}$$

Питомі витрати потужності споживаної електроприладами за 1 годину:

$$S_{e. \text{годину}} = s_e * P_S \quad (5.10)$$

$$S_{e. \text{годину}} = 2.3 * 6,125 = 14,09 \text{ грн / год}$$

Питомі витрати потужності споживаної електроприладами за один робочий цикл:

$$S_{e. e} = S_{e. \text{годину}} * t \quad (5.11)$$

$$S_{e. e} = 14,09 * 9 = 126,79 \text{ грн}$$

### 5.2.3 Витрати на мастильні матеріали за один цикл установки

Витрата вакуумного масла ВМ-1с в вакуумному насосі НВР-16Д застосовується в розрахунку 2 літра на півроку. Його вартість в середньому становить 110 грн/л. Середні витрати масла: 0,25 грн/год. Середні витрати на масло за один робочий цикл:  $S_{\text{масла}} = 2,25$  грн. Експлуатаційні витрати на виконання 1 робочого циклу складаються з вищеперелічених витрат і становлять:

$$S_{\text{експл}} = S_{\text{обслуг}} + S_{\text{масла}} + S_{e. e} \quad (5.12)$$

$$S_{\text{експл}} = 792 + 2,25 + 126,79 = 921,04 \text{ грн}$$

Експлуатаційні витрати за одну годину робочого циклу становлять:

$$S_{\text{експл. год}} = S_{\text{експл}} / t \quad (5.13)$$

$$S_{\text{експл. год}} = 921,04 / 9 = 102,34 \text{ грн / год}$$

### 5.2.4 Амортизаційні відрахування

Списання вартості стенду відбувається за 10 років рівними частками. Річна норма амортизації  $a = 10 \%$ .

$$A = S_1 * a \quad (5.14)$$

$$A = 24302,25 * 0.1 = 2430,23 \text{ грн / рік}$$

### 5.2.5 Вартість експлуатаційного циклу установки

Вартість експлуатаційного циклу установки становить:

$$S_{\text{уст}} = S_{\text{експл. год}} * t_{\text{експл}} + A / n, \quad (5.15)$$

де  $n$  - середнє число робочих циклів на рік.

$$S_{\text{уст}} = 102,34 * 9 + 2430,23 / 200 = 933,21 \text{ грн}$$

Вартість однієї години роботи установки:

$$S_{\text{уст. годину}} = S_{\text{уст}} / t \quad (5.16)$$

$$S_{\text{уст. годину}} = 933,21 / 9 = 103,69 \text{ грн / год}$$

Вартість виробництва готового продукту на установці протягом року:

$$S_{\text{рік}} = S_{\text{уст}} * n \quad (5.17)$$

$$S_{\text{рік}} = 933,21 * 200 = 186642,23 \text{ грн}$$

### 5.3 Вартість 1 кг готового продукту

У сублімаційну камеру установки проводиться завантаження 50 кг вихідної сировини - білих грибів. Вихід готового продукту становить приблизно 5 кг. Готовий продукт – сублімовані білі гриби (залишкова вологість до 5 %).

Ціна 1 кг готової продукції дорівнює величині, рівній експлуатаційним витратам, віднесена до кількості кілограм отриманого продукту:

$$Ц = S_{\text{експл}} / 5 \quad (5.18)$$

$$Ц = 921,04 / 5 = 184,21 \text{ грн}$$

## 5.4 Висновки до розділу 5

У даному розділі були проведені розрахунки витрат на створення вакуумної установки, витрат на експлуатацію і вартість одного експерименту, в тому числі в розрахунку на 1 годину та на 1 робочий цикл виробництва продукту:

- вартість вакуумної установки:  $S_1 = 24302,25$  грн;
- експлуатаційні витрати на одну годину експерименту:  $S_{\text{експл. год}} = 102,34$  грн;
- експлуатаційні витрати на один повний робочий цикл:  $S_{\text{експл}} = 921,04$  грн;
- експлуатаційні витрати на рік роботи установки:  $S_{\text{рік}} = 186642,23$  грн.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі було проведено аналіз підвищення якості харчових продуктів методом ліофілізації.

У першому розділі було розглянуто метод сублімаційного сушіння вологовмісних матеріалів, який характеризується видаленням вологи шляхом сублімації води, тобто фазовим переходом льоду в пару за значень тиску і температури, що лежать нижче потрійної точки. Внаслідок цього сублімовані продукти різко відрізняються від продуктів, консервованих іншими методами – забезпечується практично повне збереження біоактивного комплексу рослинної сировини: хімічний склад, харчова цінність, органолептичні властивості продукту, великий термін зберігання.

У другому розділі було проаналізовано технологічний процес виготовлення ліофілізованих (сублімованих) харчових продуктів, який включає наступні етапи: відбір та попередня обробка сировини; заморожування продукту в камері та різке зниження тиску; власне період сублімації – перехід льоду у газоподібний стан; випаровування залишкової вологи за допомогою теплоти; упаковка висушених продуктів.

У третьому розділі було визначено особливості ліофілізації на прикладі ягід чорної смородини на основі досліджень Київського національного університету харчових технологій. Ягоди, листя та бруньки смородини піддавали сублімаційному зневодненню за розробленим режимом. Аналіз показав, що значна кількість вітамінів майже без змін ідентифікована в сухих порошках за умови, що температура досушування сублімованих матеріалів не перевищує 303 К.

Дезінтеграторне подрібнення сублімованих продуктів дало змогу здійснити як глибоке активування всієї структури матеріалів, так і спрямоване регулювання властивостей біокомпонентів, що входять до їх складу.

Досліди встановили, що інтенсивність та режим підводу тепла нагрівачів, тривалість процесу сушіння потрібно корегувати залежно від виду об'єкту зневоднення.

Здійснення порівняння властивостей субліматів закордонних виробників показало, що сублімована продукція досить різноманітна. У субліматах витримується співвідношення поживних і корисних елементів, зберігаються всі органолептичні якості, приготування є легким та швидким.

Дослідження впливу сублімаційного зневоднення продуктів харчування на термін їх зберігання показало, що застосування методу ліофілізації дозволяє зберігати та використовувати харчові продукти довше, ніж сушіння конвективним способом.

У четвертому розділі з'ясовано переваги і недоліки сублімованих продуктів та визначено глобальну роль субліматів. Запропоновано заходи щодо інтенсифікації процесу сублімаційного зневоднення вуглеводовмісної сировини.

У п'ятому розділі було проведено економічне обґрунтування експлуатації сублімаційної установки.

У результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було з'ясовано, що метод ліофілізації дійсно підвищує якість та термін зберігання харчових продуктів, про що свідчать результати досліджень на основі ягід чорної смородини, м'яса, моркви та яблука.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Козлова В.Ф. Хранение и переработка овощей / В. Ф. Козлова. – М. : Россельхозиздат, 2001. – 47 с.
2. Голубкина Н.А. Устойчивость витамина С в витаминизированных сиропах / Н.А. Голубкина, О.В. Кошелева, М.А. Грум-Гржимайло // Вопр. питания. – 2002. – №1. – С. 67-69.
3. Жоли М. Физическая химия денатурации белков / М. Жоли; пер. с франц. – М.: Мир, 2008. – 363 с.
4. Мейс Дж. Достижения в криогенном охлаждении и замораживании пищевых продуктов / Дж. Мейс // Food Sci. and Technol. Today. 2007. № 2. P. 79-83.
5. Технология производства продукции общественного питания / Баранов В.С., Мглинец А.И., Алешина Л.М. и др. – М.: Экономика, 2006. – 326 с.
6. Применение холода для расширения ассортимента и повышения качества пищевых продуктов // Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТИХП, 2008. – 143 с.
7. 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.
8. Сімахіна Г.О. Особливості криогенної технології харчових продуктів і її практична реалізація / Г.О. Сімахіна // Обладнання та технології харчових виробництв. – №6. – ДонДУЕТ, 2001. – С. 85-89.
9. Симахина Г.А. Замороженная продукция в традиционной украинской кухне / Г.А. Симахина, Н.В. Науменко // Продукты и ингредиенты. – 2009. – №3. – С. 67-71.
10. Опейда Й. Глосарій термінів з хімії / Й. Опейда, О. Швайка – Донецьк : Вебер, 2008. – 758 с.

11. Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного происхождения / под ред. В.Г. Поповского. – М. : Пищевая промышленность, 2005. – 335 с.
12. Корисні Поради [Електронний ресурс] // Online журнал. – 2015. – Режим доступу : <http://poradumo.pp.ua/krasa-i-zdorovya/61576-sublmovan-produktivniiy-podarunok-nauki-lyudstvu.html>
13. Заяс Ю.Ф. Качество мяса и мясопродуктов. – М.: «Легкая и пищевая промышленность», 2001. – 480 с.
14. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв: Навчальний посібник / М.В. Стасевич, А.О. Міляннич, І.О. Гузьова [та ін.]; за ред. В.П. Новікова. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 408 с.
15. Бессараб О.С. Технологія сушіння плодів та овочів / О.С. Бессараб, В.В. Шутюк. – К.: НУХТ, 2002. – 84 с.
16. Тимощук Н.Н., Ясевич А.Н. Справочник технолога мясоперерабатывающего предприятия. К.: «Урожай», 1986. – 158с.
17. Дубцов Г.Г. Товарознавство харчових продуктів / Дубцов Г.Г. – М.: Майстерність, 2001. – 153 с.
18. Все про здоров'я [Електронний ресурс] // Online журнал. – 2009. – Режим доступу : <http://healt.blog.net.ua/2009/12/31/metody-konservuvannya-harchovyh-produktiv/>
19. Алексеев Е.Л. Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности / Е.Л. Алексеев, В.Ф. Пахомов. – М.: Москва: Агропромиздат, 2007. – 272 с.
20. Лук'яненко Г.І. Технологія обробки і збереження харчових продуктів / Г.І. Лук'яненко. – К. : «Кондор», 2008. – 624 с.
21. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Г.І. Подпряттов, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. – К.: Мета, 2002. – 495 с.
22. Головач Т. М. Лактобацили: заморожування при низьких та ультранизьких температурах / Т.М. Головач, Л.І. Грома // Методи одержання чистих



культур мікроорганізмів та їх довгострокового зберігання в колекціях. – К.: Знання України, 2004. – С. 39-44.

23. Сімахіна, Г.О. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів : монографія / Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко. – К. : Сталь, 2011. – 363 с.

24. Технологія м'яса та м'ясних продуктів / [М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.]. – К.: Вища освіта, 2006. – 640 с.

25. Баль-Прилипко Л.В. Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса: Підручник / Л.В. Баль-Прилипко – К., 2010. – 469 с.

26. Терміни зберігання харчових продуктів [Електронний ресурс] // Блог МЕТРО. – 2017. – Режим доступу : <https://blog.metro.ua/uvaga-terminy-zberigannya-harchovyh-produktiv/>

27. Шатровський О.Г. Мікробіологія: Конспект лекцій / О.Г. Шатровський – Х.: ХНАМГ, 2012. – 132 с.

28. Здоров'я, Ліки, Харчування [Електронний ресурс] // Жіночий блог Здоров'я. – 2014. – Режим доступу : <http://hls.in.ua/sublimativ-frukti-yagodi-ovochi-kooperativ-narodne-zdorov-ya/>

29. Екологічна безпека продуктів харчування [Електронний ресурс] // – 2015. – Режим доступу : <http://library.kr.ua/bookexhibit/bezpeka.html>

30. Закон України “Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини” [Електронний ресурс] // – 2015. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/425-18>

31. Закон України “Про основи національної безпеки України” [Електронний ресурс] // – 2017. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/964-15>

32. Butlin John Our common future. By World commission on environment and development / John Butlin – London: Oxford University Press, 1987. – 383 pp.

33. Цілі сталого розвитку [Електронний ресурс] // – 2019. – Режим доступу : <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/sustainable-development-goals.html>

34. Закон України “Про стратегічні резерви” [Електронний ресурс] // – 2018.  
– Режим доступу : [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/JH5TJ00A.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JH5TJ00A.html)
35. Красавцев О.А Калориметрия растений при температурах ниже нуля / О.А Красавцев. – М. : Наука, 2002. – 117 с.
36. Поведение биологической системы при низкотемпературном обезвоживании / Г.А Симахина, В.П Андрущенко, Н.А Прядко, В.А Михайлик. УГУПТ. – Киев, 2003. – 10 с. – Нес. – Деп. в ГНТБ Украины 19.05.93, №1304-Ук93.

## Додаток А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕЕБ,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ В.А. Іщенко  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
на магістерську кваліфікаційну роботу

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИКОРИСТАННЯ ЛЮФІЛІЗОВАНИХ  
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**  
за спеціальністю  
101 «Екологія»  
08-48.МКР.101.01.000 ТЗ

Керівник магістерської кваліфікаційної  
роботи: д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_ Г.В. Сакалова  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Розробив: студент гр. ЕКО-18м

\_\_\_\_\_ О.М. Ільїна  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

### 1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ № \_\_\_\_\_ по ВНТУ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом № \_\_\_\_\_ засідання кафедри ЕЕБ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

### 2. Мета роботи.

Метою роботи є аналіз підвищення якості харчових продуктів методом ліофілізації для захисту навколишнього природного середовища та здоров'я населення.

### 3. Вихідні дані для проведення робіт.

Вихідними даними для проведення робіт є дані по вмісту вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування та вміст частки вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини (додаток Б, В).

### 4. Методи дослідження

Літературний пошук, методи комплексного, системного науково-обґрунтованого аналізу, а також методи математичної статистики.

### 5. Етапи роботи і терміни їх виконання

№ з/п	Найменування етапів МКР	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	
2.	Робота з літературними джерелами. Аналіз низькотемпературної безвідходної технології сублімованих продуктів з вуглеводовмісної сировини.	
3.	Технологічний процес виготовлення ліофілізованих (сублімованих) харчових продуктів.	
4.	Заходи щодо інтенсифікації процесу сублімаційного зневоднення вуглеводовмісної сировини.	
5.	Апробація низькотемпературної технології, визначення особливостей ліофілізації.	
6.	Підготовка висновків та переліку літератури.	
7.	Підготовка додатків і графічної частини	

### 6. Призначення і галузь використання

Покращення якості продуктів споживання в харчовій промисловості, збільшення термінів реалізації швидкокопсувних продуктів. Рекомендації природоохоронних заходів щодо інтенсифікації процесу у виробництві можуть бути використані у діяльності харчових підприємств, які здійснюють сублімацію продуктів.

### 7. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка та графічна частина.

### 8. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Початок розробки « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Граничні терміни виконання МКР « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Розробив студент групи ЕКО-18м \_\_\_\_\_ О.М. Ільїна

### Додаток Б. ВИХІДНІ ДАНІ

Таблиця Б.1 – Масова частка вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування

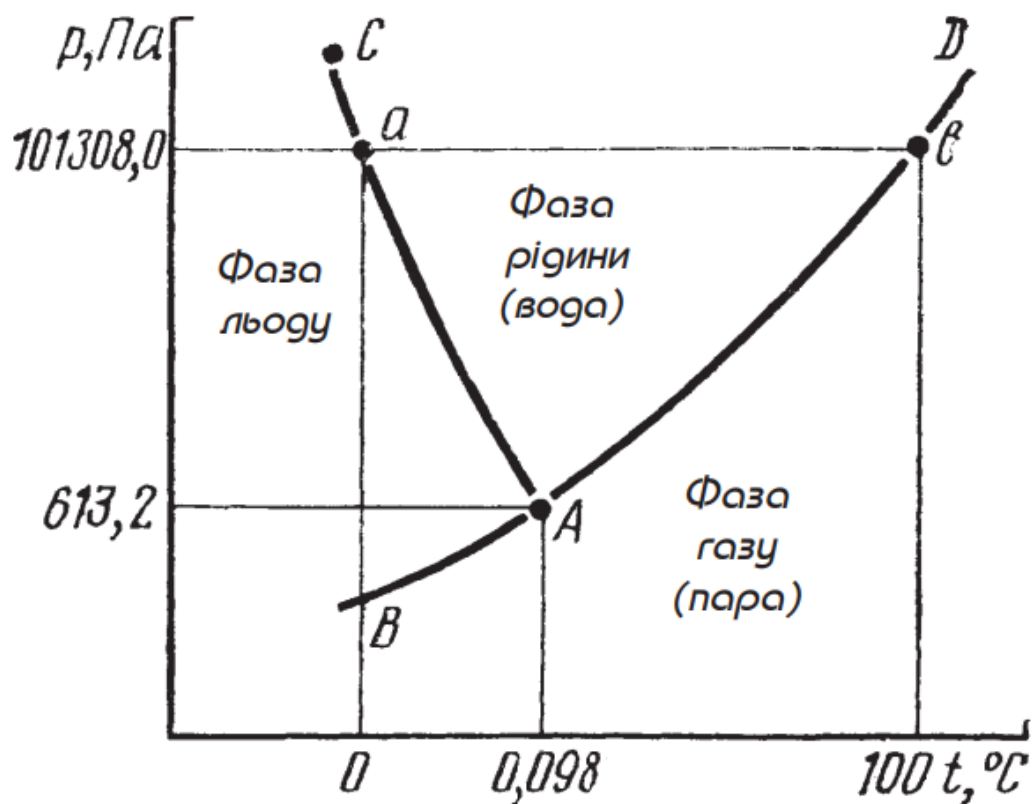
Температура, К	Масова частка вітамінів, мг%				
	С	Р	В2	В3	В6
Лист					
Контроль	427	4926	сліди	2,44	0,14
303	406	4621	сліди	2,37	0,14
313	329	4370	сліди	2,15	0,092
323	309	3668	сліди	1,48	0,036
Бруньки					
Контроль	524	4386	0,55	3,54	0,09
303	506	4120	0,534	3,42	0,09
313	472	4006	0,482	3,28	0,074
323	405	3328	0,438	2,72	0,068
Ягоди					
Контроль	556	2034	0,14	1,16	0,17
303	532	1990	0,14	1,07	0,17
313	508	1836	0,14	0,83	0,08
323	467	1698	0,12	0,74	0,042

### Додаток В. ВИХІДНІ ДАНІ

Таблиця В.1 – Масова частка вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини, мг/г препарату

Амінокислоти	Звичайне подрібнення	Дезінтеграторне подрібнення	ΔС
Лізин	0,38	0,86	+0,48
Гістидин	0,67	0,94	+0,27
Фенілаланін	0,136	0,142	+0,006
Тирозин	0,05	0,14	+0,09
Лейцин	0,5	0,61	+0,11
Ізолейцин	0,64	0,64	0
Метіонін	0,01	0,03	+0,02
Валін	0,7	0,84	+0,14
Цистин	0,02	0,29	+0,2
Аланін	1,3	1,85	+1,55
Гліцин	0,265	0,291	+0,026
Пролін	0,01	0,01	0
Глютамінова к-та	1,5	3,8	+2,3
Сірін	0,4	0,56	+0,16
Триптофан	0,53	0,60	+0,07
Аспарагінова к-та	0,38	0,26	-0,12
Аргінін	0,17	0,08	-0,09
Треонін	0,26	0,39	+0,13

Діаграма фазового стану чистої води

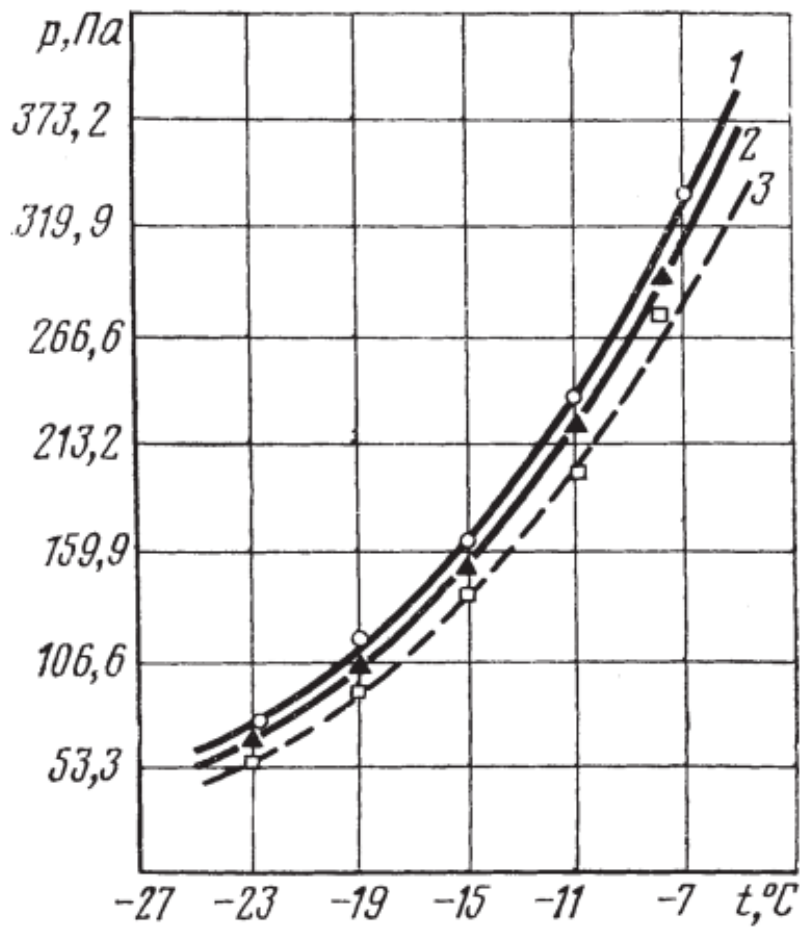


**08-48.МКР.101.01.001 ГЧ**

					<b>08-48.МКР.101.01.001 ГЧ</b>			
					Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19	Діаграма фазового стану чистої води			
Перевірив		Сакалова Г.В.		2.12.19				
Т.контр.						Аркуш 1	Аркушів 14	
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19				
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19				



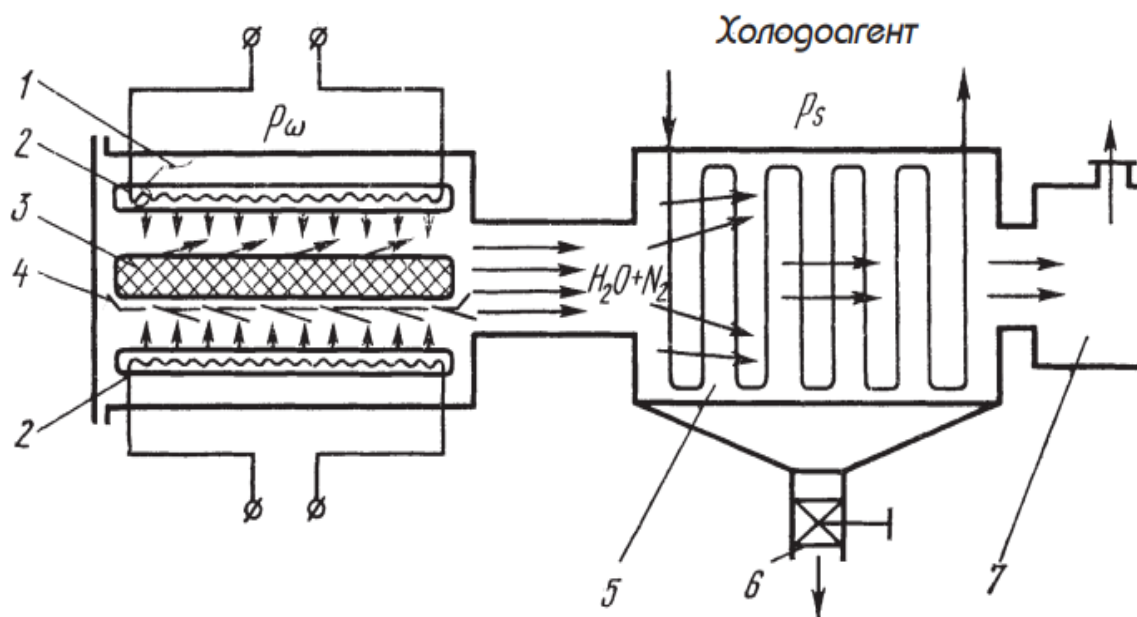
Графік залежності тиску насичених парів води температури для реальних продуктів



1 – чистий лід; 2 – суп овочевий; 3 – борщ пюреподібний з м'ясом



## Принципова схема вакуум-сублімаційного сушіння

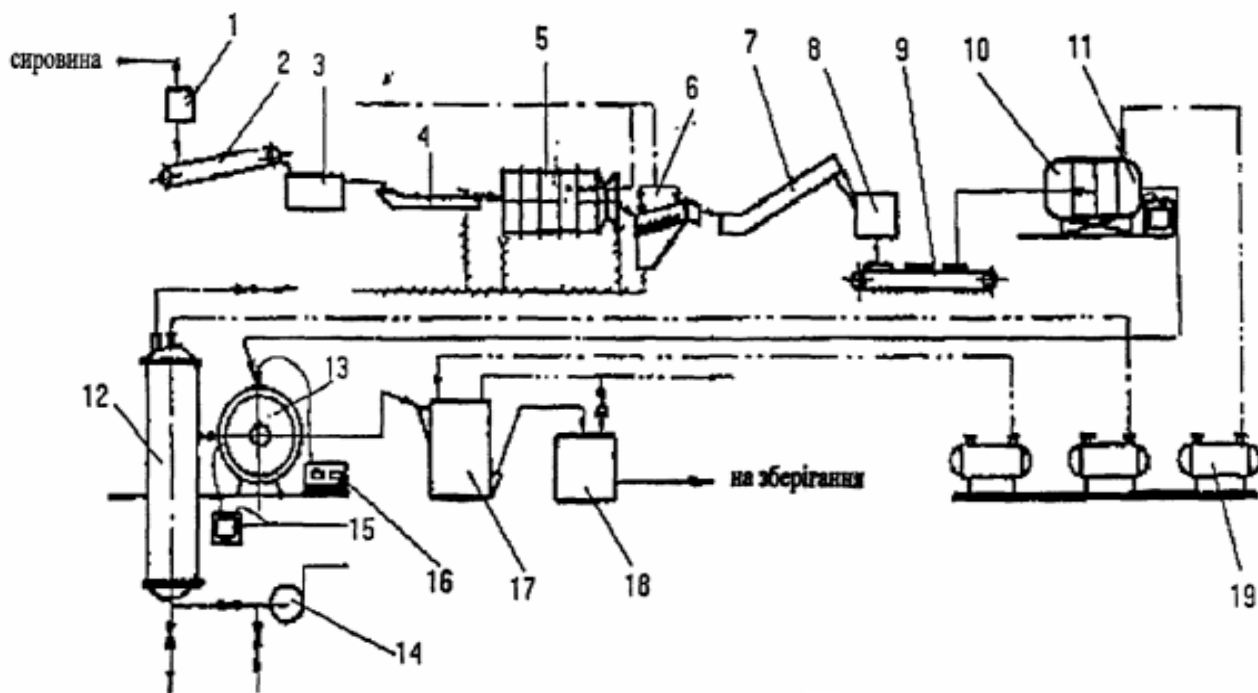


- 1 – субліматор; 2 – генератор теплової енергії; 3 – продукт; 4 – сітка;  
5 – конденсатор; 6 – патрубок для спускання конденсату; 7 – вакуум-насос

08-48.МКР.101.01.003 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Принципова схема вакуум-сублімаційного сушіння	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19				
Перевірив		Сакалова Г.В.		2.12.19				
Т.контр.					Аркуш 3	Аркушів 14		
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19				
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19				

## Технологічна схема отримання кріопорошків з плодовоовочевої сировини



1 – бункер; 2 – транспортер; 3 – мийна машина; 4 – машина для парового очищення; 5 – барабанна мийка; 6 – водовідділювач; 7 – дозатор; 8 – подрібнювач; 9 – транспортер; 10 – морозильнашафа; 11 – лагометр; 12 – десубліматор; 13 – субліматор; 14 – насос; 15 – потенціометр; 16 – вакуум-насос; 17 – дезінтегратор; 18 – фасувальна машина; 19 – ємності Дьюара

**08-48.МКР.101.01.004 ГЧ**

					<b>08-48.МКР.101.01.004 ГЧ</b>				
					Технологічна схема отримання кріопорошків з плодоовочевої сировини	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19					
Перевірив		Сакалова Г.В.		2.12.19					
Т.контр.					Аркуш 4		Аркушів 14		
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м				
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19					
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19					

Масова частка вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування

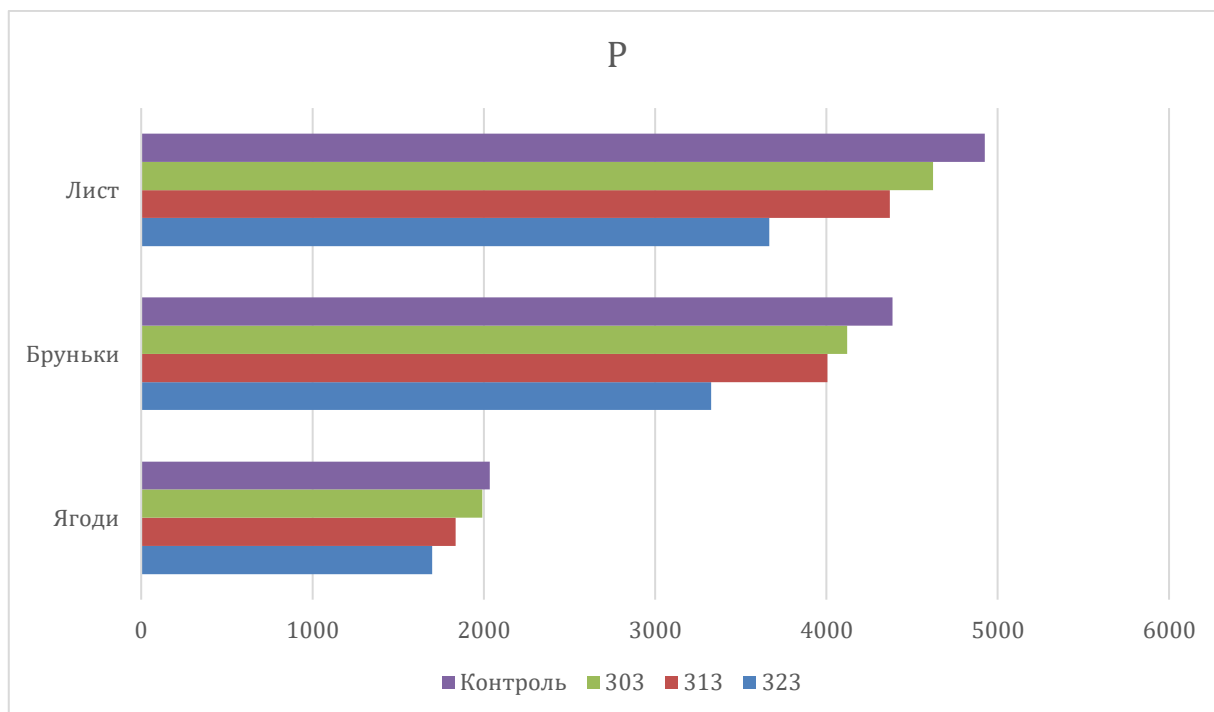
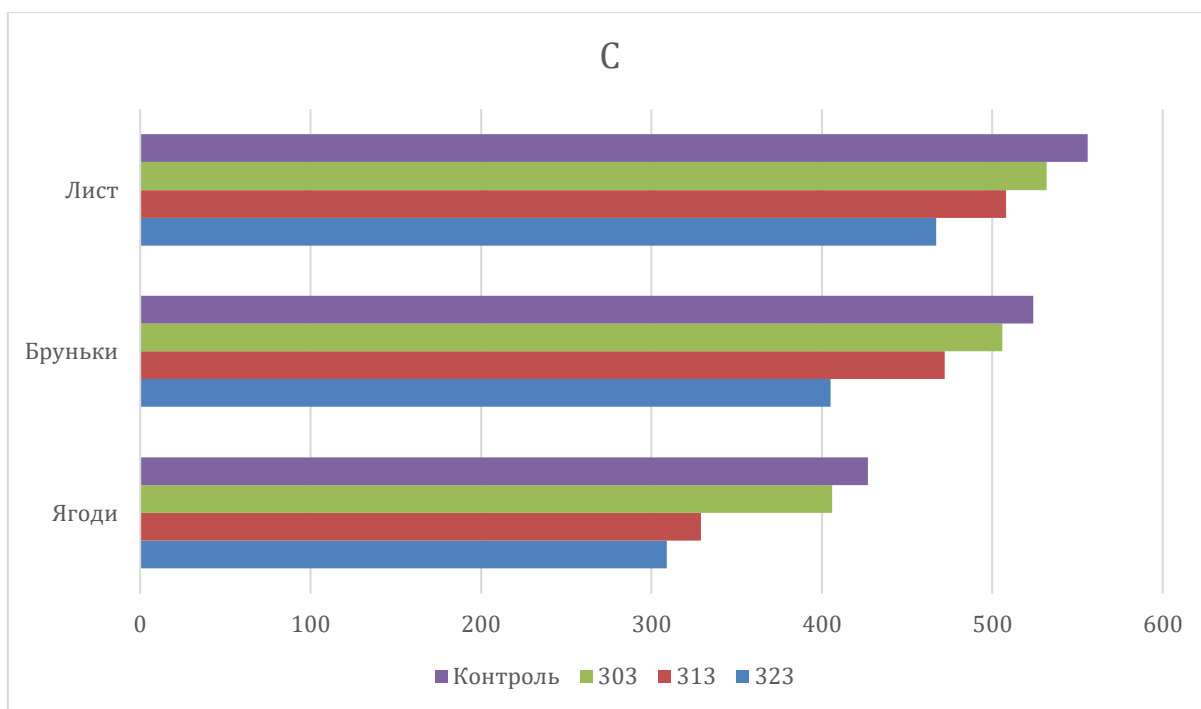
Температура, К	Масова частка вітамінів, мг%				
	С	Р	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>6</sub>
Лист					
Контроль	427	4926	сліди	2,44	0,14
303	406	4621	сліди	2,37	0,14
313	329	4370	сліди	2,15	0,092
323	309	3668	сліди	1,48	0,036
Бруньки					
Контроль	524	4386	0,55	3,54	0,09
303	506	4120	0,534	3,42	0,09
313	472	4006	0,482	3,28	0,074
323	405	3328	0,438	2,72	0,068
Ягоди					
Контроль	556	2034	0,14	1,16	0,17
303	532	1990	0,14	1,07	0,17
313	508	1836	0,14	0,83	0,08
323	467	1698	0,12	0,74	0,042

**08-48.МКР.101.01.005 ГЧ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Масова частка вітамінів у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19				
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19				
Т.контр.						Аркуш 5		Аркушів 14
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19		ВНТУ, ЕКО-18м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19				
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19				



Масова частка вітамінів С і Р у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування, мг%

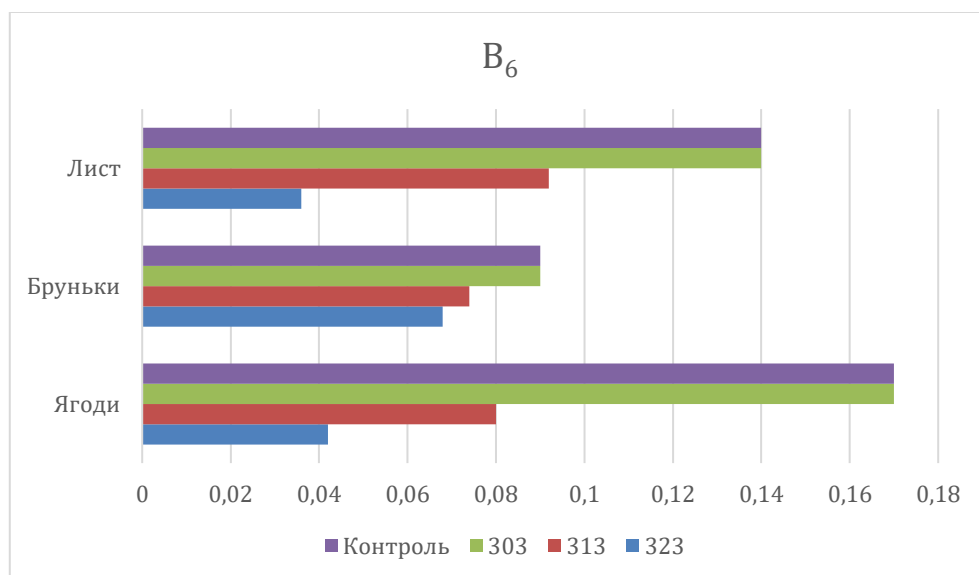
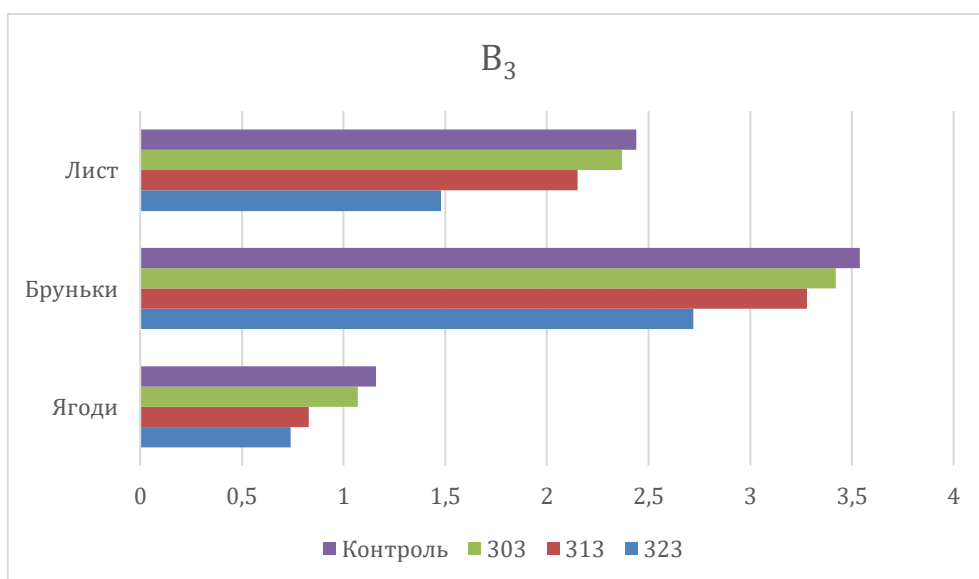
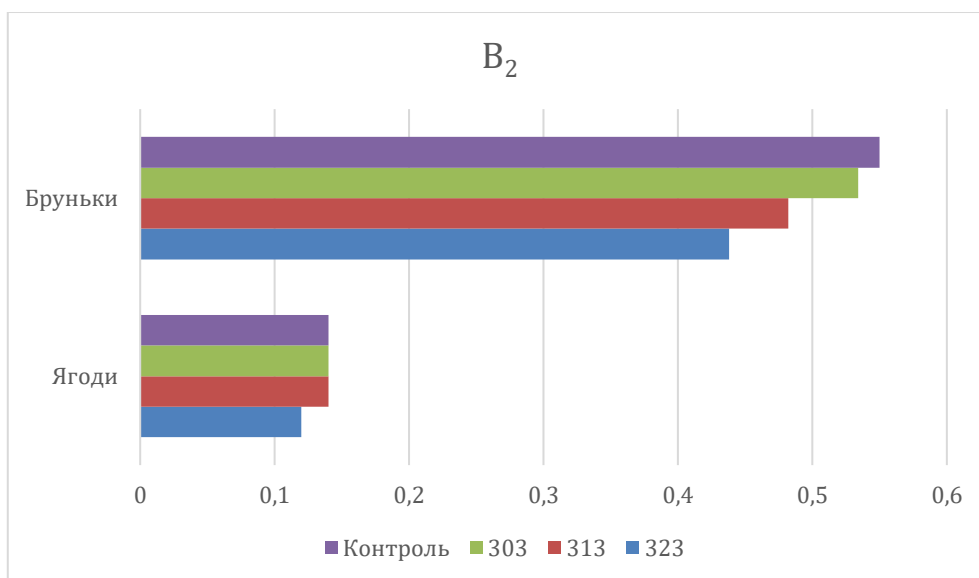


08-48.МКР.101.01.006 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Ільїна О.М.		2.12.19			
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19			
Т.контр.					Аркуш 6		Аркушів 14
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19			
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19			

Діаграми вмісту вітамінів  
С і Р

Масова частка вітамінів В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub> у вегетативних органах смородини при різних температурах досушування, мг%



08-48.МКР.101.01.007 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19			
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19			
Т.контр.					Аркуш 7		Аркушів 14
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19			
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19			

Діаграми вмісту вітамінів  
В2, В3, В6

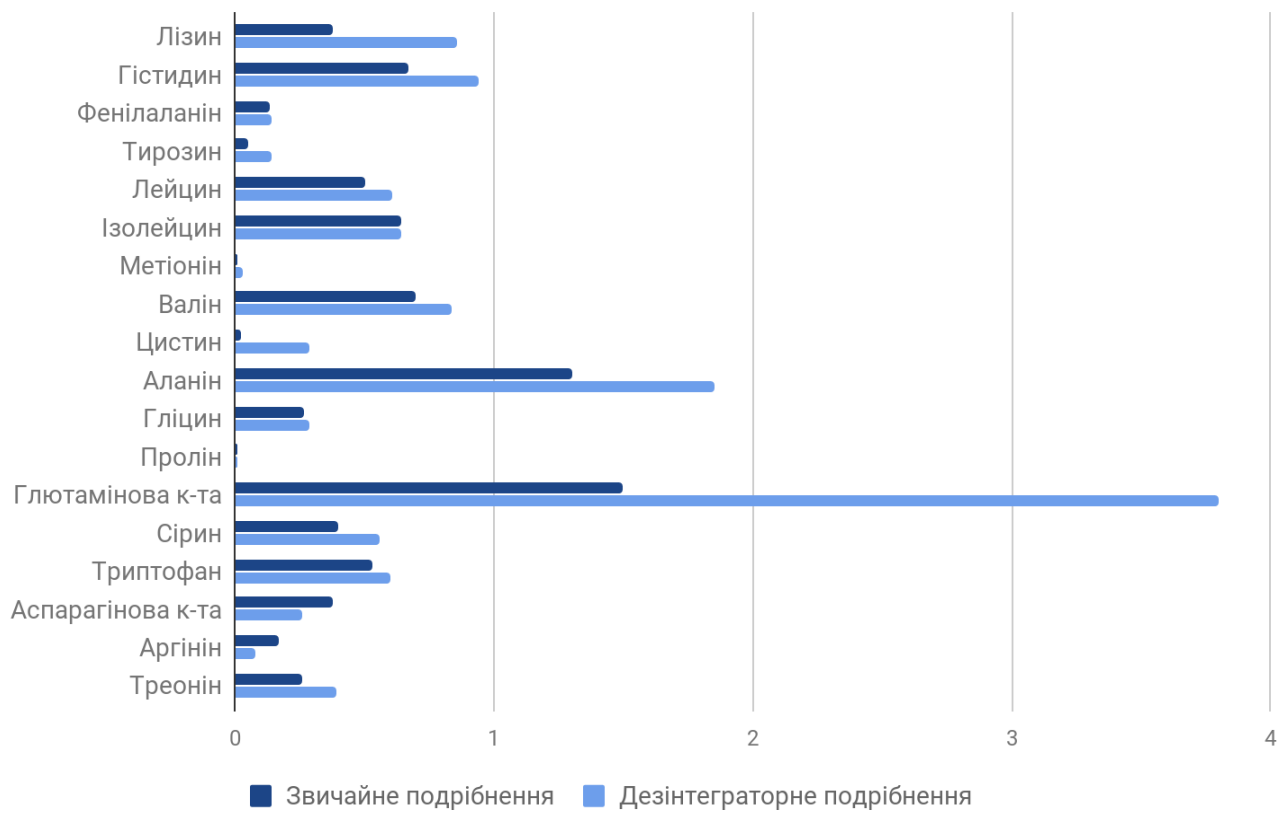
Масова частка вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини,  
 мг/г препарату

Амінокислоти	Звичайне подрібнення	Дезінтеграторне подрібнення	ΔС
Лізин	0,38	0,86	+0,48
Гістидин	0,67	0,94	+0,27
Фенілаланін	0,136	0,142	+0,006
Тирозин	0,05	0,14	+0,09
Лейцин	0,5	0,61	+0,11
Ізолейцин	0,64	0,64	0
Метіонін	0,01	0,03	+0,02
Валін	0,7	0,84	+0,14
Цистин	0,02	0,29	+0,2
Аланін	1,3	1,85	+1,55
Гліцин	0,265	0,291	+0,026
Пролін	0,01	0,01	0
Глютамінова к-та	1,5	3,8	+2,3
Сірін	0,4	0,56	+0,16
Триптофан	0,53	0,60	+0,07
Аспарагінова к-та	0,38	0,26	-0,12
Аргінін	0,17	0,08	-0,09
Треонін	0,26	0,39	+0,13

08-48.МКР.101.01.008 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19			
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19			
Т.контр.					Аркуш 8		Аркушів 14
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19			
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19			

Порівняльна діаграма вмісту вільних амінокислот у кріопорошку бруньок смородини, мг/г препарату



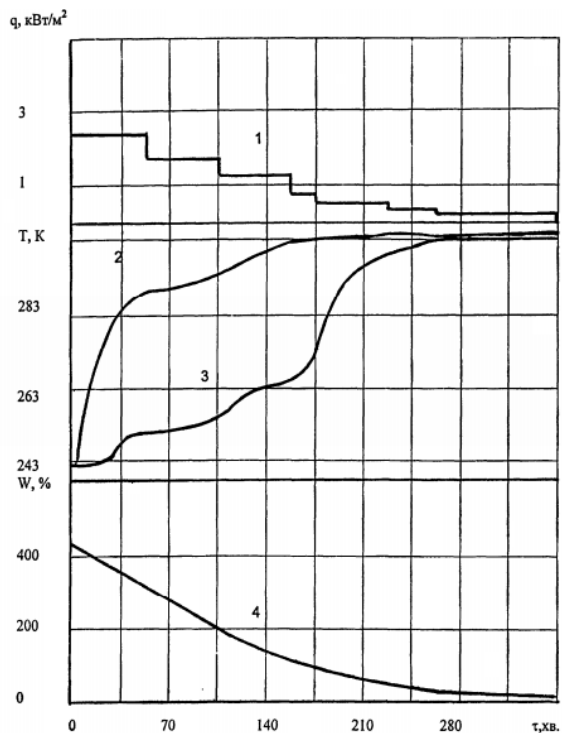
08-48.МКР.101.01.009 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19			
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19			
Т.контр.					Аркуш 9	Аркушів 14	
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19			
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19			

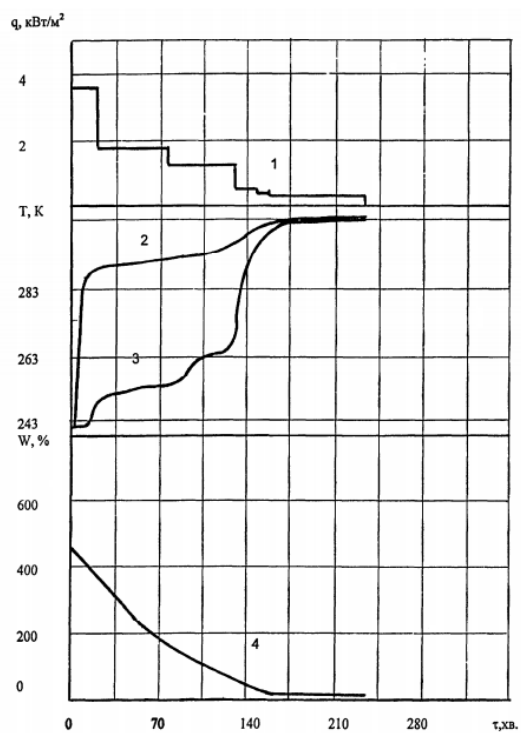


# Режим сублимаційного сушіння у вегетативних органах смородини у виробничих умовах

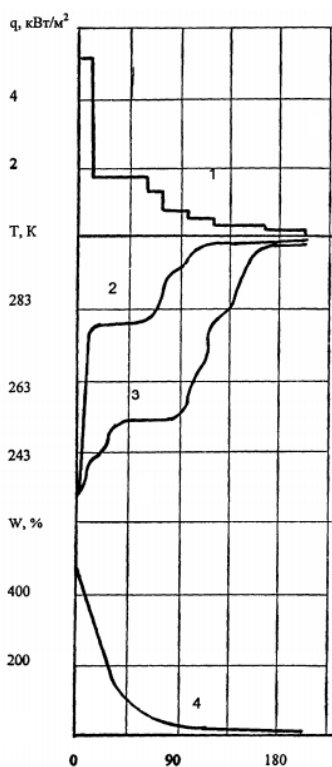
## Ягоди



## Бруньки



## Листя



**08-48.МКР.101.01.010 ГЧ**

					<b>08-48.МКР.101.01.010 ГЧ</b>		
					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19	Режим сублімаційного сушіння у вегетативних органах смородини у виробничих умовах	Аркуш 10	Аркушів 14
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19			
Т.контр.							
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19			
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м		



08-48.МКР.101.01.011 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння властивостей субліматів	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19				
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19				
Т.контр.					Аркуш 11	Аркушів 14		
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19				
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19				

Термін зберігання свіжого та приготовленого м'яса в холодильнику і при кімнатній температурі

М'ясо	Термін в холодильнику	Термін в морозилці	Термін при кімнатній температурі
Свіже	48 годин	до 12 місяців	до 24 годин
Варене	24 години	72 години	до 48 годин
Смажене	48 годин	3 місяці	До 48 годин
Запечене	48 годин	72 години	До 48 годин
Тушковане	24 години	Зберігати не можна	До 48 годин
Копчене	120 годин	Зберігати не можна	Протягом 36 годин
В'ялене	Півроку	1 рік	30 діб
Солоне	3 місяці	6 місяців	7 днів
Мариноване	3 дня	3 місяці	До 24 годин
У вакуумній упаковці	45 діб	До 6 місяців	3 дні

**08-48.МКР.101.01.012 ГЧ**

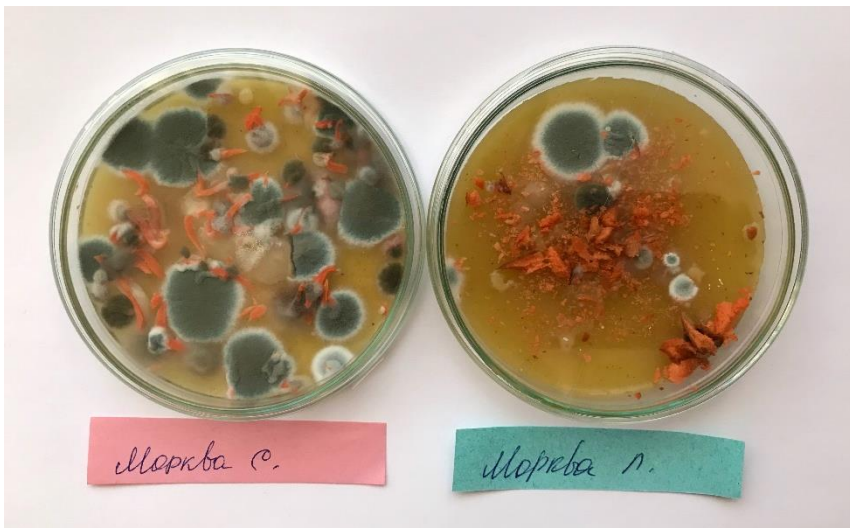
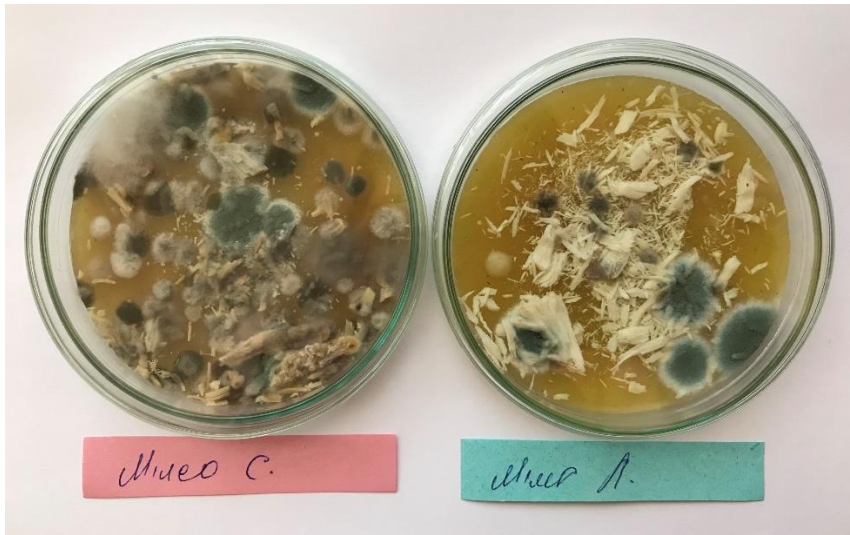
					<b>08-48.МКР.101.01.012 ГЧ</b>				
					Термін зберігання свіжого та приготовленого м'яса в холодильнику і при кімнатній температурі	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19					
Перевірив		Сакалова Г.В.		2.12.19					
Т.контр.						Аркуш 12		Аркушів 14	
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19		ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19					
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19					



08-48.МКР.101.01.013 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння продуктів, висушених конвективною та сублімаційною сушкою	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19				
Перевірів		Сакалова Г.В.		2.12.19				
Т.контр.					Аркуш 13		Аркушів 14	
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19				
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19				





**08-48.МКР.101.01.0014 ГЧ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння зміни мікрофлори м'яса, моркви та яблука	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Льїна О.М.		2.12.19				
Перевірив		Сакалова Г.В.		2.12.19				
Т.контр.					Аркуш 14	Аркушів 14		
Рецензент		Прокопчук С.П.		2.12.19	ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		2.12.19				
Затвердив		Іщенко В.А.		2.12.19				

