

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

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

**Удосконалення технології виробництва овочів
сушених**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-21
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Роман МОЙСА

Керівник: _____ Дмитро ТИМЧАК

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

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

Мойсі Роману Юрійовичу

1. Тема роботи: «Удосконалення технології виробництва овочів сушених».

Керівник роботи: Тимчак Дмитро Олександрович, старший викладач, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.

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

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва харчових концентратів у вигляді овочів сушених. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Методика проведення досліджень. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці. 5 Економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	ст. викладач Дмитро ТИМЧАК	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Огляд літератури	09.05-14.05.25	виконано
3	Методика проведення досліджень	15.05-16.05.25	виконано
4	Дослідна частина	17.05-31.05.25	виконано
5	Охорона праці	01.06-02.06.25	виконано
6	Економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Роман МОЙСА
(підпис)

Керівник роботи _____ Дмитро ТИМЧАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення технології виробництва овочів сушених»

Кваліфікаційна робота бакалавра: 61 с., 22 рис., 20 табл., 78 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: технологія виробництва сушених овочів.

Метою роботи є дослідження є підвищення якості при виробництві сушених овочів шляхом поєднання методів конвективного та мікрохвильового (НВЧ) нагрівання.

Методи дослідження: Для визначення органолептичних показників якості свіжих та сушених овочів використовувалися загальноприйняті методики, що відповідають Міждержавному стандарту 13340.1-77.

Масова частка вологи у зразках свіжих та сушених овочів визначалася відповідно до методики ДСТУ 7804:2015 "Продукти переробляння фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологи"..

Вміст вітаміну С у зразках свіжих та сушених овочів визначали згідно з методикою Міждержавного стандарту 24556-90.

Розварюваність сушених овочів визначається за методикою Міждержавного стандарту 13340.1-77.

В роботі проведено дослідження трьох способів сушіння овочів: конвективний, мікрохвильовий (НВЧ) та комбінований – з використанням обох видів передачі теплоти. Дослідження проводилися у відповідності з ДСТУ та іншими нормативними документами. В якості сировини використовували моркву, буряк, цибулю білу ріпчасту.

Доведено можливість та ефективність використання комбінованого методу сушіння для виробництва сушених овочів. Встановлено позитивний вплив комбінованого способу сушіння на час сушіння та збереження корисних речовин, зокрема вітаміну С. Розроблено рекомендації щодо використання комбінованого способу сушіння для отримання сушених овочів високої якості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Сушені овочі, харчові концентрати, морква, буряк, цибуля, сушіння, конвективне сушіння, НВЧ, надвисокочастотна обробка, розварюваність.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1 Сушіння як метод консервування	7
1.2 Місце сушених овочів у формуванні асортименту харчових концентратів	9
1.3 Сучасні способи сушіння плодоовочевої сировини	13
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Об'єкти дослідження	28
2.2 Методи дослідження	31
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	32
3.1 Вплив способу сушіння на зміну вологості сушених овочів	32
3.2 Вплив способу сушіння на вміст вітаміну С в сушених овочах	35
3.3 Вплив способу сушіння на показники якості сушених овочів	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4.1 Організація охорони праці на підприємстві з виробництва сушених овочів	45
4.2 Розробка картки охорони праці	47
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	49
5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження	49
5.2 Розрахунок ціни дослідження	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
БІБЛІОГРАФІЯ	56

ВСТУП

Сучасний продовольчий ринок вирізняється зовнішньою різноплановістю та широким асортиментом. Товарні категорії представлені у великому розмаїтті, при цьому кожна з них має велику кількість найменувань, що різняться глибиною та насиченістю асортименту. Основну увагу торгові представники приділяють удосконаленню елементів стайлінгу, оскільки це сприяє ефективнішому просуванню продукції серед роздрібних споживачів. Значна частина упаковок орієнтована на приваблення різних цільових аудиторій. Вони яскраві, наповнені численними рекламними гаслами, які емоційно впливають на споживача й стимулюють його до покупки. Наприклад, рослинна олія подається як така, що «не містить холестерину», хоча його там апріорі не повинно бути; пастеризоване пиво називають «живим»; горілку – «для душі», а соки позначають як «100%-ні».

Такі підходи зрозумілі в умовах гострої конкурентної боротьби, адже дозволяють отримати більші прибутки. Проте подібні методи є не чим іншим, як введенням споживача в оману. Нерідко подібні маркетингові прийоми маскують відступи від технологічних вимог або свідчать про використання жорстких режимів обробки. Для забезпечення тривалого зберігання та можливості реалізації великих обсягів продукції окремі виробники консервів використовують тривале та високоінтенсивне нагрівання при стерилізації, додають надмірну кількість оцтової кислоти в маринади, а при квашенні й солінні овочів – велику кількість солі. При термічному приготуванні, заморожуванні чи сушінні застосовуються високотемпературні режими сушильних агентів.

Нині особливо актуально вдосконалювати харчові технології не лише для продовження термінів зберігання та реалізації продукції, а й для максимально можливого збереження біологічно цінних речовин, що містяться в сировині.

Найвагоміші зміни в галузі техніки й технологій зумовлені впливом біотехнологічних розробок, генної інженерії, комп'ютеризації, а також впровадженням нових видів сировини – як традиційної, так і альтернативної – та інноваційних пакувальних матеріалів. Сучасні наукові пошуки спрямовані на

впровадження новітніх і нетрадиційних методів фізичного, теплового та механічного впливу, екструзійних і мембранних процесів, біотехнологічних прийомів для інтенсифікації виробничих процесів у харчовій галузі. Це відкриває можливості виготовлення харчової продукції з оновленими рецептурами, широким асортиментом, новою формою та специфічними фізико-хімічними характеристиками.

До інноваційних технологій належить застосування нетрадиційних джерел енергії, серед яких змінні електромагнітні поля надвисокої та низької частоти (мікрохвилі), прискорені електрони й інші заряджені частинки, магнітні поля, поля високої напруги, імпульсне світло, пульсуючі електричні поля, а також інфрачервоне й ультрафіолетове випромінювання, ультразвукові хвилі та лазерне випромінювання.

Метою дослідження є підвищення якості сушених овочів шляхом поєднання методів конвективного та мікрохвильового (НВЧ) нагрівання.

На основі вивчення наукових джерел і відповідно до поставленої мети передбачається вирішення таких завдань:

- встановити вплив способу сушіння на зміну вологості овочів;
- провести дослідження залежності вмісту вітаміну С в сушених овочах від способу сушіння;
- визначити вплив способу сушіння на показники якості сушених овочів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сушіння як метод консервування

Сушіння є одним із найдавніших способів збереження продуктів, який людство застосовує ще з прадавніх часів, використовуючи тепло сонячного випромінювання та рух повітря. Наприклад, «м'ясо бізонів нарізали тонкими смужками та висушували на сонці, отримуючи пеммікан. У рибальських народів і сьогодні поширене природне сушіння риби. А мешканці гірських районів Анд сушили на відкритому повітрі картоплю, викопану з ґрунту» [1].

У сучасних умовах промислове сушіння застосовується переважно до соковитої сировини, зокрема до овочів і плодів. Відомо, що «для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів необхідна наявність води: для активності бактерій потрібно щонайменше 30% вологи, плісняві гриби функціонують при 15%, а для проростання їх спор вологість повинна бути ще вищою» [2].

Обмінні процеси в мікроорганізмах – живлення, виведення продуктів метаболізму тощо – відбуваються лише у водному середовищі, яке представлено клітинним соком плодів, овочів та інших харчових продуктів. Особливістю є те, що концентрація цього соку зазвичай є невисокою.

«Під час сушіння вміст вологи зменшується, концентрація клітинного соку зростає, і мікроорганізми втрачають здатність споживати цукри та інші поживні речовини, що в ньому розчинені» [3]. Це пригнічує їх розвиток, хоча самі мікроорганізми можуть залишатися живими. У висушеному середовищі вони здатні зберігати життєздатність від кількох днів до кількох десятиків років.

Проте у випадку підвищення вологості висушеного продукту суперечки та мікроорганізми, що зберегли життєздатність, можуть активізуватися, що призведе до зниження якості продукції. «Зазвичай овочі та плоди висушують до залишкової вологості в межах 12–14% та 15–25% відповідно, залежно від виду сировини. Хоча можливе й зниження вологості до 4–5%, однак такі продукти стають надзвичайно гігроскопічними, швидко вбирають вологу з повітря» [4].

Тому для збереження якості та уникнення повторного зволоження доцільно пакувати їх у герметичну тару.

«Суть сушіння полягає у випаровуванні вологи, що базується на здатності повітря абсорбувати водяну пару до певної межі, яка залежить від температури. Швидкість сушіння визначається характеристиками як повітряного середовища, так і самої сировини» [1, 3-6].

Обраний метод сушіння пов'язаний з природою зв'язку вологи з продуктом. «На початкових етапах випаровується волога змочування, далі – макрокапілярна, мікрокапілярна, а в завершальній фазі – адсорбційна. Осмотична волога виводиться протягом усього процесу сушіння» [4].

Процес зневоднення вважається завершеним тоді, коли досягається рівновага між інтенсивністю випаровування (десорбції) і здатністю продукту поглинати вологу з навколишнього середовища (сорбції). Кожному значенню відносної вологості повітря відповідає певний рівноважний рівень вологи в продукті – остаточна вологість висушеного матеріалу.

«За умов відносної вологості повітря понад 10% з овочів і фруктів в основному випаровується капілярна волога, тоді як при рівні менше 10% – переважно адсорбційна» [7].

Переміщення вологи в рідкому або пароподібному стані всередині продукту (внутрішня дифузія) відбувається внаслідок градієнта вологості (вологопровідність) та температурного перепаду (термовологопровідність). «Термовологопровідність пов'язана з явищем термодифузії – переміщенням рідини або пари від більш нагрітої області до холоднішої під дією теплового тиску молекул» [6]. Цей процес завжди супроводжується звичайною дифузією, що відбувається у протилежному напрямку.

Під час сушіння спостерігається явище відносної термодифузії, при якому розчин переміщується від зони з вищою температурою до зони з нижчою, при цьому компоненти розподіляються за їх молекулярною масою: «вода – у напрямку до нагрітої поверхні, а розчинені речовини – вглиб продукту. Це сприяє ефективнішому випаровуванню вологи» [6].

«Темп сушіння залежить від температури, швидкості руху повітря, його відносної вологості, а також від фізико-хімічних характеристик сировини, її геометричних параметрів, ступеня перемішування тощо» [8]. Для кожного виду сировини підбирається свій оптимальний режим сушіння, що дозволяє досягти високої продуктивності та забезпечити якісну готову продукцію.

1.2 Місце сушених овочів у формуванні асортименту харчових концентратів

«Наразі частка сушених овочів у загальному обсязі плодоовочевої продукції стабільно зростає. Це пов'язано насамперед із прагненням виробників і торговельних компаній розширити прибутковий асортимент шляхом створення нових харчових товарів» [9-12]. Щоб зацікавити сучасного споживача та мотивувати до покупки, продукція має вирізнятися оригінальністю. Саме тому на ринку з'являються різнобарвні макаронні та хлібобулочні вироби, у складі яких – натуральні овочеві порошки.

Такі нові продукти приваблюють не лише зовнішнім виглядом, а й мають підвищену фізіологічну цінність. Їхній склад збагачується вітамінами, харчовими волокнами та іншими біологічно активними компонентами. Овочеві порошки також широко застосовують у виробництві безалкогольних напоїв, сирів, кондитерських виробів. Окремі продукти з додаванням сушених овочів отримують статус дієтичних або лікувально-профілактичних, наприклад, хлібобулочні вироби з порошком топінамбура.

«Сушені овочі активно використовують у складі сухих концентратів для перших страв, гарнірів, сухих сніданків, десертів, комбінованих приправ, які призначені як для виробництва консервів, так і для приготування страв у побуті. Усі види сушеної продукції придатні для швидкого приготування як удома, так і в закладах громадського харчування, зокрема у сфері фаст-фуду» [11].

Одним із перспективних напрямів розвитку є створення порошкоподібних сумішей швидкого приготування, спеціально орієнтованих на дитяче та шкільне харчування.

«Перевага порошкоподібних сумішей полягає у зручності їх транспортування, тривалому терміні зберігання та простоті приготування кінцевого продукту. Такі суміші розраховані на невеликі об'єми споживання та не потребують складного технологічного обладнання. Час приготування зазвичай не перевищує 30 хвилин» [13-15].

Основна технологія виготовлення цих сумішей передбачає сушіння інгредієнтів, які мають рідку консистенцію. Рецепт продукту формується шляхом додавання до молочної основи смакоароматичних наповнювачів, вітамінів, мікроелементів, а також харчових і біологічно активних добавок.

«У ролі молочної основи можуть використовуватись знежирене або незбиране молоко, вершки, молочна сироватка або пахта» [15]. Залежно від обраної технології, молочну складову застосовують як у рідкому, так і в сухому вигляді. Як смакоароматичні інгредієнти додають овочеві, фруктові чи ягідні соки й пюре, какао, каву, сахарозу тощо.

Цілі, подрібнені та порошкоподібні сушені овочі часто використовують як замітники свіжих овочів, особливо у регіонах, де кліматичні умови не сприяють вирощуванню сільськогосподарської продукції.

«Сушені овочі, сухі гарніри та овочеві концентрати активно використовують для забезпечення експедицій, а також вони входять до складу індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців та космонавтів» [16].

«До складу продовольчого забезпечення військових формувань входять різні види сушених овочів, зокрема: картопля та картопляна крупка, морква, буряк, петрушка, пастернак, білокачанна капуста, цибуля, а також спеціалізовані сушені овочеві суміші для приготування перших страв (борщі, розсольники)» [17].

Сушені овочі доцільно використовувати для забезпечення армії у складних кліматичних умовах – у гірських, пустельних, арктичних регіонах, а також у тропічних зонах. «Їх виготовляють відповідно до замовлень Центрального продовольчого управління Міністерства оборони, при цьому досягаючи вологості на рівні 6–8%» [17]. Продукція з нижчим рівнем вологи краще зберігається, але потребує герметичного пакування для уникнення повторного зволоження.

Крім сушених овочів, до раціону військовослужбовців може входити томатний порошок, який легко відновлюється у вигляді однорідного пюре чи пасти після додавання холодної або гарячої води. «Для його виробництва використовують томатне пюре, яке сушать, зазвичай з наповнювачами (наприклад, крохмалем), у розпилювальних сушарках» [6].

У галузі харчового забезпечення космонавтів одними з пріоритетних напрямів є розширення асортименту продуктів, оновлення складу раціонів та збагачення їх харчами з високою біологічною цінністю і профілактичним ефектом. З огляду на відсутність овочевих напоїв у раціоні, було «розроблено нові рецептури із додаванням овочевих компонентів. Вони сприяють покращенню перистальтики кишечника та забезпечують організм у умовах тривалого перебування в космосі важливими біологічно активними речовинами і мікроелементами» [19].

З огляду на зростаючу тривалість космічних польотів і пов'язану з цим потребу у продуктах тривалого зберігання, «на борту космічних станцій все частіше використовують страви, законсервовані методом сублімаційного сушіння та упаковані під вакуум у плівкові пакети» [19].

Метод сушіння у вакуумі дозволяє значно краще зберегти структуру, склад і поживні властивості харчових продуктів (зокрема соків), порівняно з іншими способами консервування. Особливо цінним цей метод є для виготовлення продуктів із рослинної сировини, багатої на вітаміни та біологічно активні речовини. Після відновлення такі продукти за органолептичними показниками та харчовою цінністю майже не відрізняються від свіжоприготованих.

«Крім того, сублімаційне сушіння забезпечує значне зменшення маси продукту (у 4–10 разів), а герметична упаковка дозволяє ефективно використовувати їх у тривалих космічних місіях» [20].

На основі проведених досліджень розроблено рецептури овочевих соків, що проходять сублімаційне сушіння: томатного, овочевого та яблучно-морквяного. Наприклад, «до складу овочевого соку входять: сублімаційно висушене томатне пюре, сублімаційно висушене перцеве пюре, цукор-пісок та сіль. Рецепттура

яблучно-морквяного соку містить сублімаційно сушене яблучне пюре, сублімаційно сушене морквяне пюре та екстракт сухої топінамбуру» [8].

За умови раціонального підбору сортів сировини та належної організації технологічних процесів виробництва й зберігання, смак і поживна цінність сушених овочів зберігаються на високому рівні. «При цьому витрати праці й час на їх кулінарну обробку значно менші, ніж при використанні свіжих продуктів» [12].

Сучасні сушені овочі класифікують залежно від виду сировини. Види овочів, у свою чергу, поділяють на підвиди за способом сушіння, а також на різновиди – за методом обробки та сортом сировини. За якістю продукцію розподіляють на товарні сорти. «Асортимент сушених овочів включає: білокачанну капусту, моркву, цибулю, буряк, часник, картоплю, зелень петрушки, селери та інші» [13].

Класифікація сушених овочів базується на типі сировини, її віці, іноді діаметрі, способі підготовки до сушіння. Важливу роль відіграє господарсько-ботанічний сорт, що найкраще підходить для конкретного способу переробки. Виробляють як монокультури, так і суміші. Асортимент сушених овочів наведений у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Асортимент сушених овочів

Продукт	Вид	Товарний сорт
Картопля сушена	Розсип, Брикет	Вищий, 1-й та 2-й
Капуста білокачанна сушена	Розсип, Брикет	Вищий, 1-й та 2-й
Цибуля ріпчаста сушена	Розсип, Брикет, Подрібнений порошок	Вищий, 1-й та 2-й; Без сорту
Зелень петрушки, кропу та селери	Розсип, Порошок	1-й та 2-й; Без сорту
Морква столова сушена	Розсип, Брикет	1-й та 2-й
Буряк столовий сушений	Розсип, Брикет	1-й та 2-й
Горошок зелений сушений	Розсип	Вищий, 1-й та 2-й
Часник сушений	Шматочки (зубчики), Порошок	1-й та 2-й; Без сорту
Білі коріння петрушки, селери, пастернаку сушені	Розсип, Брикет	1-й та 2-й

«Овочі сушать у формі стружки товщиною не менше 3 мм та розмірами по довжині і ширині не менше 5 мм (до таких овочів належать білокачанна капуста, морква, столовий буряк, білі коріння петрушки, селери і пастернаку), кубиків зі сторонами від 5 до 9 мм, а також тонких пластинок (товщиною не більше встановленої норми) для картоплі, моркви, буряка і білих корінь» [13]. Окрім того, сушені овочі випускають у вигляді порошку, який виготовляють із зелені кропу, петрушки, селери, цибулі ріпчастої та часнику; останнім часом з'явилися порошки із моркви, капусти, буряка та гарбуза.

«Для експорту пропонують сушені овочі, такі як морква, білі коріння, столовий буряк та суміші овочів для перших страв, без поділу на товарні сорти» [13].

1.3 Сучасні способи сушіння плодовоовочевої сировини

Останні дослідження були спрямовані на удосконалення технологій сушіння, які дозволяють максимально зберігати харчову цінність і смакові якості продуктів, одночасно підвищуючи ефективність самого процесу.

«Сучасні методи сушіння характеризуються істотною інтенсифікацією тепло- та масообмінних процесів, що досягається різними способами: збільшенням площі контакту між сушеним продуктом і сушильним агентом; зниженням відносної вологості агента сушіння; підвищенням швидкості руху фаз, що взаємодіють; застосуванням комбінованих джерел енергії та поєднанням зневоднення з іншими технологічними операціями, такими як заморожування, підривання, диспергування, спінювання тощо» [21-30].

Вибір конкретного способу сушіння залежить від біохімічних, фізичних і структурно-механічних властивостей сировини, її стану під час зневоднення (цілі плоди, шматочки або рідкі продукти), а також від вимог до кінцевого продукту і економічної доцільності процесу.

Більшість харчових продуктів, зокрема рослинна сировина, за своєю природою є колоїдними системами з капілярно-пористою структурою, де волога зв'язана з твердою основою матеріалу.

«Сушіння є типовим нестаціонарним та незворотним процесом, при якому вміст вологи у матеріалі змінюється як у просторі, так і в часі, а сам процес прагне до встановлення рівноваги» [31].

Зневоднення може проходити без зміни агрегатного стану вологи — це механічне зневоднення та контактний масообмін. «Якщо відбувається зміна агрегатного стану, то йде теплове зневоднення, суть якого полягає у переході рідини в пароподібний стан та виведенні пари у навколишнє середовище шляхом випаровування» [32].

Існують два основні способи сушіння за типом теплоносія: природне та штучне сушіння. Природне сушіння здійснюється як на сонці, так і в тіні, у відкритому просторі з природною конвекцією повітря, а також у обмеженому просторі.

За способом подавання тепла штучне сушіння поділяють на:

- «конвективне — за рахунок прямого контакту продукту з сушильним агентом, зазвичай повітрям;
- контактне — передача тепла від теплоносія до продукту через розділяючу стінку;
- радіаційне — нагрівання інфрачервоними променями;
- діелектричне — вплив струмами високої або надвисокої частоти;
- вакуумне, включно із сублімаційним сушінням як його різновидом» [33-40].

Сучасні технології часто використовують комбіноване сушіння зі змішаним теплопідведенням, де поєднують різні види теплоносіїв, застосовуючи їх одночасно або послідовно залежно від технологічних вимог.

«Розвиваються спеціалізовані методи сушіння і досушування дрібних частинок, серед яких виділяють флюїдизаційну, вібраційну та аерофонтанну

технології. У південних регіонах країни широко практикують сушіння плодів і винограду в апаратах, що використовують акумулятори сонячної енергії» [36].

Розглядаються найбільш розповсюджені способи сушіння, які застосовують на промислових підприємствах і які рекомендують науково-дослідні установи та навчальні заклади.

«Сонячне та сонячно-повітряне сушіння – це використання енергії сонця для зневоднення сільськогосподарської сировини в регіонах із високим рівнем сонячної радіації, невеликою кількістю атмосферних опадів у період сушіння і великою кількістю безхмарних днів у сезон надходження сировини» [41]. Цей напрямок є перспективним у технологіях виробництва сушених продуктів.

Тривалість сонячного світла в середньому становить 10,7 години. Це означає, що енергія, що падає на поверхню, розташовану перпендикулярно сонячним променям, теоретично здатна випарувати приблизно 13 кг води. «Ця кількість води міститься у 15 кг сировини з 15% вмістом сухих речовин. Враховуючи, що у сухофруктах залишається близько 16% вологи, зазначеної енергії достатньо для виробництва приблизно 17 кг сухофруктів» [33]. Звичайно, у реальному процесі зневоднення відбуваються значні енергетичні втрати, які можуть сягати 60–70%, але навіть з урахуванням цих втрат сонячні сушарки мають низку вагомих переваг порівняно з сушарками на викопному паливі чи електроенергії.

«Технологія сонячно-повітряного сушіння харчових продуктів має давнє коріння і, за даними наукових джерел, практично не змінилася з часів 60 р. н. е. у контексті сушіння винограду. Існує багато різних конструкцій сонячних сушарок, де сонячна енергія використовується або разом із «парниковим» ефектом та частковим вакуумуванням, або в концентрованій формі» [38].

За рівнем енергетичних затрат найбільш економним способом сушіння вважається сонячно-повітряне сушіння. Цей метод не потребує спеціального сушильного обладнання або палива. «Проте він є тривалим, трудомістким і має технічні та санітарно-гігієнічні недоліки. Отримані таким способом продукти зазвичай потребують додаткової заводської обробки для покращення їхнього товарного вигляду. Основну частку у виробництві сухофруктів методом сонячно-

повітряного сушіння займає виноград» [36]. Цей спосіб широко використовують в колишніх республіках СРСР – Узбекистані та Таджикистані, де сприятливі умови створює тривале спекотне літо з низькою вологістю повітря. Існує кілька варіантів сонячно-повітряного сушіння: «штабельний, обджуш (з попередньою обробкою ягід у киплячому розчині каустичної соди), сояги (тіньовий спосіб) та афтобі (з відповідною попередньою обробкою)» [26].

Сонячна сушка – один із найстаріших способів консервування, який і досі має промислове значення і широко застосовується у регіонах із теплим сухим кліматом та спекотним літом.

«Під час збору врожаю в Південних регіонах створюються сприятливі умови для сонячно-повітряного сушіння не тільки фруктів, але й овочів із вмістом вологи в м'якоті 80–95%» [30].

Вченими розроблено зрошуваного овочівництва та баштанництва в період 1996–2002 років проводили дослідження для розробки загальних технологічних вимог до сонячно-повітряного сушіння плодових овочів і баштанних культур, а також вивчали умови зберігання, види упаковки та тари, що забезпечують отримання високовітамінного та екологічно безпечного продукту.

«Для сонячно-повітряного сушіння використовували не реалізований і ретельно очищений товарний (останній) урожай, за винятком плодів, уражених шкідниками, хворобами або загнилих» [40].

Підготовка товарного врожаю для сушіння була подібною до процесу підготовки сировини для консервування: «сорткування, миття, нарізання, після чого шматочки викладали на сітчасті решітки так, щоб вага сировини на 1 м² не перевищувала 5 кг» [41].

«Тривалість сушіння сировини в годинах становила: баклажани – 49...58, томати – 88...97, солодкий перець – 92...95, гарбуз – 96...100. Вихід сушеної продукції з вологості 12...14 % із 1 тонни сировини становив (кг): солодкого перцю – 79...88, баклажанів – 80...83, томатів – 58...67, гарбуза – 125...200» [23].

Харчова цінність сушених овочів беззаперечна: вміст основних хімічних речовин збільшується пропорційно зменшенню вологості.

Розроблювана технологія сушіння овочів і баштанних культур із використанням недорогої сонячної енергії передбачала підбір тари й упаковки для фасування, а також визначення оптимальних строків зберігання і транспортування сушеної продукції.

«Таким чином, дослідження засвідчили, що застосування економного сонячно-повітряного методу сушіння соковитих овочів і баштанних плодів дає змогу отримати цінні сушені продукти. Джерелом паливно-енергетичних ресурсів у технологічних процесах переробки свіжих овочів і фруктів є сонячна енергія, яка є найбільш доступною і дешевою» [29].

Кліматичні умови Південних регіонах України під час збору врожаю дозволяють з урахуванням сонячної енергії й інших чинників отримувати сушені продукти з будь-яких овочів, зокрема солодкого перцю.

«У період 1996–2003 років проведено лабораторно-польові дослідження сонячно-повітряної сушки солодкого перцю. Важливо відзначити, що сушена продукція з побічної сировини насінництва після сушіння не відповідала нормативній вологості, тому її додатково досушували в сушильній шафі» [40].

Сонячне сушіння солодкого перцю забезпечує отримання високовітамінного, екологічно безпечного продукту для харчування населення. Готову продукцію отримують лише за рахунок природних факторів: сонячної енергії, вітру і низької відносної вологості повітря. «Витрати електроенергії на досушування становлять близько 10%» [33]. Економічна доцільність сонячно-повітряного сушіння очевидна, оскільки воно застосовується як для стандартної, так і для нестандартної сировини солодкого перцю біологічної зрілості. «Обсяг свіжих плодів зменшується в 11...15 разів, що призводить до суттєвого зниження потреби в тарі, упаковці та транспорті, збільшуючи норму завантаження транспортних засобів. Сушений солодкий перець можна перевозити у будь-яку пору року» [24].

Конвективне сушіння, його різновиди та можливі варіанти поєднання способів сушіння з конвекцією широко застосовуються у виробництві зневоднених овочів, картоплі та фруктів. «При цьому способі тепло передається продукту конвекцією – перенесенням теплоти в середовищі з неоднорідним розподілом

температури, яке здійснюється макроскопічними рухами елементів середовища» [42].

Сушильний агент (нагріте повітря, перегріта пара або суміш топкових газів) виконує роль теплоносія та вологопоглинача. «Інтенсивність процесу визначається швидкістю перенесення теплоти для нагрівання матеріалу і випаровування вологи, а також швидкістю перенесення маси вологи у сушильний агент.

Особливістю конвективного сушіння є те, що волога всередині продукту переміщується завдяки волого- і термовологопровідності як у вигляді рідини, так і пари» [42].

Випаровування вологи в капілярно-пористих матеріалах на початковій стадії відбувається на відкритій поверхні продукту, після чого зона випаровування переміщується всередину матеріалу.

При конвективному сушінні важливу роль відіграють параметри сушильного агента – температура, відносна вологість і швидкість, товщина шару та його стан (щільний, розпушений, зважений, диспергований тощо), а також питомі навантаження. «Стан шару визначає активну поверхню контакту з сушильним агентом. З підвищенням температури агента інтенсивність випаровування зростає, а тривалість сушіння скорочується» [42].

Основна частина тепла повітря витрачається на покриття прихованої теплоти пароутворення при переході води зі стану рідини в пароподібний. Температура продукту відповідає температурі сухого термометра, через що найбільш імовірно є небезпека його перегріву або піджарки.

Зниження відносної вологості сушильного агента прискорює процес сушіння, проте дуже низька вологість повітря призводить до надмірних витрат тепла і збільшення вартості процесу. Крім того, «мала відносна вологість на початку сушіння сприяє швидкому переміщенню зони випаровування вглиб матеріалу і появі на поверхні скоринки, що уповільнює подальше сушіння. При конвективному сушінні овочів відносна вологість відпрацьованого повітря має бути в межах 35...45%» [34].

З підвищенням швидкості сушильного агента інтенсивність випаровування зростає. Швидкість повітря залежить від його обсягу, що подається в сушильну камеру за одиницю часу, перерізу камери та внутрішніх опорів, створюваних стрічками, ситами та продуктом, що сушиться.

У сушильних установках основним сушильним агентом є нагріте повітря. «Сушіння перегрітою парою вважається ефективним і перспективним методом у харчовій промисловості. Головна перевага перегрітої водяної пари порівняно з іншими теплоносіями полягає у підвищеній тепловій економічності, інтенсифікації процесу та відсутності контакту з киснем, що запобігає окислювальним реакціям під час сушіння» [42]. Лабораторні дослідження сушіння харчових продуктів перегрітою парою показали, що овочі та фрукти при такому способі дають меншу усадку, краще зберігають вітаміни й водорозчинні речовини, а також мають покращену набухання і розварюваність у порівнянні зі сушінням нагрітим повітрям. Проте використання перегрітої пари для сушіння харчових матеріалів потребує подальших досліджень. «Недоліками цього методу є складність обладнання, необхідність підвищеної герметизації системи та інші технічні труднощі» [42].

Простота і можливість регулювання температури матеріалу – основні переваги цього способу. Водночас при ньому спостерігається знижений градієнт вологості, що уповільнює видалення вологи з матеріалу. «Ще одним недоліком конвективного сушіння є відносно невисокі значення коефіцієнта тепловіддачі від сушильного агента до поверхні матеріалу – $11,6\text{--}23,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ » [20].

Інтенсифікація конвективного сушіння досягається шляхом збільшення тепломасообміну між матеріалом і сушильним агентом через підвищення швидкості і температури агента або зменшення розміру частинок. При сушінні комкоподібних, гранульованих, волокнистих і рослинних матеріалів, особливо тих, які не переносять механічного впливу, наприклад перемішування, основною проблемою стає посилення тепломасообміну. «Іноді для цього матеріал подрібнюють, щоб збільшити площу поверхні контакту. Також інтенсифікацію процесу забезпечує конвективний метод сушіння, який підвищує швидкість

випаровування лише вологи, що міститься на поверхні або у верхньому шарі матеріалу» [29].

Конвективний баровакуумний спосіб сушіння, розроблений вченими, базується на чергуванні надлишкового тиску та вакууму в сушильній камері. Суть методу полягає в тому, що під час створення вакууму з внутрішніх шарів висушуваного матеріалу відсмоктуються вода, пари і повітря, а при надлишковому тиску гаряче повітря нагнітається безпосередньо в пористу структуру матеріалу, розігрівуючи його. «Циклічне чергування вакуумування та надлишкового тиску сприяє «примусовому диханню» матеріалу, вентиляції його пор, що суттєво підвищує інтенсивність сушіння» [22].

Щодо сушіння нагрітим іонізованим повітрям, то цей метод застосовується для плодів і винограду, де традиційні способи (сонячно-повітряне, штучне конвективне сушіння) мають обмеження через втрати тепла і тривалість процесу. Експериментальні та теоретичні дані свідчать про можливість значного підвищення коефіцієнтів тепло- та масообміну у дисперсних середовищах під впливом електричних полів, що відкриває перспективи розвитку електронно-іонної сушіння харчових продуктів.

Метод сушіння нагрітим іонізованим повітрям вважається найбільш ефективним завдяки інтенсифікації тепло- та масообміну. «Оскільки температура нагріву вологого матеріалу має обмеження, збільшення інтенсивності сушіння досягається в основному за рахунок підвищення коефіцієнта теплообміну, збільшення швидкості руху сушильного агента та зниження його відносної вологості. Проте обмеженість цих параметрів не дає змоги кардинально підвищити швидкість процесу» [42].

Використання іонізованого повітряного потоку сприяє прискоренню пароутворення та інтенсивнішому видаленню пари з поверхні висушуваного матеріалу. Завдяки бомбардуванню поверхні матеріалу іонами та електронами відбувається зривання адсорбованих молекул води та їх руйнування як на поверхні, так і в прикордонному шарі. «Видалення молекул води в навколишнє середовище стимулюється завдяки градієнту електричного поля іонізатора, що знижує

початковий вміст вологи в сушильному агенті. Усі ці фактори суттєво впливають на інтенсифікацію тепло- та масообміну» [36].

До методів конвективного сушіння з підвищеним теплообміном належать сушіння розпилюванням, сушіння в киплячому і віброкиплячому шарі, сушіння з підриванням, сушіння у спіненому стані та пневматичне сушіння. Розпилювальне сушіння в харчовій промисловості застосовують для зневоднення овочевих і фруктових паст, пюре, соків та інших рідких продуктів.

«Під час цього процесу рідкі продукти розпилюють на дуже дрібні краплі розміром від 5 до 500 мкм, що суттєво збільшує площу випаровування. Завдяки цьому підвищується інтенсивність сушіння, а час перебування продукту в апараті скорочується до 5–30 секунд» [20].

Сушіння у розпорошеному стані можна здійснювати при високій температурі сушильного агента, при цьому температура частинок залишається низькою через швидке випаровування вологи, що запобігає їх перегріву та погіршенню якості.

«Розпилювальне сушіння дозволяє отримувати порошкоподібні продукти високої якості, які за органолептичними і фізико-хімічними властивостями подібні до сублімаційно висушених, але за вартістю дешевші на 25–40%» [43, 44].

Цим способом можна регулювати розмір частинок, об'ємну масу, кінцеву вологість і температуру порошку. Процес розпилення включає декілька етапів, зокрема перетворення струменя рідини в нитку за допомогою розпилювального пристрою.

Розпилювальні пристрої мають забезпечувати оптимальну форму факела розпилю і однорідність крапель потрібного розміру, бути простими у використанні, надійними та мати високу пропускну здатність при мінімальних енерговитратах.

Під час розпилювання енергія витрачається на подолання деформації рідини, сил поверхневого натягу при формуванні крапель, в'язкості, а також на сполучення кінетичної енергії крапель і подолання гідравлічних опорів. «Механізм розпилювального сушіння загалом схожий на механізм звичайного конвективного сушіння, проте має особливості, пов'язані з тим, що зневоднення відбувається не на поверхні твердого тіла, а в краплях суспензій або розчинів малого розміру» [36].

При розпилювальному сушінні важливим є процес диспергування, оскільки від нього залежать техніко-економічні показники та якість кінцевого продукту. «Вивчення диспергування необхідне для створення більш вдосконалених розпилювальних пристроїв – таких як розпилювачі монодисперсного розпилу з регульованою формою факела і дисперсністю крапель, а також для визначення основних характеристик розпилу залежно від властивостей матеріалу, конструктивних особливостей і режимних параметрів роботи розпилювача» [26].

Розпорошені краплі розчинів і суспензій проходять сушіння у відповідних сушильних установках, де відбувається сукупність процесів тепломасообміну.

«До недоліків розпилювального сушіння належать великі габарити сушильних установок, складність обладнання, нераціональне використання об'єму сушильної камери та підвищені витрати тепла, що можуть досягати 2,5–4,0 кг пари на 1 кг випарованої вологи» [44].

Сушіння в киплячому та віброкиплячому шарі є удосконаленим методом зневоднення у зваженому стані. У псевдозрідженому шарі продукт неодноразово розпушується і інтенсивно переміщується, завдяки чому всі частки рівномірно контактують із сушильним агентом. Це сприяє вирівнюванню температури по всьому об'єму шару, що особливо важливо для термолабільних продуктів, таких як овочі, картопля та фрукти.

«Рівномірний нагрів окремих частинок продукту у сушильних апаратах періодичної дії з киплячим шаром дозволяє підвищити максимально допустиму температуру теплоносія без погіршення якості готової продукції, що сприяє інтенсифікації сушіння» [35].

Під час сушіння овочів і плодів у киплячому шарі також можна значно збільшити питомі навантаження продукту на 1 м² поверхні решітки. «Це, у поєднанні зі скороченням тривалості процесу, підвищує продуктивність сушильних установок і зменшує їхні габарити в порівнянні з паровими конвеєрними або тунельними сушарками» [26].

Суть процесу псевдозрідження полягає в тому, що при пропусканні висхідного потоку повітря або іншого газу через шар зернистого чи подрібненого

продукту з певною критичною швидкістю шар переходить у напівзважений стан і набуває властивостей рідини.

Ще більш ефективним різновидом описаного способу є сушіння у віброкиплячому шарі. «Цей метод базується на комбінованому впливі нагрітого повітря і механічних коливань решітки на висушуваний матеріал. Він є високоінтенсивним та економічним, що дозволяє не лише інтенсифікувати зневоднення, а й значно зменшити гідравлічний опір, забезпечити рівномірний розподіл повітря і організувати спрямоване переміщення матеріалу в сушарці порівняно з сушінням на нерухомій решітці» [43].

Пневматична сушка застосовується для зневоднення дрібнодисперсних матеріалів, в основному для видалення поверхневої вологи. Швидкість руху повітря в апаратах приблизно вдвічі перевищує швидкість підйому частинок. Пневматичні труби-сушарки мають прямоточну конструкцію, що дозволяє використовувати високі температури сушильного агента. «Процес сушіння у таких трубах триває кілька секунд, при цьому понад 50% вологи видаляється на початковій ділянці довжиною 1–1,5 м. Ефективність пневматичного сушіння забезпечується рециркуляцією підсушеного матеріалу з подальшим його змішуванням із вологим» [42].

Пневматичні сушарки оснащені повторними подрібнювачами – дезінтеграторами. Особливо ефективні пневмосушарки з кількома розширювачами, які дозволяють поєднувати пневматичний та фонтануючий шари для обробки полідисперсних матеріалів, де більші частинки затримуються в розширювачах.

Сушіння у спіненому стані останнім часом набуло розвитку у багатьох країнах. Для сушіння продуктів з фруктів та овочів (пюре, пульпи, пасти, концентрованих соків) розроблені установки, що дозволяють отримувати швидковідновлювані порошки. «Суть способу полягає у збиванні пюреподібного або концентрованого рідкого продукту в стійку піну з використанням піностабілізаторів та висушуванні її до вологості 2–4%» [29]. Спінювання формує жорстку структуру і збільшує поверхню продукту, що прискорює дифузію вологи.

«З теплопередачі цей метод менш ефективний через низьку теплопровідність піни, проте піносушка залишається відносно швидким способом зневоднення з тривалістю процесу від 3 до 20 хвилин і не вимагає високих температур» [32].

«Стійку піну отримують шляхом збивання з емульгатором, який додають у кількості 1–2 % від маси сухої речовини продукту. Як емульгатори застосовують моностеарат гліцерину, метилцелюлозу, особистий альбумін, сухе молоко, агар, желатин, розчинний крохмаль, різні альгінати та інші речовини.

Іноді для покращення спінювання через збиту масу пропускають повітря або інертний газ, наприклад азот чи вуглекислий газ» [45].

Сушіння піни здійснюють різними способами: піну рівномірно розподіляють тонким шаром на транспортерній стрічці з нержавіючої сталі і сушать зустрічним потоком нагрітого повітря; видавлюють зі спеціальних екструдерів у вигляді джгутів на стрічку у вакуумних умовах; при кратерному способі наносять тонким шаром на перфоровані лотки з отворами діаметром 3,2 мм, а гаряче повітря (93 °C) або інертний газ подають з великою швидкістю через сопла під лотки. Під час проходження сушильного агента через піну утворюються кратери, що сприяє швидкому сушінню піни.

Висушений продукт подрібнюють, просіюють і упаковують у герметичну тару.

Перевага сушіння продуктів у спіненому стані полягає в тому, що цей метод дозволяє швидко отримати повністю відновлюваний продукт з максимальним збереженням смакових і харчових властивостей сировини.

«Сушіння овочів і плодів з підриванням базується на тому, що підготовлені кубики овочів спочатку сушать нагрітим повітрям до вологості 25...53 % (залежно від виду продукту), після чого підсушений матеріал завантажують у закритий обертовий апарат, так звану «гармату», і нагрівають до температури, що забезпечує утворення всередині кубиків перегрітого пару» [43]. Коли тиск у «гарматі» досягає необхідного рівня, його раптово скидають, відкриваючи кришку апарата. Через різкий перепад тиску кубики набувають пористої структури (вибухають).

«Підірвані кубики досушують до вологості 6...8 % на стрічкових сушарках або в бункерах, причому для цього потрібно удвічі менше часу, ніж для сушіння продукту без впливу вибуху» [19].

Завдяки пористій структурі сушені овочі відновлюються під час кулінарної обробки значно швидше – за 6...10 хвилин замість 18...25 хвилин, які потрібні для варіння звичайно висушеного продукту.

«Електровибухові технології, що базуються на методах електрогідрогазодинаміки сильноточних розрядів у різних середовищах, відносяться до багатофункціональних і наукомістких технологій. Вони дозволяють вирішувати широкий спектр завдань у створенні енергоресурсозберігаючих технологій для агропромислового комплексу, зокрема – створювати принципово нові типи сушильних агрегатів» [43].

Електровибухове сушіння дає змогу підвищити продуктивність сушіння матеріалів за умови спільного використання простих, відносно недорогих і екологічно чистих модульних сушильних агрегатів, що працюють паралельно на невеликих виробничих площах.

Конвективно-високочастотне сушіння застосовують для підвищення економічності процесу та зниження споживання електроенергії. «Високочастотну установку включають або в другій фазі, коли знижується швидкість сушіння для видалення пов'язаної вологи, або періодично для створення сприятливого температурного градієнта всередині матеріалу» [46]. При цьому волога видаляється за рахунок тепла нагрітого газу, що скорочує тривалість сушіння і підвищує його ефективність.

«Поєднання двох методів сушіння – конвективного і мікрохвильового – широко використовується на практиці, зокрема при сушінні винограду» [46].

Дослідження показали, що застосування мікрохвильових струмів суттєво прискорює сушіння безнасінних сортів винограду і дозволяє уникнути ряду технологічних операцій із використанням хімічної обробки, що створює умови для виробництва екологічно чистого продукту.

Серед основних критичних параметрів якості при виборі режимів і методів сушіння винограду – показники, які максимально зберігають біологічну цінність, безпеку й споживчі властивості продукту.

До ключових органолептичних і фізико-хімічних характеристик сушених плодів належать колір, запах, смак, цукристість і титрувана кислотність. Значний вплив на якість готового продукту мають також органічні кислоти і фенольні сполуки, які виступають антиоксидантами та біологічно активними речовинами, підвищуючи дієтичну цінність сушеного винограду.

«Під час дослідження оцінювали якісні показники безнасінних сортів винограду, висушеного двома методами – конвективним та комбінованим (конвекція з застосуванням мікрохвиль у пульсному режимі)» [46].

Отримані результати показали, що якість винограду, висушеного комбінованим способом, відповідає вимогам чинної нормативно-технічної документації. «У такому сушеному винограді зберігається вміст поживних речовин, а продукт має підвищену біологічну та енергетичну цінність, що створює хороші умови для використання сушеного винограду у лікувальних і профілактичних цілях» [46].

Висновки по розділу.

Сушіння є одним із найпоширеніших і ефективних методів консервування плодоовочевої сировини, що дозволяє значно подовжити термін зберігання продуктів, зберігаючи їх харчову цінність і смакові властивості.

Сушені овочі та фрукти займають важливе місце у формуванні асортименту харчових концентратів, що використовуються як у домашньому харчуванні, так і у промисловому виробництві, забезпечуючи різноманітність та зручність у застосуванні.

Сучасні технології сушіння плодоовочевої сировини включають традиційне конвективне сушіння, розпилювальне, сушіння в киплячому і віброкиплячому шарах, пневматичне та спінене сушіння, а також новітні методи, такі як електровибухова та комбінована конвективно-високочастотна сушка.

Кожен із способів має свої переваги й обмеження: розпилювальне сушіння ефективне для рідких суспензій, а сушіння в киплячому та віброкиплячому шарах забезпечує рівномірність нагрівання і високу продуктивність; пневматичне та спінене сушіння дозволяють досягати високої швидкості зневоднення збереження цінних властивостей продукту.

Використання комбінованих методів, наприклад, поєднання конвективного сушіння з мікрохвильовим впливом, дозволяє підвищити якість продукту, зберігаючи біологічно активні речовини, покращуючи органолептичні показники та підвищуючи енергетичну цінність сушеного винограду.

Розробка та вдосконалення сучасних сушильних технологій, зокрема електровибухових і комбінованих процесів, створюють можливості для підвищення продуктивності, зниження енергозатрат та отримання екологічно чистих продуктів з високими лікувально-профілактичними властивостями.

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідна частина роботи виконувалася у навчальних лабораторіях кафедри харчових технологій ДДАЕУ, виробничій лабораторії ПрАТ «Дніпропетровський комбінат харчових концентратів» під час проходження виробничої практики на підприємстві.

2.1 Об'єкти дослідження

Об'єктами досліджень стали технологічні процеси сушіння зразків моркви, буряка та цибулі ріпчастої за трьома способами: конвективним нагрівом, мікрохвильовим нагрівом в електромагнітному полі НВЧ та комбінованим нагрівом, який передбачає одночасний вплив теплого циркулюючого повітря і електричної мікрохвильової енергії на продукт.

Нині якість овочевої сировини, що надходить на процес сушіння, оцінюють відповідно до вимог державних стандартів, які регламентують показники свіжих овочів, що призначені для заготовлення та подальшої поставки [13].

Ці стандарти встановлюють вимоги до фізико-хімічних, органолептичних та санітарних показників, що гарантують відповідність сировини необхідним нормам якості для збереження корисних властивостей і безпеки продукту. Забезпечення відповідної якості сировини є основою для отримання сушених овочів з високими експлуатаційними і споживчими властивостями.

Вимоги до фізико-хімічних показників якості наведені на рис. 2.1

Сушені овочі мають відповідати чинним нормативним вимогам щодо якісних характеристик, які встановлені державними стандартами. Ці вимоги охоплюють показники вологості, кольору, консистенції, вмісту поживних речовин, а також відсутність шкідливих домішок і забруднень. Дотримання цих норм забезпечує не лише стабільну якість кінцевого продукту, а й сприяє збереженню харчової цінності сушених овочів під час тривалого зберігання.

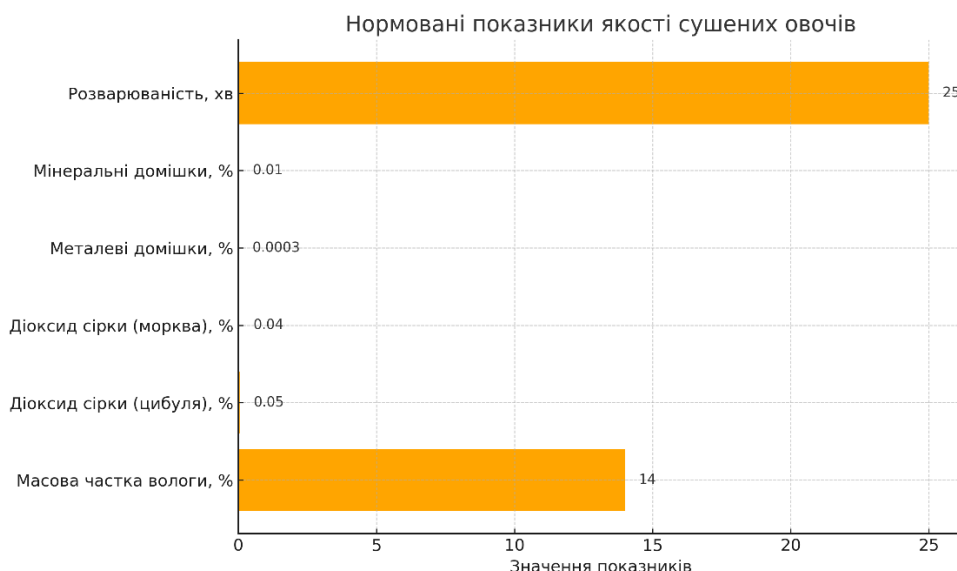


Рисунок 2.1 – Нормативні показники якості сушених овочів

Для забезпечення комплексного контролю якості сушених овочів, зокрема моркви, буряків і цибулі ріпчастої, сформовані конкретні вимоги, які викладені в табличній формі (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Органолептичні показники якості сушених овочів

Показник	Морква та буряк столові	Цибуля ріпчаста
Зовнішній вигляд	Стружка, кубики, платівки. Брикети правильної форми, рівні, цілі, легко розминаються.	Кільця, платівки або їх частини. Брикети правильної форми, легко розминаються.
Консистенція	Стружка та платівки – еластичні, допускається легка крихкість. Кубики – тверді.	Порошок.
Смак і запах	Властиві овочам відповідного виду, без сторонніх запахів і присмаків.	
Колір	Властивий вихідній сировині.	
Форма та розміри	Стружка: товщина >3 мм, ширина >5 мм, довжина ≥ 5 мм. Кубики: сторона 5–9 мм. Платівки: товщина >4 мм, ширина й довжина ≤ 12 мм.	Кільця, платівки: товщина 1–3 мм. Частки <5 мм – не більше 10% маси.

У цій таблиці детально представлені граничні показники вологості, кольору, структури, а також допустимі норми вмісту поживних речовин та органолептичних властивостей. Вони слугують орієнтиром для виробників і контролюючих органів у процесі оцінки якості сушеної продукції.

Сушені овочі є концентрованими джерелами поживних речовин, зокрема вуглеводів і вітамінів, що зберігаються в процесі зневоднення. У таблиці наведені показники харчової цінності трьох видів сушених овочів – моркви столової, буряка столового та цибулі ріпчастої – з акцентом на вміст вуглеводів, основних вітамінів та калорійність продукту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Харчова цінність сушених овочів

Показник	Морква столова сушена	Буряк столовий сушений	Цибуля ріпчаста сушена
Вуглеводи, г	54,6	59,6	47,8
β-каротин, мг	40	0,04	–
Вітамін В1, мг	0,12	0,04	0,10
Вітамін В2, мг	0,30	0,20	0,10
Вітамін РР, мг	2,6	1,2	1,3
Вітамін С, мг	10,0	10,0	12,0
Калорійність, ккал	275	278	273

Як видно з наведених даних, найвищу калорійність має сушений буряк – 278 ккал, що пов'язано з його підвищеним вмістом вуглеводів (59,6 г). Сушена морква є лідером за вмістом β-каротину (40 мг), тоді як сушена цибуля вирізняється найбільшим вмістом вітаміну С (12 мг). Такі відмінності у харчовій цінності дозволяють раціонально комбінувати ці овочі у харчових продуктах для досягнення необхідного складу поживних речовин.

2.2 Методи дослідження

Для визначення органолептичних показників якості свіжих та сушених овочів використовувалися загальноприйняті методики, що відповідають Міждержавному стандарту 13340.1-77.

Масова частка вологи у зразках свіжих та сушених овочів визначалася відповідно до методики ДСТУ 7804:2015 "Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологи"..

Вміст вітаміну С у зразках свіжих та сушених овочів визначали згідно з методикою Міждержавного стандарту 24556-90.

Розварюваність сушених овочів визначається за методикою Міждержавного стандарту 13340.1-77.

Таким чином, дотримання державних стандартів і нормативів на всіх етапах виробництва – від сировини до готової продукції – є ключовим фактором забезпечення високої якості сушених овочів. Це дозволяє підтримувати їх харчову цінність, безпеку і привабливість для споживачів, що є надзвичайно важливим у сучасних умовах розвитку харчової промисловості.

Висновки по розділу.

В розділ було обґрунтовано вибір об'єктів дослідження, якими виступали зразки сушених овочів – моркви столової, буряка столового та цибулі ріпчастої. Такий підхід дозволив охопити різні режими теплової обробки та дослідити їх вплив на якість кінцевого продукту. Обрана сировина широко використовується в харчовій промисловості, є сезонною, доступною та багатою на вітаміни й вуглеводи, що зумовлює її значення у технології виробництва сушеної продукції.

Для досягнення мети дослідження було використано стандартизовані методики визначення органолептичних, фізико-хімічних та харчових показників, адаптовані відповідно до чинних міждержавних стандартів. Застосування цих методів забезпечило достовірність і порівнюваність отриманих результатів.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив способу сушіння на зміну вологості сушених овочів

Для проведення досліджень використовували коренеплоди моркви та буряка столового, зразки цибулі ріпчастої, вирощені в умовах Дніпропетровської області. На першому етапі досліджували класичне конвективне сушіння, сушіння в електромагнітному полі надвисокої частоти (НВЧ) та комбінований режим сушіння.

Результати дослідження динаміки зміни масової частки води в зразках моркви під час трьох способів сушіння наведені на рис. 3.1.

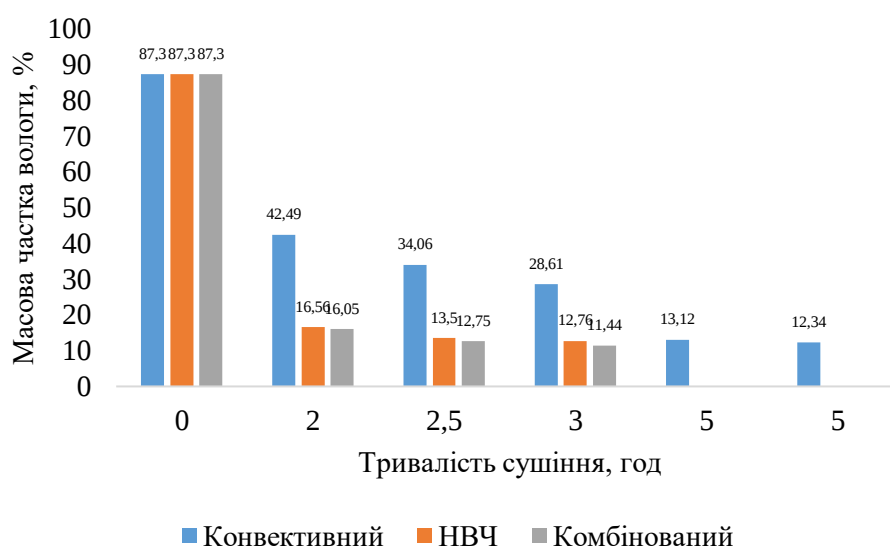


Рисунок 3.1 – Залежність масової частки води від часу сушіння у зразках сушеної моркви (форма нарізки – стружка, без попереднього бланшування)

Отримані дані свідчать, що до нормативного рівня вологості (не більше 14,00%) продукт досягає вже за 2,5 години при використанні мікрохвильового нагріву, та за 5 годин – при конвективному сушінні. Як видно, ці два методи значно переважають за ефективністю. Водночас найбільш доцільним з практичної точки зору слід вважати комбінований спосіб сушіння, адже після його застосування вміст води в готовому продукті знижується до 12,75%.

Для порівняння, за умов мікрохвильового сушіння через 2,5 години вологість складає 13,50%, що досить близько до максимально допустимого рівня – 14,00%. Такий показник є менш сприятливим, оскільки за можливих коливань температури або вологості повітря під час зберігання існує ризик вторинного зволоження продукції, внаслідок чого масова частка води може перевищити граничне допустиме значення.

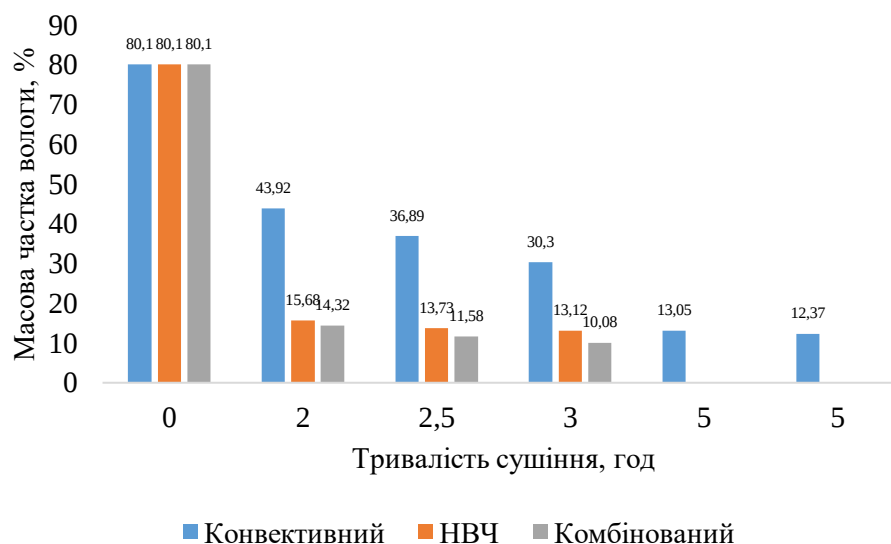


Рисунок 3.2 – Залежність масової частки води від часу сушіння у зразках сушеного буряка (форма нарізки – стружка, без попереднього бланшування)

Динаміка зменшення масової частки води в процесі сушіння зразків буряка (рисунок 3.2) має певні відмінності порівняно з аналогічним процесом для моркви. Зокрема, спостерігається довший період досягнення нормативного рівня вологості, що свідчить про складніші умови видалення води з клітинної структури буряка.

Тривалість сушіння бурякових зразків до граничного вмісту води є вищою, що пов'язано з щільнішою текстурою тканин та вищою початковою вологістю. Це вказує на необхідність адаптації режимів сушіння для кожного виду сировини з урахуванням його фізико-хімічних властивостей.

У разі застосування комбінованого способу сушіння зразки досягають необхідного рівня вологості (11,58%) вже за 2,5 години, що свідчить про високу ефективність такого підходу. Аналогічну тривалість має й мікрохвильове сушіння,

однак в цьому випадку залишкова вологість є дещо вищою – 13,79%, що наближається до граничного значення, встановленого стандартами.

Конвективний спосіб сушіння поступається в ефективності, оскільки досягнення нормативного рівня вологи у зразках можливе лише після 5 годин обробки. Це підтверджує доцільність використання поєднаного методу, який дозволяє значно скоротити тривалість процесу та отримати продукт із нижчим рівнем залишкової вологості.

Аналіз зміни масової частки вологи протягом часу сушіння зразків цибулі ріпчастої (рисунок 3.3) аналогічний характеру змін масової частки вологи в процесі сушіння зразків буряка.

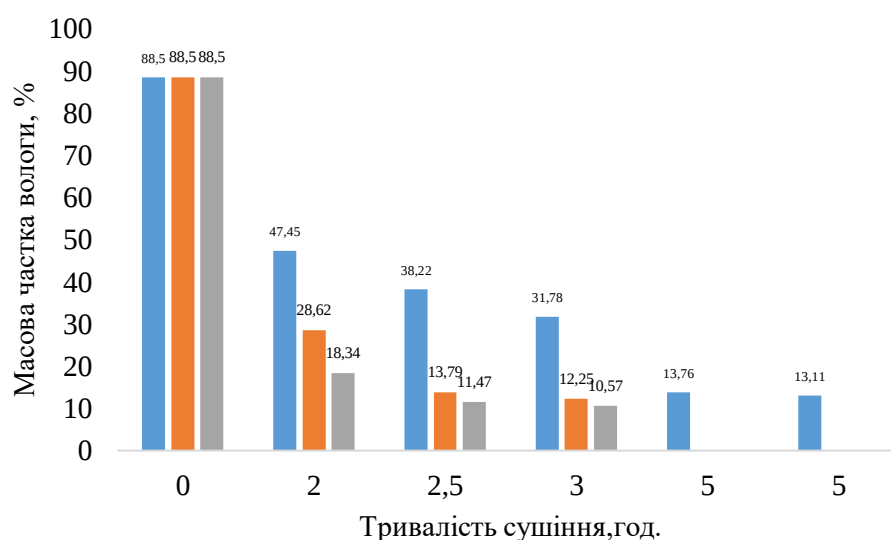


Рисунок 3.3 – Залежність масової частки вологи від часу сушіння у зразках сушеного цибулі ріпчастої (форма нарізки – півкільця, без попереднього бланшування)

Цільовий рівень вологості у зразках досягається за 2,5 години при застосуванні комбінованого способу сушіння, при якому залишкова вологість становить 11,47%, а також за такої ж тривалості при мікрохвильовому сушінні, де вміст вологи сягає 13,79%. Для досягнення аналогічного результату при конвективному сушінні потрібно 5,0 годин, що підтверджує нижчу ефективність цього методу в порівнянні з іншими. Таким чином, поєднаний спосіб сушіння

забезпечує не лише швидке досягнення необхідного рівня вологості, а й кращу стабільність показників якості продукту. Це робить його доцільним для використання в умовах виробництва, де важливими є економія часу та енергоресурсів.

3.2 Вплив способу сушіння на вміст вітаміну С в сушених овочах

Згідно з вимогами чинного стандарту ДСТУ 8654:2016, вміст вітаміну С у готовому продукті має становити не менше 10 мг на 100 г [22].

Під час сушіння зразків моркви спостерігається зростання вмісту аскорбінової кислоти зі збільшенням концентрації сухих речовин (рис. 3.4).

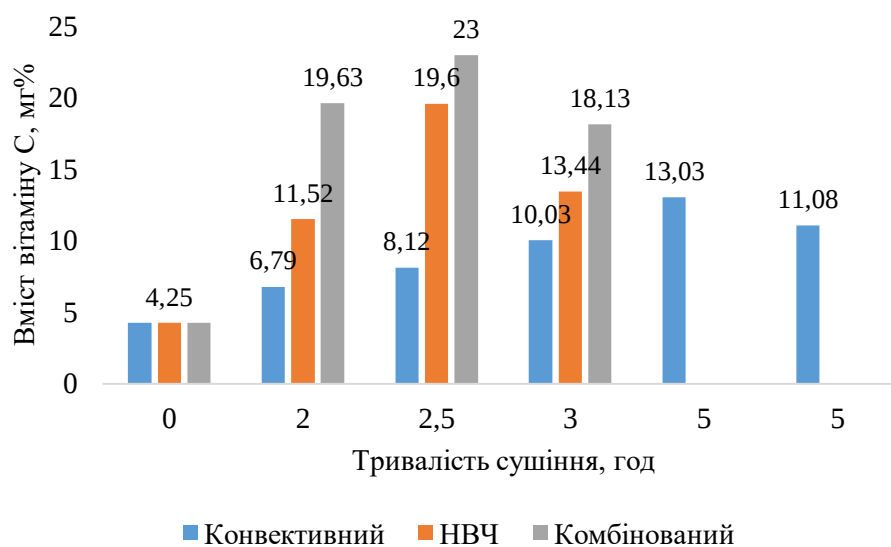


Рисунок 3.4 – Залежність вмісту вітаміну С від часу сушіння у зразках сушеної моркви (форма нарізки – стружка, без попереднього бланшування)

Найвищий рівень аскорбінової кислоти зафіксовано після 2,5 годин сушіння при мікрохвильовому та поєднаному нагріванні – 19,60 та 23,00 мг% відповідно, що суттєво перевищує нормативне значення. У випадку використання конвективного способу через тривале теплове навантаження не досягається значне накопичення вітаміну С.

З графічних даних (рисунок 3.4) видно, що кожен спосіб сушіння має власні часові межі, після яких зростання вмісту аскорбінової кислоти припиняється. Для мікрохвильового та поєднаного сушіння оптимальна тривалість становить 2,5 години, тоді як для конвективного – 5,0 годин. Перевищення цих меж призводить до зниження концентрації вітаміну С у готовому продукті.

У результаті пересушування зразків після перевищення оптимального часу сушіння зростає площа контакту продукту з киснем повітря, що активізує окислювальні процеси та спричиняє втрати цінних біологічно активних речовин. Це пов'язано з тим, що структура частинок стає ламкою, з'являються мікротріщини в каркасі, що сприяє подальшому руйнуванню нутрієнтів і зниженню харчової цінності кінцевого продукту.

Для визначення рівня втрат вітаміну С під час сушіння зразків моркви різними методами доцільно проаналізувати динаміку зміни концентрації аскорбінової кислоти у сухій речовині (рисунок 3.5). Графічні дані дозволяють оцінити втрати цього вітаміну на оптимальних часових етапах для кожного з досліджуваних способів сушіння.

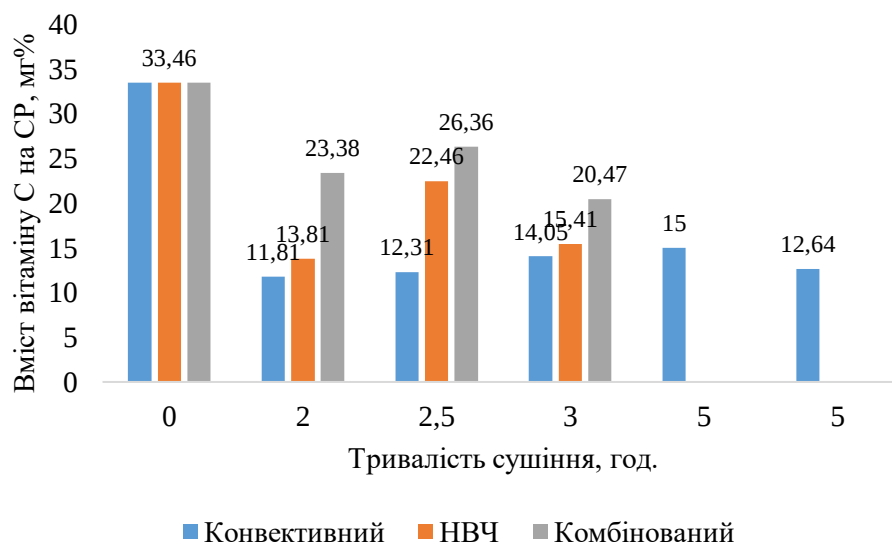


Рисунок 3.5 – Залежність вмісту вітаміну С у сухій речовині від часу сушіння у зразках сушеної моркви (форма нарізки – стружка, без попереднього бланшування)

На основі проведеного аналізу встановлено, що найменші втрати аскорбінової кислоти зафіксовано у зразках моркви, висушених за комбінованою технологією, що свідчить про перевагу цього методу у збереженні біологічно активних речовин.

Хід зміни кількості вітаміну С у зразках буряка протягом процесу сушіння (рисунк 3.6) подібний до того, що спостерігається у зразках моркви, що підтверджується даними на відповідній діаграмі.

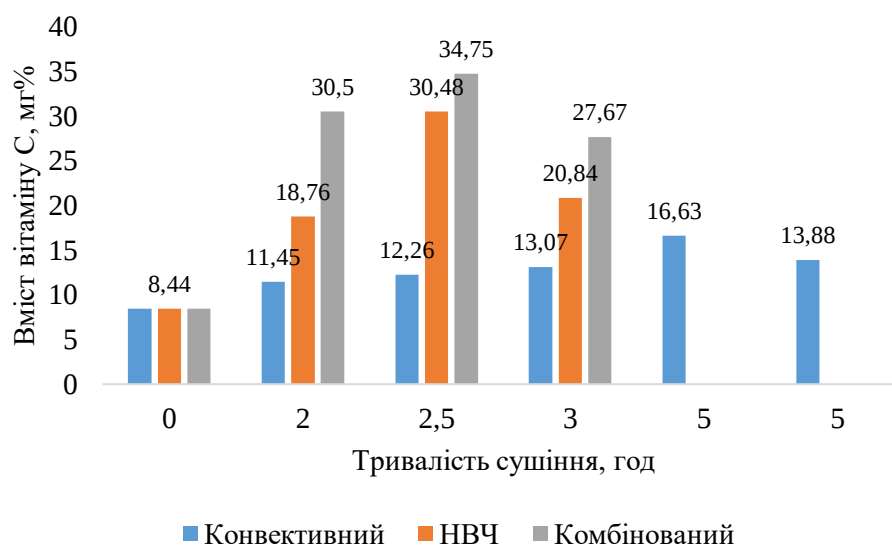


Рисунок 3.6 – Залежність вмісту вітаміну С від часу сушіння у зразках сушених буряків (форма нарізки – стружка, без попереднього бланшування)

Найвищу концентрацію аскорбінової кислоти зафіксовано через 2,5 години при застосуванні мікрохвильового або комбінованого способу сушіння, а також через 5,5 годин за умови використання конвективного нагрівання.

Комбінований метод знову демонструє найкращі результати. Хоча мікрохвильове сушіння забезпечує суттєве збереження вітаміну С, що значно перевищує нормативний рівень, комбінований спосіб дає ще вищі показники – вміст аскорбінової кислоти у висушених зразках буряка сягає 34,75 мг%, що є максимальним значенням серед усіх досліджених методів.

Для оцінки втрат вітаміну С у сушених зразках буряка були побудовані графіки (рисунок 3.7), які ілюструють динаміку змін вмісту вітаміну С у сухій речовині на різних етапах сушіння.

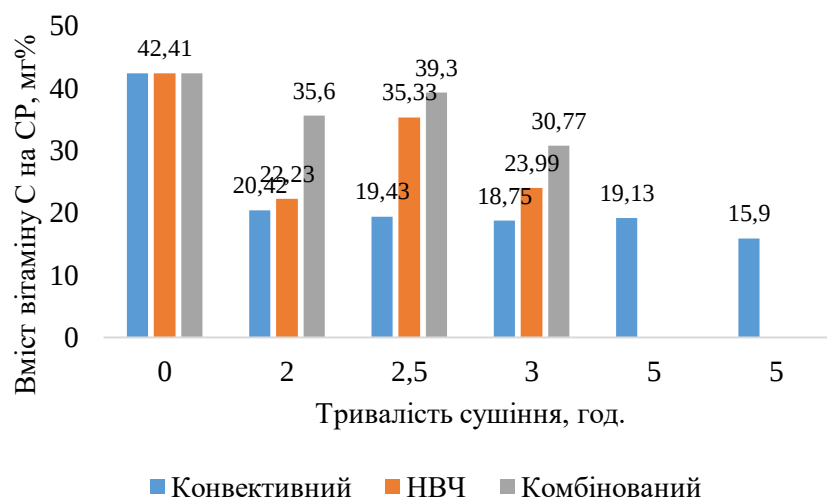


Рисунок 3.7 – Залежність вмісту вітаміну С у сухій речовині від часу сушіння у зразках сушених буряків (форма нарізки – стружка, без попереднього бланшування)

Аналіз цих даних підтверджує, що найменші втрати аскорбінової кислоти відбуваються у зразках буряка, висушених за допомогою комбінованого способу, що поєднує два методи сушіння.

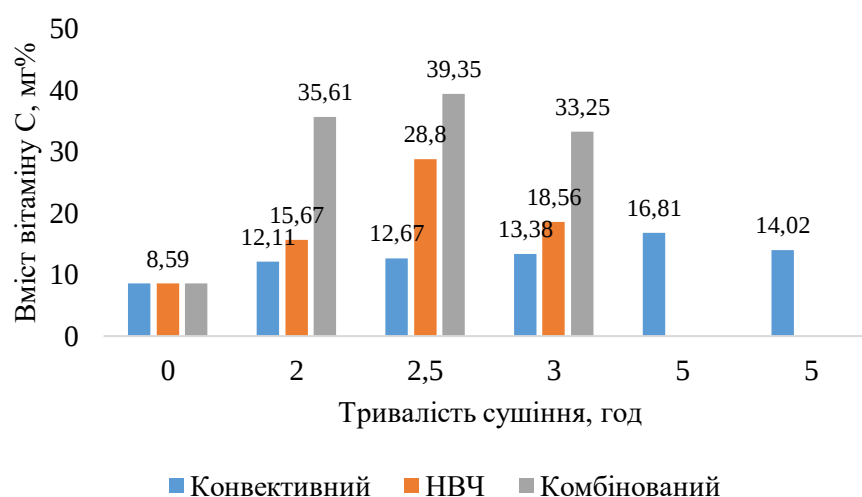


Рисунок 3.8 – Залежність вмісту вітаміну С від часу сушіння у зразках сушеної цибулі ріпчастої (форма нарізки - півкільця, без попереднього бланшування)

Дані, наведені на графіку (рисунок 3.8), свідчать про існування певної закономірності в зміні концентрації вітаміну С у процесі сушіння різних овочевих культур, що підкреслює загальні тенденції у збереженні цього важливого компонента під час термічної обробки.

Вітамін С накопичується у висушуваних зразках цибулі і досягає свого максимального вмісту через 2,5 години сушіння при використанні комбінованого методу – 39,35 мг%, що перевищує рекомендоване стандартом значення (12,00 мг%) більш ніж у три рази. При застосуванні мікрохвильового нагріву максимальний вміст вітаміну С становить 30,48 мг% після 2,5 годин сушіння, тоді як при конвективному методі цей показник досягає 16,81 мг% після 5,0 годин.

Знову ж таки, очевидною є перевага поєднання двох способів сушіння, яке забезпечує значно вищий рівень збереження аскорбінової кислоти у продукті.

За аналогією, на рисунку 3.9 зображена динаміка змін кількісних показників вмісту вітаміну С у сухій речовині зразків сушеної цибулі протягом процесу сушіння.

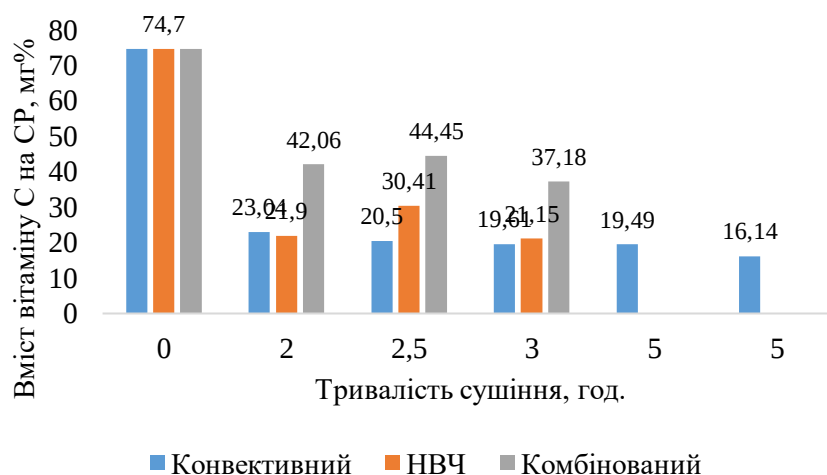


Рисунок 3.9 – залежності вмісту вітаміну С у сухій речовині від часу сушіння у зразках сушеної цибулі ріпчастої (форма нарізки - півкільця, без попереднього бланшування)

З аналізу графіків випливає, що найменші втрати вітаміну С відзначаються у зразках сушеної цибулі, які оброблялися за методом одночасного комбінованого сушіння двома способами.

3.3 Вплив способу сушіння на показники якості сушених овочів

Для оцінки розварюваності було відібрано зразки сушених овочів, висушених за оптимального часу (табл. 3.1): 2,5 години – при використанні мікрохвильового та комбінованого нагрівання, а також 5,0 годин – при конвективному сушінні.

Таблиця 3.1 – Час розварюваності зразків сушених овочів залежно від способу сушіння

Найменування продукту	Спосіб сушіння	Форма нарізки	Наявність попередньої теплової обробки	Розварюваність, хв
Морква сушена	Конвективний	Стружка	Без бланшування	18,00
Морква сушена	НВЧ	Стружка	Без бланшування	11,00
Морква сушена	Комбінований	Стружка	Без бланшування	12,50
Буряк сушений	Конвективний	Стружка	Без бланшування	20,75
Буряк сушений	НВЧ	Стружка	Без бланшування	13,00
Буряк сушений	Комбінований	Стружка	Без бланшування	16,00
Цибуля ріпчаста сушена	Конвективний	Півкільця	Без бланшування	13,50
Цибуля ріпчаста сушена	НВЧ	Півкільця	Без бланшування	6,50
Цибуля ріпчаста сушена	Комбінований	Півкільця	Без бланшування	8,50

Згідно з даними таблиці 3.1, найкоротший час розварювання демонструють зразки, оброблені мікрохвильовим способом сушіння. Це пов'язано з формуванням пористої структури частинок після сушіння, що забезпечує швидке проникнення вологи вглиб продукту. До того ж, відсутність щільного поверхневого шару сприяє

ефекту "губки", коли зволоження відбувається максимально швидко. У результаті час досягнення м'якої консистенції становить: для сушеної моркви – 11 хвилин, буряка – 13 хвилин, а для ріпчастої цибулі – лише 6,5 хвилин.

Для здійснення порівняльного аналізу було відібрано зразки сушених овочів, що мали оптимальні значення масової частки вологи, цукрів та вітамінів після 2,5 години сушіння за мікрохвильового й комбінованого нагрівання та після 5,0 години за умови конвективного нагрівання (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз органолептичної оцінки якості зразків сушеної моркви (без попередньої теплової обробки, форма нарізки - стружка)

Спосіб сушіння	Зовнішній вигляд та консистенція	Колір
Конвективний	Частинки цілі, сухі, з вираженим щільним поверхневим каркасом. На зламі злегка шаруваті.	Помаранчевий, неоднорідний, не насичений. Зустрічаються частини червоно-коричневого кольору.
НВЧ	Частинки цілі, сухі, трохи крихкі, без вираженого поверхневого каркаса. На зламі пористі.	Помаранчево-червоний, неоднорідний, яскравий насичений.
Комбінований	Частинки цілі, сухі, злегка крихкі, з тонким поверхневим каркасом. На зламі злегка пористі.	Помаранчево-червоний, однорідний, яскравий насичений.

Згідно з даними табл. 3.2, найкращі органолептичні властивості за зовнішнім виглядом, текстурою та кольором спостерігаються у зразків сушеної моркви, які були оброблені із застосуванням поєднаного способу сушіння – одночасного впливу циркулюючого гарячого повітря та електромагнітного поля надвисокої частоти.

Найкращі показники зовнішнього вигляду, кольору та консистенції зразків сушеного буряка спостерігаються при використанні комбінованого способу сушіння – поєднання конвективного нагріву з НВЧ-енергією.

Таблиця 3.3 – Порівняльний аналіз органолептичної оцінки якості зразків сушеного буряка (без попередньої теплової обробки, форма нарізки – стружка)

Спосіб сушіння	Зовнішній вигляд та консистенція	Колір
Конвективний	Частинки цілі, сухі, з вираженим щільним поверхневим каркасом. На зламі злегка ламкі	Темно-бордовий, неоднорідний, не насичений. Зустрічаються частинки з сіро-чорним відтінком
НВЧ	Частинки цілі, сухі, трохи крихкі, без вираженого поверхневого каркаса. На зламі пористі	Темно-бордовий, не однорідний, яскравий, насичений
Комбінований	Частинки цілі, сухі, злегка крихкі, з тонким поверхневим каркасом. На зламі злегка пористі	Темно-бордовий, однорідний, яскравий, насичений

Інформація, наведена в таблиці 3.3, підтверджує ефективність комбінованого способу сушіння. Аналогічні дослідження було проведено для цибулі ріпчастої (табл. 3.4)

Таблиця 3.4 – Порівняльний аналіз органолептичної оцінки якості зразків сушеної цибулі ріпчастої (без попередньої теплової обробки, форма нарізки – напівкільця)

Спосіб сушіння	Зовнішній вигляд та консистенція	Колір
Конвективний	Частинки цілі, сухі, з вираженим щільним поверхневим каркасом. На зламі злегка ламкі	Солом'яно-жовтий, неоднорідний, не насичений. Зустрічаються частини жовто-коричневого кольору
НВЧ	Частинки цілі, сухі, трохи крихкі, без вираженого поверхневого каркаса. На зламі пористі	Солом'яно-жовтий, неоднорідний, яскравий, насичений, із зеленим відтінком та блиском

Продовження табл. 3.4

Спосіб сушіння	Зовнішній вигляд та консистенція	Колір
Комбінований	Частинки цілі, сухі, злегка крихкі, з тонким поверхневим каркасом. На зламі злегка пористі	Солом'яно-жовтий, однорідний, яскравий, насичений, із золотистим блиском

Органолептична оцінка зразків сушеної ріпчастої цибулі, представлена в таблиці 3.4, демонструє явні переваги одночасного використання двох методів сушіння – отримані показники майже повністю відповідають вимогам національного стандарту до якості сушених овочів.

Висновки по розділу.

Вплив способу сушіння на зміну вологості сушених овочів свідчить про те, що оптимальний час сушіння для зразків моркви та буряка при мікрохвильовому і комбінованому нагріві становить 2,5 години, а при конвективному – 5,0 годин. Зниження вологості під час сушіння відбувається поступово, а застосування комбінованого способу сприяє більш рівномірному видаленню вологи за короткий проміжок часу, що забезпечує кращі фізико-хімічні властивості кінцевого продукту.

Вплив способу сушіння на вміст вітаміну С у сушених овочах демонструє, що найбільша концентрація аскорбінової кислоти досягається при комбінованому способі сушіння. Так, у моркві максимальний вміст вітаміну С після 2,5 годин сушіння становив 39,35 мг%, що більш ніж у три рази перевищує рекомендоване стандартом значення 12,00 мг%. У буряку цей показник досягав 34,75 мг% при комбінованому способі, що перевищує показники окремого конвективного (20,75 мг%) та мікрохвильового (13,00 мг%) сушіння. Найменші втрати вітаміну С спостерігалися також у зразках цибулі, сушених комбінованим способом, що свідчить про ефективність цього методу у збереженні біологічно активних речовин.

Динаміка змін вмісту вітаміну С в овочах вказує на наявність часових рубежів, після яких починається деградація аскорбінової кислоти. Для мікрохвильового та комбінованого сушіння цей час становить 2,5 години, а для конвективного – 5,0 годин. Перевищення цих меж призводить до зниження вмісту вітаміну С, що пояснюється інтенсивними окислювальними процесами через збільшення поверхні контакту з киснем і структурним ушкодженням продукту.

Вплив способу сушіння на органолептичні показники свідчить про перевагу комбінованого способу. Зразки моркви, буряка та цибулі, висушені комбінованим методом, характеризувалися більш однорідним, яскравим і насиченим кольором, а також оптимальною консистенцією, що включає злегка крихку структуру з тонким поверхневим каркасом. У порівнянні з конвективним та НВЧ способами сушіння, комбінований метод забезпечує найкращі органолептичні властивості, наближаючи продукт до вимог національного стандарту.

Показники розварюваності сушених овочів підтвердили кращу якість структурних характеристик при використанні мікрохвильового способу сушіння. Зразки моркви мали час розварюваності 11 хвилин, буряка – 13 хвилин, а цибулі – 6,5 хвилин, що значно менше у порівнянні з конвективним сушінням. Це пояснюється пористою структурою частинок, що сприяє швидшому проникненню води під час варіння.

Загалом, отримані результати демонструють, що комбінований спосіб сушіння, який поєднує конвективний та мікрохвильовий нагрів, є оптимальним для сушіння овочів з погляду збереження вологи, біологічно активних речовин, органолептичних характеристик та технологічних властивостей. Цей метод дозволяє зменшити час сушіння, зберегти більший вміст вітаміну С (до 39,35 мг% у моркві) і забезпечити високу якість кінцевого продукту, що відповідає національним стандартам сушеної овочевої продукції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Організація охорони праці на підприємстві з виробництва сушених овочів

Забезпечення безпеки працівників на підприємстві – один із ключових чинників стабільної роботи, дотримання законодавства та підтримання високої продуктивності. «Особливої актуальності охорона праці набуває в харчовій промисловості, зокрема у сфері переробки та сушіння овочів, де поєднуються фізичні, хімічні й термічні ризики» [47].

«Процес сушіння овочів включає низку етапів: миття, сортування, нарізання, бланшування (іноді), сушіння в різних режимах (конвективне, інфрачервоне, мікрохвильове тощо), охолодження, пакування. Працівники контактують з технологічним обладнанням, працюють в умовах підвищеної температури, вологості та концентрації пилу» [13]. Саме ці фактори створюють специфіку організації охорони праці на таких підприємствах.

Організація охорони праці починається з формування внутрішньої політики безпеки. На підприємстві має бути створена служба охорони праці або призначена відповідальна особа з відповідною кваліфікацією. Головне завдання – впровадити дієву систему управління ризиками, яка включає:

- «ідентифікацію небезпечних виробничих факторів;
- оцінку ризиків;
- вжиття заходів щодо їх зменшення або усунення;
- систематичний контроль за дотриманням норм безпеки» [47].

Особлива увага приділяється розробці інструкцій з охорони праці, навчанню працівників, проведенню вступного та періодичного інструктажів.

«У виробничих зонах встановлюються вентиляційні системи для відведення вологи та пилу, зокрема від сушильних установок. Освітлення має відповідати нормам, особливо в зонах обслуговування машин та механізмів. Всі приводи та обертові елементи обладнання повинні бути закритими захисними кожухами» [47].

Щодо пожежної безпеки – критично важливим є розміщення вогнегасників, встановлення систем автоматичного виявлення та оповіщення про пожежу,

використання вогнетривких матеріалів у будівництві та обробці приміщень. «Пил з овочевої сировини в поєднанні з високою температурою може утворювати вибухонебезпечне середовище, тому очищення та профілактичне обслуговування мають здійснюватись регулярно» [47].

Працівники повинні бути забезпечені належними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): халатами або комбінезонами з натуральних матеріалів, головними уборами, рукавицями, захисними окулярами та респіраторами при роботі в пилу. «Для працівників, що обслуговують високотемпературні сушарки, потрібні термостійкі рукавички та спецодяг» [47].

Усі працівники підприємства проходять обов'язкові медичні огляди. Важливо забезпечити належний санітарно-гігієнічний режим: гардеробні, душові кабінки, санітарні вузли, кімнати для прийому їжі. Це не лише вимога законодавства, а й чинник, що впливає на загальну культуру виробництва.

Охорона праці – це не лише правила, а й елемент корпоративної культури. Коли працівники усвідомлюють важливість дотримання безпеки, не бояться повідомляти про порушення або потенційні небезпеки, це створює продуктивне середовище. «Ефективною є система заохочення за дотримання норм безпеки, а також запровадження внутрішнього контролю у формі щоденних або щотижневих оглядів» [47].

Після кожного інциденту (навіть якщо він не спричинив травми) проводиться службове розслідування для виявлення причин і впровадження запобіжних заходів. «На основі статистики нещасних випадків та професійних захворювань коригуються технологічні процеси, інструкції та заходи безпеки» [47].

Отже, організація охорони праці на підприємстві з виробництва сушених овочів – це багаторівнева система, яка охоплює всі аспекти діяльності: від матеріально-технічного забезпечення до психологічного клімату. Вона не тільки знижує виробничі ризики, а й сприяє зростанню довіри працівників до керівництва, підвищенню якості продукції та зміцненню репутації підприємства. У сучасних умовах успішне харчове виробництво неможливе без дотримання принципів безпеки, профілактики і постійного вдосконалення культури охорони праці.

4.2 Розробка картки охорони праці

Розробка картки охорони праці для працівників підприємства з виробництва сушених овочів є важливим етапом у створенні безпечних умов праці. Така картка (рис. 4.1) містить стислі, але чіткі інструкції щодо безпечного виконання основних виробничих операцій, з урахуванням специфіки робочого місця. «Документ розробляється індивідуально для кожної професії або виробничої дільниці, враховуючи можливі ризики, що виникають під час контакту з нагрітим обладнанням, гострим інвентарем, підвищеною вологістю та температурою» [47].

№	Пункт картки охорони праці	Значення / Вимога
1	Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)	Захисні рукавиці, фартух, протиковзке взуття, головний убір, захисні окуляри
2	Безпечна експлуатація обладнання	Перед запуском перевірити цілісність електрокабелів та заземлення сушильних апаратів
3	Поведінка при виникненні аварійної ситуації	У разі задимлення – знеструмити обладнання, повідомити керівника, евакуюватися з цеху
4	Санітарно-гігієнічні вимоги	Мити руки перед початком зміни та після перерв, не допускати контакту одягу з продукцією
5	Перша допомога при травмуванні	У разі опіку – охолодити місце під водою, накласти стерильну пов'язку, звернутися до медпункту
6	Умови мікроклімату в робочій зоні	Температура 18–28 °С, відносна вологість 40–60%, швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с
Контакти служб екстреного реагування		101 – ДСНС 102 – Поліція 103 – Екстрена медична допомога 104 – Аварійна служба газу

Рисунок 4.1 – Розроблена картка охорони праці

У картці охорони праці обов'язково фіксуються основні вимоги до користування засобами індивідуального захисту, правила безпечної експлуатації машин і механізмів, а також порядок дій у випадку аварійної ситуації. «Важливим елементом є блок про першу домедичну допомогу при термічних опіках, порізах або ураженні електричним струмом. Картка повинна бути складена простою і зрозумілою мовою, містити візуальні позначення або піктограми для швидкого сприйняття, особливо для працівників з різним рівнем освіти» [47].

Кожен співробітник зобов'язаний ознайомитися з вмістом картки перед початком роботи, поставивши підпис про обізнаність і розуміння правил безпеки. «Регулярна актуалізація карток охорони праці проводиться на підставі змін у технологічних процесах, впровадження нового обладнання або за результатами розслідування нещасних випадків» [47]. Такий підхід дозволяє забезпечити системний контроль за дотриманням вимог безпеки й підвищити загальний рівень трудової дисципліни на підприємстві.

Висновки по розділу.

У результаті аналізу організації охорони праці на підприємстві з виробництва сушених овочів можна зробити висновок, що дотримання вимог безпеки є критично важливим для забезпечення стабільної та безаварійної роботи. Правильно розроблені картки охорони праці, інструктажі, використання засобів індивідуального захисту та контроль за мікрокліматичними умовами дозволяють мінімізувати виробничі ризики, знизити рівень травматизму і забезпечити захист життя та здоров'я працівників.

Особливу увагу слід приділяти профілактиці професійних захворювань, що можуть виникати внаслідок дії високих температур, пилу та тривалого фізичного навантаження. Комплексний підхід до організації охорони праці, включаючи регулярне оновлення нормативної документації, навчання персоналу та впровадження сучасних технічних засобів безпеки, є запорукою ефективного функціонування підприємства та відповідності чинному законодавству України.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження

«До витрат, пов'язаних із виконанням дослідження, належать витрати на основні матеріали, електроенергію, заробітну плату, амортизацію обладнання та накладні витрати» [48].

Розрахунок витрат на основні матеріали, використані під час дослідження, здійснюється за формулою (5.1):

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Розрахунок необхідної кількості матеріалів і їх вартість приводяться в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Морква, кг	15	39,00	585,00
Буряк столовий, кг	15	47,00	705,00
Цибуля біла ріпчаста, кг	15	33,00	495,00
Вода питна, л	10	2,00	20,00
Ємність для НВЧ-печі 1л, шт.	1	40,00	40,00
Ємність для НВЧ-печі 3 л, шт.	1	51,00	51,00
Ємність для НВЧ-печі 5 л, шт.	1	69,00	69,00
Всього			1965,00

«Оплата праці працівників, залучених до проведення дослідження, визначається шляхом множення середньої погодинної заробітної плати на

фактичну кількість відпрацьованих годин» [48]. Розрахункові дані наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньо-місячний заробіток, грн	Середньо-годинний заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	50,00	20	1000
Всього				1000

Нарахування на заробітну плату становлять 22 % єдиного соціального внеску. Відповідно, їх розмір обчислюється як 22 % від загальної суми нарахованої заробітної плати та дорівнює:

$$H = \frac{1000 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначаються по формулі (5.2):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на обладнанні, год;

a – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн/(кВт/год.).

$$E_{\text{конв.суш.}} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 4,32 = 311,04 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{НВЧ.суш.}} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 30 \cdot 4,32 = 174,96 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{комб.суш.}} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 30 \cdot 4,32 = 279,94 \text{ грн;}$$

$$E_{ваг} = 0,8 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 4,32 = 103,68 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати електроенергії становитимуть:

$$E_{заг} = E_{конв.суш.} + E_{НВЧ.суш.} + E_{комб.суш.} + E_{ваг} = 311,04 + 174,96 + 279,94 + 103,68 = 869,62 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання, задіяного під час проведення досліджень, розраховують за такою формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.

Φ – вартість обладнання, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, (місяців, днів);

365 – кількість днів у році.

$$A_{конв.суш.} = \frac{2700 \cdot 20 \cdot 3}{100 \cdot 365} = 4,43 \text{ грн;}$$

$$A_{НВЧ.суш.} = \frac{3800 \cdot 20 \cdot 2}{100 \cdot 365} = 4,16 \text{ грн;}$$

$$A_{комб.суш.} = \frac{12000 \cdot 20 \cdot 2}{100 \cdot 365} = 13,15 \text{ грн;}$$

$$A_{ваг} = \frac{5000 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,71 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Конвективна сушарка	2700,00	20	3	4,43
НВЧ-сушарка	3800,00	20	2	4,16
Комбінована сушарка	12000,00	20	2	13,15
Ваги лабораторні	5000,00	12,5	1	1,71
Всього				23,45

«До накладних витрат належать витрати на опалення, освітлення, вентиляцію, діяльності навчально-допоміжного та адміністративно-управлінського персоналу, а також інші господарсько-експлуатаційні витрати» [48].

Розмір накладних витрат визначається як 80 % від суми нарахованої заробітної плати учасників дослідження.

$$HB = \frac{1000 \cdot 80}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку всіх витрат на проведення досліджень, пов'язаних з виконанням кваліфікаційної роботи зводимо в табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	1965,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	869,62
Амортизація	23,45
Накладні витрати	800,00
Всього	4878,07

З таблиці 5.4 видно, що найбільшу частку витрат під час проведення дослідження технології виробництва сушених овочів, становлять витрати на основні матеріали, які складають 40,2% від загальної суми. Найменші витрати – 0,4% від загальної суми, були пов'язані з амортизацією використаного обладнання.

5.2 Розрахунок ціни дослідження

«Науково-дослідна робота відноситься до фундаментальних досліджень, тому ціна визначається на основі витрат на дослідження та рентабельності, згідно формули (5.4)» [48]:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де $Ц$ – ціна дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

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

$$Ц = 4878,07 + \frac{30 \cdot 4878,07}{100} = 6341,49 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 6341,49 грн.

Висновки по розділу.

Відповідно до плану проведення дослідження було розраховано основні витрати на проведення дослідження та ціну дослідження. Найбільшу частку витрат під час проведення дослідження технології виробництва сушених овочів, становлять витрати на основні матеріали, які складають 40,2% від загальної суми. Найменші витрати – 0,4% від загальної суми, були пов'язані з амортизацією використаного обладнання. Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6341,49 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сушіння є одним із найпоширеніших і ефективних методів консервування плодоовочевої сировини, що дозволяє значно подовжити термін зберігання продуктів, зберігаючи їх харчову цінність і смакові властивості.

Сушені овочі та фрукти займають важливе місце у формуванні асортименту харчових концентратів, що використовуються як у домашньому харчуванні, так і у промисловому виробництві, забезпечуючи різноманітність та зручність у застосуванні.

Вплив способу сушіння на зміну вологості сушених овочів свідчить про те, що оптимальний час сушіння для зразків моркви та буряка при мікрохвильовому і комбінованому нагріві становить 2,5 години, а при конвективному – 5,0 годин. Зниження вологості під час сушіння відбувається поступово, а застосування комбінованого способу сприяє більш рівномірному видаленню води за короткий проміжок часу, що забезпечує кращі фізико-хімічні властивості кінцевого продукту.

Вплив способу сушіння на вміст вітаміну С у сушених овочах демонструє, що найбільша концентрація аскорбінової кислоти досягається при комбінованому способі сушіння. Так, у моркві максимальний вміст вітаміну С після 2,5 годин сушіння становив 39,35 мг%, що більш ніж у три рази перевищує рекомендоване стандартом значення 12,00 мг%. У буряку цей показник досягав 34,75 мг% при комбінованому способі, що перевищує показники окремого конвективного (20,75 мг%) та мікрохвильового (13,00 мг%) сушіння. Найменші втрати вітаміну С спостерігалися також у зразках цибулі, сушених комбінованим способом, що свідчить про ефективність цього методу у збереженні біологічно активних речовин.

Динаміка змін вмісту вітаміну С в овочах вказує на наявність часових рубежів, після яких починається деградація аскорбінової кислоти. Для мікрохвильового та комбінованого сушіння цей час становить 2,5 години, а для конвективного – 5,0 годин. Перевищення цих меж призводить до зниження вмісту

вітаміну С, що пояснюється інтенсивними окислювальними процесами через збільшення поверхні контакту з киснем і структурним ушкодженням продукту.

Вплив способу сушіння на органолептичні показники свідчить про перевагу комбінованого способу. Зразки моркви, буряка та цибулі, висушені комбінованим методом, характеризувалися більш однорідним, яскравим і насиченим кольором, а також оптимальною консистенцією, що включає злегка крихку структуру з тонким поверхневим каркасом. У порівнянні з конвективним та НВЧ способами сушіння, комбінований метод забезпечує найкращі органолептичні властивості, наближаючи продукт до вимог національного стандарту.

Показники розварюваності сушених овочів підтвердили кращу якість структурних характеристик при використанні мікрохвильового способу сушіння. Зразки моркви мали час розварюваності 11 хвилин, буряка – 13 хвилин, а цибулі – 6,5 хвилин, що значно менше у порівнянні з конвективним сушінням. Це пояснюється пористою структурою частинок, що сприяє швидшому проникненню води під час варіння.

Загалом, отримані результати демонструють, що комбінований спосіб сушіння, який поєднує конвективний та мікрохвильовий нагрів, є оптимальним для сушіння овочів з погляду збереження вологи, біологічно активних речовин, органолептичних характеристик та технологічних властивостей. Цей метод дозволяє зменшити час сушіння, зберегти більший вміст вітаміну С (до 39,35 мг% у моркві) і забезпечити високу якість кінцевого продукту, що відповідає національним стандартам сушеної овочевої продукції.

Встановлено, що дотримання вимог безпеки є критично важливим для забезпечення стабільної та безаварійної роботи. Особливу увагу слід приділяти профілактиці професійних захворювань, що можуть виникати внаслідок дії високих температур, пилу та тривалого фізичного навантаження.

Встановлено, що з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6341,49 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Технології сушіння : навч. посібник / В. В. Шутюк, Т. М. Левківська, О. В. Душак, К. В. Рубанка, О. С. Бессараб, С. А. Бут. – Київ : НУХТ ; АртЕк, 2024. – 355 с.
2. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К.: Аграрна освіта, 2014. 393 с.
3. Загальна технологія харчових виробництв [Електронний ресурс]: навч. посібник / А. А. Дубініна, Ю.М. Хацкевич, Т.М. Попова, С.О. Ленерт. Електрон, дані. Х.: ХДУХТ, 2016. 497 с.
4. Технології консервування плодів та овочів [Текст]: підручник/ О.І. Аністратенко, К.В. Калайда, Л.Ю. Матенчук та ін.; за ред. А.Ю.Токар; Уман. нац. ун-т садівництва. Умань: Візаві, 2015. 568 с.
5. Технологія зберігання, консервування та переробки плодів і овочів: підручник для здобувачів вищих навчальних закладів / [К.В. Калайда, Л.Ю. Матенчук, В.М. Найченко, А.Ю. Токар, З.М. Харченко, Н.П. Загорко, М.Є. Сердюк, О.П. Прісс, Л.М. Кюрчева, О.І. Сухаренко, О.І. Аністратенко]. Мелітополь: Видавничополіграфічний центр «Люкс», 2017. 291 с.
6. Ковбаса, В. М. Перспективи розвитку харчових концентратів в Україні / В. М. Ковбаса // Наукові праці ОНАХТ. – 2007. - Вип. 30, Т. 2. - С. 173-175.
7. Льовшина Л.Д. Товарознавство плодоовочевих товарів, пряноароматичних рослин та прянощів: навчальний посібник / Л.Д. Льовшина, В.М. Михайлов, О.В. М'ячиков. Вид. 2-ге К.: Ліра-К, 2016. 388 с.
8. Ростовський В.С. Фізико-хімічні основи технологій харчових виробництв: підручник. Київ: Кондор-Видавництво, 2017. 476 с.
9. Погожих, М. І., Пак А. О. Енергоефективні способи переробки харчової сировини: сушіння плодово-ягідної сировини: навч. посіб.; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2015. 159 с

10. Скалецька Л.Ф., Подпратов Г.І. Біохімічні зміни продукції рослинництва при її зберіганні та переробці: навч. посібник. К.: Видавничий центр НАУ. 2013. 288 с.

11. Теоретичні основи харчових технологій : навч. посіб./ за ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. Харків: НТУ «ХП», 2010. 720 с.

12. Шутюк, В.В. Технологія сушіння плодів і овочів [Текст]: лаб. практикум для студ. напряму підготовки 6.051701 «Харчова технологія і інженерія» ден. та заоч. форм навч./ уклад.: В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, О.В. Бендерська; Нац. ун-т харч. технол. К. : НУХТ, 2016. 34 с.

13. Холобцева І. Технологія харчових концентратів : посібник [Електронний ресурс] / І. Холобцева, викладачка ВСП ; Технологічний коледж ДДАЕУ ; рец. С. Миколенко ; Наук.-метод. центр вищої та фахової передвищої освіти. – К. : НМЦ, 2023. – Режим доступу : https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/hargowi_tehnologii/tehnologiya_harchovuh_koncentrativ/Tehnologiya%20harchovuh%20koncentrativ/Golovna/Golovna.htm ; <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/8405>

14. Концентрати харчові. Напівфабрикати виробів з борошна. Загальні технічні умови: ДСТУ 2900:2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2006.

15. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів. К.: НУХТ, 2003.

16. Берник, І. М., Новгородська, Н. В., Соломон, А. М., Овсієнко, С. М., & Бондар, М. М. (2022). Інноваційні технології харчових виробництв. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір ЮВ 2022. 300 с.

17. Рудавська Г.Б., Тищенко Є.В. Харчові концентрати. – К.: КНТЕУ, 2001. 320 с.

18. Дорохович А.М., Ковбаса В.М., Дорохович В.В. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. Київ : Інкос, 2015. 632 с.

19. Конспект лекцій «Загальні технології харчових виробництв» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» / Трач Л. О.– Гусятин: ГК ТНТУ, 2017. с. 291.

20. Харчові продукти нового покоління / І. М. Зінченко, Т. І. Янюк, В. А. Терлецька, В. М. Ковбаса // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2008. № 25, Ч. 1. С. 83-84.

21. Технологія галузі (харчоконцентратне виробництво) : [Електронний ресурс] : метод. рекомендації до практ. занять для студ. напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. / уклад. В.М. Ковбаса, О.Ю. Мельник, І. М. Зінченко, В. А. Терлецька. — К. : НУХТ, 2013.

22. Концентрати харчові. Солодкі страви желе, муси, пудинги, концентрати молочні. Загальні технічні умови: ДСТУ 3718:2007. – К.: Держспоживстандарт України, 2007.

23. Asar, C.; Dincer, I.; Mujumdar, A. A Comprehensive Review of Recent Advances in Renewable-Based Drying Technologies for a Sustainable Future. Drying Technol. Int. J. 2020, 1–27. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1848858>.

24. Флауменбаум, Б.Л., Безусов А.Т., Сторожук В.М. Фізикохімічні і біологічні основи консервного виробництва. Одеса: Друк, 2006. 400 с.

25. Неміріч, О.В. Наукове обґрунтування та розроблення технологій сушеної харчової продукції та харчових продуктів з її використанням: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.18.16 «Технологія харчової продукції» / Олександра Володимирівна Неміріч; НУХТ. Київ, 2019. 46 с.

26. Ahmed, I., Qazi, I.M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the Preservation of Fruits and Vegetables. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>.

27. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини: навч. посібник / М.І. Погожих, В.О. Потапов, А.О. Пак, М.В. Жеребкін. – Х.: ХДУХТ, 2016. 234 с.

28. Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів / Т.А. Тарасенко, В.В. Євлаш, О.В. Нєміріч, та ін. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. 2015. Т. 17, № 4 (64). С. 146-158.

29. Araújo, A.L.; Pena, R.S. Influence of process conditions on the mass transfer of osmotically dehydrated jambolan fruits. Food Sci. Technol. 2022, 42, e37520.

30. Калина, В. С., Куянов, Ю. Ю., Корсун, О. Ю., & Грабовська, Є. С. (2019). Огляд методів сушки плодовоовочевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*, (19, т. 1), 32-40.

31. Шутюк, В.В. Інженерне моделювання комбінованого сушіння капілярно-пористих продуктів з використання мікрохвильового способу підведення енергії/ В.В. Шутюк, С.М. Василенко, Ю.О. Дашковський// Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. НААН України; Ін-т прод. Ресурсів НААН України. Луцьк: СПД Гадяк Ж.В., 2016. № 7. С. 144–152.

32. Dehydration of Foods (Food Engineering Series) Softcover reprint of hardcover 1st ed. 1996 Edition by Gustavo V. BarbosaCãnovas (Author), Humberto Vega-Mercado.

33. Гойко, І. Ю. Обґрунтування використання рослинної сировини для виробництва кулінарних м'ясо-рослинних напівфабрикатів спеціального дієтичного споживання (для спортсменів) / І. Ю. Гойко, Н. О. Стеценко // Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 18 жовтня 2022 р. – Київ : НУХТ, 2022. – С. 145–148.

34. Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation. Applications in Food Industries. Taylor & Francis. 2019. 336.

35. Comparative Studies on Phytochemical Constituents and antimicrobial Activity on Three Onion Species / I. L. Ibrahim et al. Communication in Physical Sciences. 2021. Vol. 7, no. 4. P. 463–470.

36. Korobka S. Results of research into technological process of fruit drying in the solar dryer / S. Korobka, M. Babych, R. Krygul, A. Zdobytskyj // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. № 1(8). С. 64-73.

37. Скалецька Л. Ф., Завадська О. В., Дяденко Т. В. Якість свіжої та сушеної продукції цибулі ріпчастої (*Allium sera* L.) різних сортів. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2013. № 3(20). С. 37–40. URL: [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3\(20\).2013.58315](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3(20).2013.58315)

38. The Complete Technology Book on Processing, Dehydration, Canning, Preservation of Fruits & Vegetables (Processed Food Industries) 4th Revised Edition Niir project consultancy services. 2019. 608 p.

39. Ying, D., Sanguansri, L., Cheng, L., & Augustin, M.A. NutrientDense Shelf-Stable Vegetable Powders and Extruded Snacks Made from Carrots and Broccoli. Foods, 2021. 10(10), 2298. <https://doi.org/10.3390/foods10102298>

40. Volvach T. S., Savoiskyi O. Y., Sirenko Y. V. Способи сушіння продуктів харчування: переваги, недоліки та тенденції розвитку //Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes. 2024. №. 2 (56). С. 21-26.

41. Шутюк В., Турчин В., Василів В. Вплив способів і технологій сушіння на споживчі якості сушених харчових продуктів //Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. – 2012. – С. 47-47.

42. Ощипок І. М. Енергозбереження в процесі конвективного сушіння фракцій харчових продуктів у вертикальних прямотокових камерах //Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2010. №. 37. С. 136-139.

43. Черевко О. І., Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Шевченко А. О., Дьяков О. Г. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини. У 3 ч.: монографія. Ч.2. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції; за заг. ред. О. І. Черевка, В. М. Михайлова. Харків: ХДУХТ, 2012. 151 с.

44. Avdieieva L. et al. Розпилювальне сушіння яблучно-та ягідно-білкових композицій //European Science. 2023. №. sge22-01. С. 11-24.
45. Якобчук Р. Л., Яровий В. Л. Інертний носій для сушіння харчових продуктів на його поверхні у віброкиплячому шарі //Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. №. 23,№ 1. С. 152-157.
46. Дослідження процесу нвч-сушіння морквяних вичавок при одержанні каротиновмісного збагачувача / І. Ф. Малежик, О. С. Бессараб, Г. М. Бандуренко, Т. М Левківська // Наукові праці ОНАХТ. 2014. Т. 2, № 45. С. 51-55.
47. Охорона праці та цивільний захист : підручн. / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров, В.В. Зацарний, Ю.О. Полукаров, О.В. Землянська за ред. О.Г. Левченка. К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 472.
48. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.