

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"  
на тему:

**Обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з  
перемеленої сировини хурми**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГХТ-1-19  
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

\_\_\_\_\_ Мартела Юрій Демидович  
(прізвище та ініціали)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Куянов Юрій Юрійович  
(прізвище та ініціали)

**Рецензент:** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
технології зберігання і переробки  
сільськогосподарської продукції  
доктор технічних наук, професор  
Чурсінов

Ю.О.

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Мартелі Юрію Демидовичу

1. Тема роботи «Обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми».

Керівник роботи Куянов Юрій Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» вересня 2020 року № 2397.

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи 1 Літературні джерела та періодичні видання.

2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується переробки плодовоовочевої сировини в чіпси. 3 Нормативно-технологічна документація та правила ведення технологічних процесів на підприємствах з виробництва снєків та харчоконцентратів. 4 Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд літературних джерел. 2 Матеріали та методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4. Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях. 5. Організаційно-економічна

частина. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Матеріали і обладнання для проведення досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Аналіз виробничого травматизму на підприємстві. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4, 7	Куянов Ю.Ю., доцент	21.09.20	01.12.20
5	Кравець В.В., доцент	21.09.20	01.12.20
6	Павленко О.С., доцент	21.09.20	01.12.20

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2020 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	21.09-23.09.20	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел	24.09-10.10.20	виконано
3	Матеріали та методи досліджень	11.10-24.10.20	виконано
4	Експериментальна частина	25.10-10.11.20	виконано
5	Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях	11.11-18.11.20	виконано
6	Організаційно-економічна частина	19.11-26.11.20	виконано
7	Загальні висновки та список використаних джерел	27.11-01.12.20	виконано

**Студент**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мартела Ю.Д.

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Куянов Ю.Ю.

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми»

**Дипломна робота магістра:** 93 с., 19 рис., 13 табл., 2 додатка, 102 літературних джерела.

**Об'єкт дослідження:** плоди хурми, перемелена сировина хурми, чіпси з перемеленої сировини хурми.

**Метою роботи** є обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми.

**Методи дослідження:** Визначали кінетику процесу конвективного сушіння та НВЧ-сушіння плодів хурми та перемеленої сировини хурми для отримання плодових чіпсів.

Вміст поліфенольних сполук сировині і чіпсах визначали за загальноприйнятим методом Левенталія-Нейбауера.

Вміст аскорбінової кислоти (вітаміну С) в чіпсах та перемеленій сировині хурми визначали за ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.

Органолептичну оцінку яблучних чіпсів проводили за 48. ГОСТ 8756.1-79. Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей.

В роботі досліджено кінетику процесу НВЧ-сушіння плодової сировини, а зокрема перемеленої сировини хурми з отриманням продовольчих чіпсів. Визначено оптимальні параметри процесу НВЧ-сушіння такої сировини. Досліджено вплив електромагнітного поля надвисокої частоти на вміст поліфенольних сполук в чіпсах з перемеленої сировини хурми та вміст вітаміну С – в сировині та в чіпсах. Проведено органолептичну оцінку отриманих зразків чіпсів з перемеленої сировини хурми в залежності від режиму сушіння.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Плоди хурми, перемелена сировина хурми, чіпси з перемеленої сировини, сушіння, конвективне сушіння надвисокочастотне сушіння, НВЧ-обробка.*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	8
1.1 Характеристика плодів хурми .....	8
1.2 Огляд методів сушіння плодової сировини.....	17
1.3 Характеристика НВЧ-сушіння та його вплив на показники якості сировини.....	30
1.4 Мета і завдання досліджень .....	36
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
2.1 Характеристика сировини .....	38
2.2 Використане обладнання та методика сушіння.....	38
2.3 Методика визначення вмісту поліфенольних сполук .....	40
2.4 Методика визначення вмісту аскорбінової кислоти.....	43
2.5 Методика визначення органолептичних показників плодових чіпсів ..	45
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	47
3.1 Дослідження кінетики сушіння перемеленої сировини хурми .....	47
3.2 Визначення вмісту біологічно-активних речовин в чіпсах з перемелених плодів хурми .....	50
3.2.1 Визначення впливу НВЧ-сушіння на вміст поліфенольних сполук в перемеленій сировині хурми.....	50
3.2.2 Визначення вмісту аскорбінової кислоти в чіпсах з перемеленої сировини хурми .....	51
3.3 Органолептична оцінка чіпсів з перемелених плодів хурми.....	53
3.4 Розробка технологічної схеми виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми.....	56

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	61
4.1 Охорона праці при виготовленні продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми .....	61
4.2 Заходи електробезпеки при виготовленні плодової сировини, що піддається сушінню.....	63
4.3 Розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху з виробництва харчових продуктів .....	65
4.4 Розрахунок блискавкозахисту будівлі .....	70
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	73
5.1 Організація досліджень .....	73
5.1.1. План проведення дослідження.....	73
5.1.3 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження.....	78
5.2 Розрахунок ціни дослідження.....	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

## ВСТУП

Темп життя сучасної людини стрімко прискорюється, зумовлюючи проблеми зі швидкістю та користю харчування. Саме через нестачу часу до раціону людини потрапляють продукти швидкого харчування, зокрема снеки. Яскравим представником такої снекової продукції є чіпси.

Основною сировиною для виробництва чіпсів в усьому світі вважають картоплю. І, дійсно, за статистикою картопляні чіпси займають в середньому 20 % ринку снекової продукції в Україні. Більшу частину картопляних чіпсів виробляють класичним методом обсмажування в великій кількості розігрітої рослинної олії. Даний метод виробництва зумовлює негативну дію картопляних чіпсів на організм людини, серед якої згущення крові, збільшення холестерину в крові, порушення в роботі печінки та нирок. Зважаючи на шкідливий вплив вживання картопляних чіпсів на організм людини, науковці працюють над розробкою нових методів виробництва, удосконаленням технологій, пошуком нової сировини та додаванням нових компонентів до існуючих рецептур. Зокрема, останнім часом широкого поширення набувають чіпси, виготовлені з плодової сировини, такої як: яблука, черешні, хурма.

Плоди хурми – висококалорійний продукт харчування, що володіє найціннішими харчовими, смаковими, дієтичними і лікувальними властивостями, що забезпечує функціональні оздоровчі властивості продуктів їх переробки.

Плодові чіпси виробляються в США, Китаї, Російській Федерації, Таїланді, Сербії, країнах Європи (Польщі, Угорщині та ін.).

В Україні не є поширеними дослідження технологій виготовлення фруктових чіпсів. Опубліковано поодинокі дослідження таких технологій, зокрема дослідження вчених Інституту технічної теплофізики НАНУ.

Для збільшення обсягів виробництва вітчизняної сушеної продукції маються всі підстави: наявність сировинних ресурсів, ефективних технологій і обладнання, що доводить актуальність обраної наукової теми.



## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1 Характеристика плодів хурми

Хурмою називають плоди ряду видів, зазвичай яскраво-помаранчеві великі зі світлою м'якоттю і м'ясисті ягоди. Сорти хурми ділять на дві групи: варіюючі і константні. Варіюючими називають сорти, плоди яких, в залежності від того, як вони утворилися і мають різні споживчі якості, тобто:

– плоди, що утворилися без запліднення і не містять насіння, по дозріванні колір м'якоті не змінюють, а терпкість втрачають тільки після остаточного дозрівання, коли м'якоть вже набуває желеподібну консистенцію.

– плоди тих же сортів, але утворилися після запилення і мають насіння, вже при зніманні мають не терпку м'якоть, а колір м'якоті темніє, аж до темно-коричневого кольору. До цієї групи належать також Корольок, або шоколадні сорти, такі як Хіакуме і Дзендзі-Мару [1-3].

Сьогодні хурма вирощується всюди, де існує теплий клімат, тому крім традиційних видів хурми (близько двохсот) існують і екзотичні. Зокрема хурму вирощують і в Україні. Повідомляється [4], що глобальні зміни клімату дозволяють садівникам області успішно вирощувати такі, здавалося б, примхливі культури, як хурма, кизил, інжир і гранат. Деякі жителі Херсонщини вже можуть похвалитися врожайми цих екзотів. Досить широкого поширення вирощування плодів хурми набуває і в Дніпропетровській області [5,6].

Найбільш поширені види хурми – Віргінська, Кавказька та Східна [7]. Східна масово культивується по світі. Має найбільші та найсмачніші плоди, але морозостійкість найнижча серед інших видів.

Кавказька займає середнє місце по морозостійкості, плоди дуже маленькі, до 2 см. в діаметрі, майже повністю заповнені насінням, до 10 шт. у плоді. Тому не використовується в селекції.

Віргінська, завдячуючи цьому виду, хурма почала просуватися на північ. Плоди у неї смачні та ароматні, у диких форм в середньому 20 г, у сортових бувають і до 80 гр. Ведеться робота по схрещуванні хурми віргінської зі східною, результатом якої з'явилися сорти з великими плодами до 150 г з хорошим рівнем морозостійкості [7-9].

Різновиди плодів хурми розрізняються:

- розміром плода - від малого до середнього або великого;
- формою плода - подовжній перетин: круглі або сплюснуті або плоскі; поперечний переріз: від круглих до чотирикутних і більш або менш борознисті;
- колір шкірки: від світло-жовто-помаранчевої до оранжево-червоної;
- колір м'якоті: від жовтого до червоного [10].

Плоди хурми всіх сортів, з урахуванням спеціальних положень, передбачених для кожного сорту, і дозволених допусків, повинні бути неушкодженими, з невідділеною чашкою, яка може бути з плодоніжкою або без неї, сухою і коричневого кольору [11-13].

При цьому плоди хурми не повинні мати пошкоджень, які негативно впливають на цілісність продукту. Хурма з механічними пошкодженнями, незагоєними ушкодженнями, проколами або тріщинками, що відкривають внутрішню частину плода, не допускається.

На стадіях збуту після збору врожаю, чашечка може бути сухою і жовтувато-коричневого кольору [14].

Плоди хурми мають бути доброякісними, тобто продукт, що піддався гниттю або іншому виду псування, що робить його непридатним до вживання, не допускається. При цьому плоди хурми не повинні бути вражені хворобами (викликаними грибами, бактеріями або вірусами), фізіологічними дефектами або значним псуванням, які помітно позначаються на їх зовнішньому вигляді, споживчій якості або збереженості. Слід відбракувати плоди хурми, вражені псуванням, навіть якщо воно незначне,

але здатне зробити продукт непридатним для споживання по його прибуттю в пункт призначення.

Виключаються плоди хурми з наступними дефектами [10, 12]:

- гниття;
- цвіль;
- сильні сонячні опіки, що негативно впливають на якість м'якоті;
- сильна побитий;
- сильне внутрішнє знебарвлення (це не вважається дефектом в разі сортів, яким притаманний коричневий колір м'якоті).

Пошкодження плодів хурми в результаті переохолодження (пошкодження, викликане низькою температурою) проявляється як скловидність, яка розвивається прямо під шкіркою і прогресує до серцевини, як тільки плід охолоне до навколишньої температури. Шкірочка має блідо-коричневий колір [15].

Плоди хурми мають бути чистими, практично без будь-яких помітних сторонніх речовин. Присутність видимих сторонніх речовин може негативно позначатися на товарному вигляді і привабливості хурми. Таким чином, прийнятна межа "практично без" - для всіх сортів - дуже незначні сліди пилу. Забрудненість або нальоти неорганічних речовин не допускаються. Будь-які нальоти блакитного, зеленого або іншого незвичайного кольору, що свідчать про присутність залишкових пестицидів, не допускаються.

Також плоди хурми мають бути практично без комах-шкідників. Присутність комах може негативно позначитися на товарному вигляді і привабливості хурми. Таким чином, прийнятний межа "практично без" - для всіх категорій якості - окремі випадкові комахи, кліщі або інші шкідники в упаковці або вибірці; присутність колоній комах не допускається.

Плоди хурми не можуть мати сліди пошкоджень комахами-шкідниками та надмірної поверхневої вологості. Це правило застосовується до надмірної вологості, наприклад, води, що накопичилася в упаковці, проте не

відноситься до конденсаційної вологи на продукті після його холодильного зберігання або вивантаження з рефрижераторного транспортного засобу.

Плоди мають бути без будь-якого стороннього запаху і / або присмаку. Такий стан стосується плодів хурми, які зберігаються або перевозяться в незадовільних умовах, в результаті чого вони здобувають не характерні для них запах і / або смак, зокрема, коли вони знаходяться поблизу інших продуктів, які мають різкий запах.

Ступінь розвитку і стан хурми має бути такими, щоб продукт міг [10]:

- витримувати перевезення, навантаження і розвантаження;
- доставлятися в місце призначення в задовільному стані.

Хурма має мати достатній ступінь розвитку і виглядати достатньо стиглою. Ступінь розвитку і зрілість хурми повинні бути такими, щоб вона могла продовжити процес дозрівання і досягти необхідного ступеня стиглості з урахуванням характеристик сорту. При цьому форма, розмір і колір поверхні повідомляють інформацію про ступінь зрілості конкретної різновиди.

Щонайменше нижня одна третина плоду повинна бути жовтого кольору або забарвлення повинно змінюватися. Будучи зібраними, плоди хурми продовжують дозрівання, при умови, що плоди досягли такого ступеня стиглості, який забезпечує належне завершення процесу дозрівання і досягнення нормального смаку і запаху.

Плоди хурми поділяються на три сорти, визначені нижче [10].

Вищий сорт. Плоди хурми цього сорту повинні бути вищої якості. Плоди хурми повинні мати характерні ознаки свого сорту. М'якоть повинна бути доброякісною. Чашечка повинна бути непошкодженою. Хурма не повинна мати дефектів, за винятком дуже незначних поверхневих дефектів, за умови, що вони не впливають на зовнішній вигляд, якість, збереженість і товарний вигляд продукту в упаковці. Зміна забарвлення в міру дозрівання хурми не рахується дефектом забарвлення. Плоди вищого сорту в упаковці повинні бути однорідними за кольором. Темно-червоне забарвлення

маточного кінця твердостиглого плоду не є дефектом за умови, що він є твердим.

Перший сорт. Хурма цього сорту повинна бути хорошої якості. Плоди хурми повинні мати характерні ознаки своєї різновиди. М'якоть повинна бути доброякісною. Однак можуть допускатися такі незначні дефекти при умові, що вони не впливають на загальний зовнішній вигляд, якість, збереженість і товарний вигляд продукту в упаковці [10]:

- незначні дефекти форми;
- незначні дефекти забарвлення, викликані впливом сонячних променів, що не перевищують 1/8 загальної площі поверхні плоду (зміна забарвлення в міру дозрівання хурми не рахується дефектом забарвлення. Дефекти забарвлення, викликані впливом сонячних променів, негативно впливають на якість м'якоті, не допускаються);
- незначні дефекти шкірки, що не перевищують відстань між маточним кінцем і чашкою в тому випадку, якщо тонкі смуги спускаються вниз від зони чашечки; 1/16 загальної площі поверхні в разі інших дефектів.
- злегка побиті сукупною площею не більше 2 см<sup>2</sup>.
- допускається в дозволених межах незначне пошкодження чашечки та незначне внутрішнє знебарвлення, що не перевищує 1/3 загальної площі поперечного розрізу плоду (внутрішнє знебарвлення може бути викликано неналежним поводженням при навантаженні-розвантаженні).

Другий сорт. До цього сорту відносяться плоди хурми, які не можуть бути віднесені до більш високих сортів, але відповідають мінімальним вимогам, перерахованим вище. Хурма цього сорту повинна бути прийнятної якості і придатною для вживання людиною. М'якоть не повинна мати значних дефектів. Можуть допускатися наступні дефекти за умови, що плоди хурми зберігають властиві їм характерні ознаки якості, збереженість і товарний вигляд:

- дефекти форми;

- дефекти забарвлення, викликані впливом сонячних променів, що не перевищують 1/4 загальної площі поверхні плоду (зміна забарвлення в міру дозрівання хурми не рахується дефектом забарвлення.);

- дефекти шкірки, що не перевищують в два рази відстань між маточним кінцем і чашкою в разі смуг, що спускаються вниз від зони чашечки; 1/8 загальної площі поверхні в разі інших дефектів шкірки;

- легка побитими, сукупною площею не більше 3 см<sup>2</sup>;

- з пошкодженням чашечки;

- з незначним внутрішнім знебарвленням, що не перевищує 1/2 загальної площі поперечного перерізу плоду.

Калібрування плодів хурми проводиться по діаметру максимального поперечного перерізу, по вазі плодів або за кількістю плодів на упаковку.

Мінімальний розмір повинен складати [10-13, 16]:

а) в разі плодів хурми, калібрування яких проводиться за діаметру: 40 мм;

б) в разі плодів хурми, калібрування яких проводиться за вагою: 50 г;

в) в разі плодів хурми, калібрування яких проводиться за кількістю: 40 мм або 50 г.

Для забезпечення однорідності за розміром, різниця в розмірі між плодами в одній і тій же упаковці не повинна перевищувати 20 мм [16].

Плоди хурми - висококалорійний продукт харчування, що володіє найціннішими харчовими, смаковими, дієтичними і лікувальними властивостями. Як і для інших культур, хімічний склад хурми, навіть одного сорту, залежить від району зростання, кліматичних умов, року і інших факторів (наприклад, ступінь зрілості плодів).

Відомо, що всі сорти хурми відрізняються великою кількістю цукрів, серед яких переважають легко засвоювані прості - фруктоза і глюкоза. Сахарози в хурмі мало, тому її плоди є дієтичними. Вміст цукрів в плодах досліджених сортів склало 16,2; 17,8; 18,2% (табл.1) [17-19].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад плодів хурми різних сортів

Компонент	Сорт		
	Зенджи-Мару	Хіакуме	Хачія
Цукри, %	16,2	17,8	18,2
Дубильні речовини, %	1,16	0,97	1,35
Пектинові речовини, %	1,24	1,33	1,56
Вітамін С, мг/100 г	13,8	14,5	12,1

Титрованих кислоти в плодах хурми варіювали в межах від 0,79 (сорт Хачія) до 1,03 г/дм<sup>3</sup> (Сорт Дзендзі-Мару) [17].

З фітохімічних сполук особливу значимість представляють дубильні речовини. Смакові якості і особливості культури хурми визначаються вмістом дубильних речовин в свіжих і перероблених плодах. Терпкий смак плодів обумовлюється сумарним вмістом в них дубильних речовин.

Найбільш забезпечена дубильними сполуками виявилася хурма сорту Хачія - 1,35% [18]. Як зазначено в основах раціонального харчування, в добовому раціоні людини вміст пектинових речовин має становити 5 - 6 м. Вони мають желеобразуючі і протекторними властивостями. Найбільша кількість пектинових речовин (1,56%) виявлено в плодах сорту Хачія [19, 20].

Біологічна цінність плодів хурми в значній мірі обумовлюється наявністю вітаміну С - сильного антиоксиданту. Кількість його, в досліджених генотипах [20] виявилось таким, що при регулярному включенні в раціон плодів Хачії, Хіакуме і Дзендзі-Мару можна заповнювати добову потребу у вітаміні С дорослої людини (50 - 100 мг на добу) [21]. Це важливо, тому що недостатнє задоволення у вітаміні С відчуває 50% населення України [22]. Найбільш багатими вітаміном С виявилися плоди сорту Хіакуме - 14,5 мг% [18].

Хімічні аналізи хурми сортів Хачія і Джиро [23] показали, що вміст вітаміну С коливається в межах від 0,50 до 42 мг%. Вміст загального цукру

від 12,8 до 22%, пектинових речовин від 0,24 до 0,20% (сирого ваги), кислот до 0,03%.

Вченими [24] дослідження мінерального складу плодів досліджуваних сортів хурми на предмет наявності калію, кальцію, натрію, фосфору, магнію, заліза, цинку і йоду (табл. 1.2). Вивчені сорти відрізняються один від одного здатністю накопичувати в плодах ці біогенні речовини.

Аналізи показали, що найбільш багаті макроелементами плоди Хіакуме - 466,8мг%, а мікроелементами плоди Дзендзі-Мару - 837,2 мг /100 г. Сорт Хіакуме лідирував по вмісту калію і натрію, Дзендзі-Мару - магнію, заліза і цинку, а Хачіа - фосфору і йоду [24].

Таблиця 1.2 – Вміст макроелементів в плодах хурми

Сорта хурми	Масова концентрація, мг/100г				
	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P <sup>5+</sup>
Зенджи-Мару	185,0	15,2	129,2	87,1	38,3
Хіакуме	248,4	21,5	101,7	54,2	41,0
Хачіа	223,1	17,8	115,3	62,6	46,5

Наявність калію, натрію, кальцію, магнію і фосфору, є важливим показником поживної цінності хурми. Калій, натрій, магній і фосфор містяться в плодах у вигляді солей неорганічних кислот, кальцій в водорозчинній, кислоторозчинній і адсорбційній формах. Калій і натрій активно впливають на процеси водносолевого обміну. Кальцій бере участь у здійсненні процесів нервовій збудливості, м'язового скорочення, згортання крові, а головне у формуванні кісткової тканини [25, 26].

За дослідженнями [27] плоди всіх досліджених сортів виявилися багатими калієм (185,0 -248,4 мг / 100 г) і кальцієм (101,7 - 129,2 мг / 100 г).

Відомо, що продукти рослинного походження багаті магнієм і часто забезпечують 2/3 надходження його з їжею [28]. Магній є кофактором ряду найважливіших ферментів вуглеводно-фосфорного і енергетичного обміну.



Визначено, що за кількістю цього макроелементи (52,2 - 87,1 мг / 100 г) досліджені сорти поступаються лише кавуну, в якому в середньому міститься 200 мг / 100 г магнію (табл. 1.2) [24]. Фосфор відіграє істотну роль в роботі нервової системи і в генетичних процесах, а також в біосинтез білка і перетворенні клітин. Рекомендована норма споживання фосфору для дорослої людини складає близько 1200 мг на добу [29]. У свіжих плодах дослідженої хурми фосфору містилося від 38,3 (Дзендзі-Мару) до 46,5 мг / 100 г (Хачіа) [24].

Мікроелементи залізо і цинк, присутні в плодах хурми у всіх вивчених сортах (табл. 1.3) здатні утворювати комплекси з відповідними групами речовин (лігандами), що збільшує їх можливість брати участь в якості специфічних каталізаторів найважливіших процесів метаболізму.

Таблиця 1.3 – Вміст мікроелементів в плодах хурми

Макроелементи, мкг/100 г	Сорт		
	Зенджи-Мару	Хіакуме	Хачіа
Железо	730,3	682,5	663,6
Цинк	87,2	75,7	79,3
Йод	1,97	2,04	2,11

Найбільша кількість заліза було виявлено в свіжих плодах сорту Дзендзі-Мару - 730,3 мкг / 100 г. За рівнем накопичення цього елемента за Дзендзі-Мару слідував сорт Хачіа, а за ним Хіакуме. У Дзендзі-Мару відзначена і найбільш висока концентрація цинку - 87,2 мкг / 100 г [24].

Відомо, що плоди хурми за ступенем накопичення йоду поступаються тільки плодам фейхоа [30-34]. Йод бере участь в утворенні тироксину і регуляції обміну речовин. Потреба дорослої людини в йоді становить на добу 0,1 - 0,2 мг [31]. Ефективним способом оптимізації забезпеченості організму йодом є вживання продуктів, багатих цим мікроелементом [33]. За

дослідженнями [32] свіжих плодах хурми сорту Хачіа містилося, в порівнянні з іншими генотипами значна кількість йоду - 2,11 мкг / 100 г.

Отже, плоди хурми володіють достатньо великою кількістю цінних поживних речовин, мікро- та макроелементів, що робить їх чудовою сировиною для виробництва нових видів продукції функціонального призначення, зокрема чіпсів. Також потрібно відмітити високий вміст вітаміну С в плодах хурми, який є найбільш термолабільним вітаміном, тому доцільним є контроль його вмісту при сушінні плодів хурми.

## 1.2 Огляд методів сушіння плодової сировини

Дослідження останніх років спрямовані на удосконалення методів сушіння, що забезпечують високу інтенсивність процесу при максимальному збереженні харчової цінності і смакових якостей продукту. Розвиток нових методів сушіння зерняткових плодів іде по різних напрямках: використання енергії електричного поля високої частоти, збільшення поверхні контакту між сушильним агентом і продуктом що висушується, застосування комбінованого енергопривода і т.д.

Муґумдар [35] класифікував промислові сушарки на різні категорії за різноманітними критеріями. Варто сказати, що вибір сушарок для фруктів обмежений головним чином здатністю сушарки обробляти матеріал фізично, при цьому вибір умов експлуатації визначається теплової чутливістю матеріалу. Муґумдар та ін. [35, 36, 37] обговорювали останні розробки та інновації в галузі сушіння, де визначено, що сушарки класифікуються на чотири категорії, а саме за методом сушіння, середовищем сушіння, способом обробки речовин та режимом подачі тепла. Наприклад, вакуумне сушіння та псевдозріджений шар забезпечує сушіння з псевдозрідженим шаром низького тиску. Муґумдар [37] заявив, що в літературі цитується більше 400 сушарок, і на практиці зазвичай зустрічається близько 50 сушарок.

В даний час більшість зневоднених плодів виробляється методом сушіння на повітрі, який є найпростішим та найбільш економним серед різних методів. Сушарки, які зазвичай використовують для сушіння шматочків фруктів, - це шафа, піч, тунель, стрічковий жолоб, пневматичні та конвеєрні сушарки. Попередня обробка може бути використана для зменшення початкового вмісту води в плодах або для модифікації тканинної структури плодів таким чином, щоб збільшилась ефективна дифузійність води [38-40].

На сьогодні існує велика кількість різних технологій сушіння (зневоднення): природне сушіння [41], аераційне [42-44], конвективне [45,46], сушіння в псевдокиплячому шарі [47-49], інфрачервоне сушіння [50,51], мікрохвильове [52-54], сублімаційне сушіння [55]

Способи сушки розрізняються організацією процесу відбирання вологи від матеріалу і характеризуються використанням одного або декількох процесів, що визначають всю специфіку сушіння. Найбільш поширені такі способи сушки:

- природна - конвективна (при вимушеному русі повітря відносно сировини, що висушується);
  - сушка дрібних крапель продукту, що розпилюється в високотемпературному газовому середовищі (розпилювальна);
  - сушка високов'язких продуктів на металевих поверхнях (вальцева);
  - сушка спіненого продукту;
  - вакуумна або сублімаційна;
  - аерофонтанна (пневматична);
  - терморadiaційна з нагріванням продукту інфрачервоними променями;
- сушка з нагріванням в полі струмів високої частоти і ін.

Природна сушка застосовується в сприятливих кліматичних умовах і передбачає розкладання висушуваних продуктів на спеціальних щитах або сітках на відкритому повітрі.

У патенті [56] пропонується геліосушарка для сушки фруктів і овочів з метою їх тривалого зберігання без втрати якості продукту. Вона може бути використана в сільськогосподарському виробництві, харчовій промисловості та інших суміжних галузях промисловості. Сушарка включає лотки в рамах з осередками для їх щільною установки. Над кожним лотком прикріплена відкидна кришка, виконана у вигляді рами з укріпленням на ній світлопроникним матеріалом. До днища лотків прикріплені контейнери, заповнені теплоакumuлюючим матеріалом. Один з торців сушарки відкритий, а інший з'єднано з трубою, встановленої вертикально.

Розпилювальне сушіння використовує швидке випаровування розпорошених рідких продуктів в нагрітих середовищах. Велика площа поверхні розпилювання продукту забезпечує інтенсивну тепловіддачу до нього і, як наслідок, малу тривалість сушіння (1 - 10с). У розпилювальних сушарках можуть переважати один з двох видів теплопередачі - конвекція або радіація, хоча в загальному випадку вони обидва мають місце.

Розпилювальна сушка застосовується для отримання порошкових продуктів з соків, гідролізованого крохмалю, бурякового соку і ін [48]. При отриманні сухих фруктових і овочевих соків необхідно збереження їх ароматів. Сушарки, які реалізують ці процеси, створюються зі зменшеною температурою випарювання рідини. Це часто спричиняє необхідність створення вакууму в сушильній камері, що ще більше ускладнює обладнання.

Вальцова сушка полягає в нанесенні тонкого шару висушеного продукту на поверхню циліндричних підігрітих вальців (рис.1.1). Цей шар висихає за 40 - 60 с, після чого його тонкі сухі пластівці зіскоблювати ножем. Варто зазначити, що кондуктивне сушіння для зневоднювання плодової сировини також не знайшло широкого застосування [48, 49].

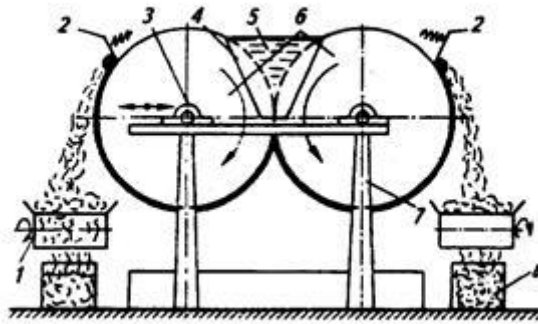


Рисунок 1.1 – Схема вальцевої сушарки: 1 - транспортер для сухого продукту; 2 - ножі; 3 - підшипникова опора; 4 - щок-обмежувачі; 5 - продукт; 6 - вальці; 7 - каркас; 8 - збірник сухого продукту

Це пов'язане з низькою якістю одержуваного готового продукту в результаті пригорання його до нагріваючої поверхні, і зі значними змінами структури м'якоті – яблука темніють (має місце обуглювання скиб), їхня м'якість набуває клейстероподібний стан. Крім цього, у результаті пригорання продукту відбувається забруднення поверхні теплопередачі, що приводить до зниження інтенсивності процесу сушіння.

Вакуумне сушіння здійснюється при зниженому тиску, що дозволяє істотно знизити температуру висушування. У США виробляють зневоднені плоди вологістю до 3 % у вакуумі і сублимаційних сушарках, а також плодів пластівці [57]. Головний недолік сублимаційного сушіння плодів – погана теплопровідність і значний дифузійний опір їх пористої структури, із чим зв'язаний тривалий час сушіння, а також підвищена собівартість готової продукції.

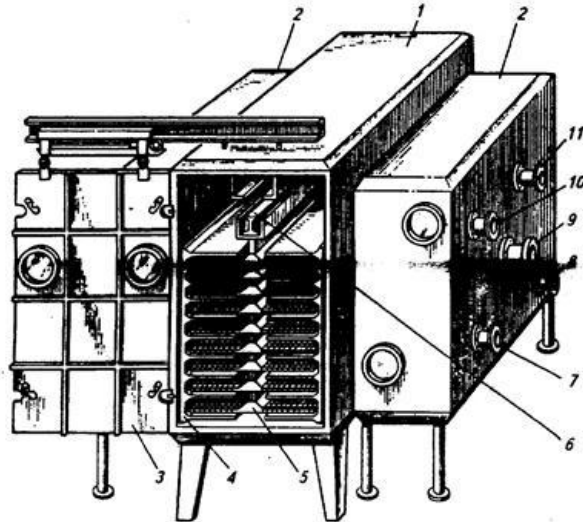


Рисунок 1.2 – Схема сублимаційної сушарки УСС-250:1 - сублиматор;  
 2 - десублиматори; 3 - кришка апарату; 4 - електричний нагрівач;  
 5 - візок з продуктом; 6 - монорельс; 7 і 8 - патрубки для подачі аміаку;  
 9 - патрубки до вакуумнасоса; 10 і 11 - патрубки для відводу аміаку

У патенті [58] описана лінія для сушіння плодів і ягід, що характеризується тим, що містить послідовно встановлені по ходу технологічного процесу інспекційний стіл або транспортер, мийну машину або ванну, мікрохвильову вакуумну установку, інспекційний стіл і фасувально-укупорочний автомат.

У патенті [59] описується спосіб отримання сухого соку шляхом видалення вологи в вакуумі. Спосіб включає в себе нагрів натурального соку, випаровування, відведення і конденсації пари, видалення конденсату і перемішування соку. Отриманий після закінчення випарювання пастоподібний сік протягом чотирьох днів досушують при атмосферному тиску і температурі, що не перевищує  $50^{\circ}\text{C}$ . до досягнення в'язкості, достатньою для здійснення екструзії. Потім отриманий гранульований сік сушать протягом трьох днів при температурі, що не більше  $50^{\circ}\text{C}$ , до досягнення вологості 11% і подрібнюють. Це забезпечує зниження діапазону

зміни температури при переробці натурального соку в 5,2 рази і пропорційне зниження витрат електроенергії на отримання сухого соку.

Експлозійна або вибухова сушка відрізняється використанням явища теплового шоку [49]. Полягає у вскипанні води в усьому її обсязі в результаті різкого зниження тиску в навколишньому середовищі. При цьому вода, що міститься в висушуваному матеріалі і підігріта до температури, близької до кипіння, при зниженні зовнішнього тиску виявляється перегрітою і закипає. В результаті внутрішня структура матеріалу руйнується і стає як би спіненою (повітряною). Такий матеріал легко висушується. Експлозія можлива як при переході від підвищеного тиску до атмосферного (при цьому початкова температура матеріалу перевищує 100 °С), так і при переході від атмосферного тиску до вакууму. У другому випадку процес відбувається при більш низьких температурах [48, 49].

Дослідженням можливості сушіння овочів і фруктів перегрітою парою займався Б.В. Зозулевич [60]. Овочі і плоди в середовищі перегрітої пари зазнають меншої усадки, краще зберігають поживні водорозчинні речовини і вітаміни. Однак результати проведених досліджень показали, що не всі види сировини можна сушити перегрітою парою, при сушінні яблук, груш і слив плоди розтріскувалися, сік випливав, м'якоть здувалася і кипіла разом із соком. Усе це приводило до різкого погіршення якості сушеного продукту.

Також відомий спосіб приготування чіпсів із плодів, який являють собою безперервний економічний спосіб приготування сухих хрустких плодівих або овочевих чіпсів. Плоди або городину нарізають скибочками, укладають товщиною в один шар і швидко обробляють водним 30 – 50 %-вим розчином цукру, 0,02 – 1 %-вим розчином реагенту для запобігання забарвлення в коричневий колір 0,1 – 2,5 %-вим розчином кислоти. Титрувальна кислотність доводиться потім 0, 1-м розчином NaOH до початкової. Скибочки потім висушують до вологості 3 – 5 %. Водяні розчини при обробці наносять розбризкуванням. Із цукрів використовують сахарозу, кукурудзяний сироп, глюкозу. Реагенти, що запобігають забарвленню в

коричневий колір,  $\text{KHSO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ . З кислот застосовують лимонну, яблучну, аскорбінову та інші [61].

Сушіння в киплячому шарі і аерофонтанне (пневматичне) сушіння створюються при продуванні повітря крізь шар сипучого матеріалу від низу до верху. В обох випадках явище принципово одне і те ж, але при пневматичному сушінні швидкість повітря вище і відстань між частинками висушуваного матеріалу більше. Киплячий (псевдозріджений) шар реалізується при швидкостях повітряного потоку 1 - 5 м / с; для аерофонтанної сушки його швидкість збільшується до 12 - 14 м / с. [62].

Конвективне сушіння плодів і овочів в конвеєрних або камерних сушарках гарячим повітрям використовує вимушений рух підігрітого повітря щодо шару висушуваного продукту. Швидкість вимушеної конвекції 1 ... 5 м/с.

Д.С. Ізбасаров і ін. [63] запропонували тріступеневий режим сушіння яблук: в першій зоні температура повітря підтримується на рівні 80-90 ° С, у другій - 60-70 ° С, у третій - 15-20 ° С. Швидкість руху повітря всередині зон сушарки становить 2-2,5 м/с і визначається конструкцією сушарки.

С.Т. Kiranoudis і ін. [64] вивчали кінетику конвективного сушіння цибулі і перцю солодкого і прийшли до висновку, що швидкість процесу сушіння в найбільшою мірою залежить від розміру шматочків овочів і температури повітря. Вологість і швидкість повітря майже не впливали на швидкість сушіння. Висушування дрібних шматочків при більш високій температурі відбувалося швидше [65].

У західних країнах для сушіння рослинної сировини використовується велика гамма конвеєрних сушарок. Фірма «Hans Binder Maschinenfabric» (ФРН) [66] випускає конвеєрні сушарки IBM з п'ятьма стрічками (рис. 1.3) для сушки плодів і овочів.





Рисунок 1.3 – Стрічкова сушарка фірми «Hans Binder Maschinenfabric»

Сушильний агент нагрівається в спеціальному пристрої, де спалюється рідке паливо або газ. Залежно від режиму сушіння кількість повітря, що подається під кожну стрічку регулюється. Відпрацьоване повітря видаляється зверху сушарки відцентровим вентилятором. Швидкість стрічок регулюється безступінчатими варіаторами. Продуктивність сушарки можна змінити від 3,5 до 35 тон сировини на добу, тривалість сушки - від 1,5 до 9 год.

У Франції пропонуються різні варіанти конвеєрних сушильних установок, призначених для сушіння фруктів. Так в [115, 116] описана трьохярусна стрічкова сушарка (рис.1.4). Відмінною особливістю даної сушарки є наявність системи природної вентиляції, в якій швидкісні потоки нагрітого газу посилюються спеціальними осьовими вентиляторами.

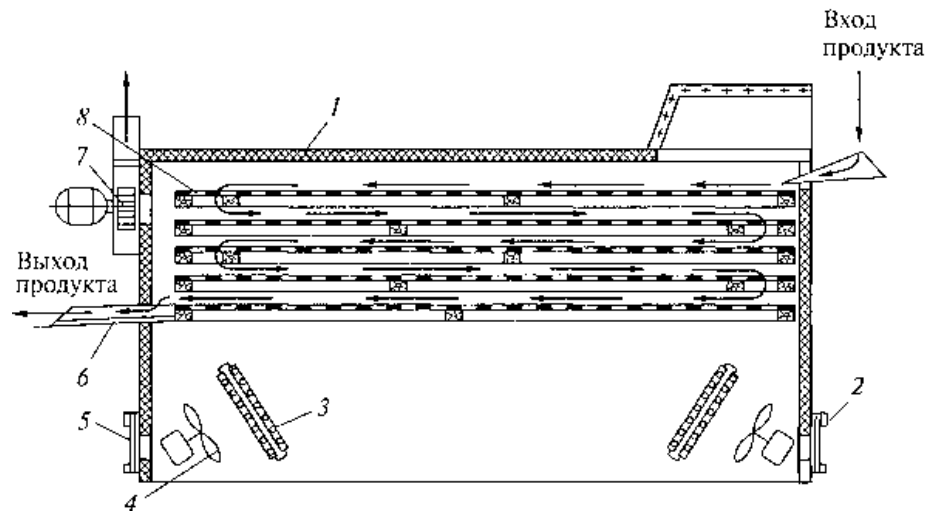


Рисунок 1.4 – Схема трьохярусної стрічкової сушарки

З метою зменшення використання робочих площ представлена шестиярусний льон-точна сушарка з використанням осцилюючого режиму конвекції по всій довжині кожного з конвеєра. Це досягається зонним розташуванням нагрівних пристроїв під робочою стрічкою конвеєра.

У патенті RU 2416063 С1 [69] описана конвективна сушарка (рис. 1.5) для сипучих продуктів і може бути використано для виробництва сушених фруктів і овочів. У сушарці, що містить корпус, транспортер з перфорованої стрічкою, пристрою для підведення і відведення теплоносія, завантажувальний і розвантажувальний пристрою, новим є то, що в бічних стінках корпусу розташовані горизонтальні паралельні пази з розташованими в них ланцюговими транспортерами, до яких з певним кроком шарнірно за допомогою осей кріпляться сітчасті пластини, на початку на бічних стінках корпусу також встановлено верхня і нижня направляючі, що сходяться по плавній траєкторії і контактують з горизонтальним пазом для переміщення сітчастих пластин з вертикального положення в горизонтальне, на верхній, робочій гілці ланцюгових транспортерів над сітчастими пластинами розміщені ворошителя, що представляють собою похилі лопатки клиноподібної форми, встановлені в два послідовно розташованих ряду, за лопатками встановлений вирівнювач висоти шару оброблюваного продукту.

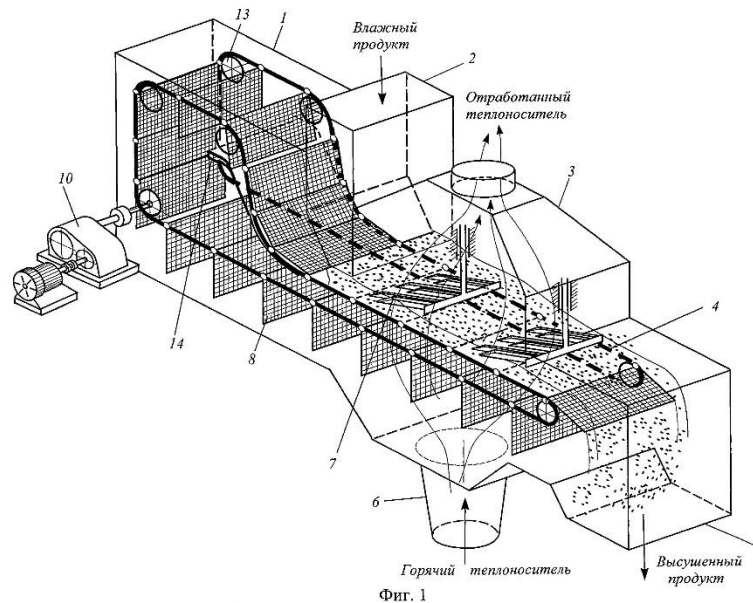


Рисунок 1.5 – Конвективна сушарка для сипких продуктів

Винахід має забезпечити підвищення експлуатаційної надійності, зниження високих енерговитрат [5].

Стрічкові конвеєрні сушильні установки забезпечують безперервність процесу сушіння і знижують витрати ручної праці на їх обслуговування. Однак, незважаючи на ряд переваг, вони мають істотні недоліки: обмежена швидкість і нерівномірний розподіл повітря призводить до нерівномірного розподілу теплоти і вологи, до можливих місцевим перегрівів матеріалу. Тому температура нагрітого повітря при сушінні рослинної сировини, на цих установках не повинна перевищувати 80 °С через можливе підгорання продукту. Це, в свою чергу, змушує працювати на малих питомих навантаженнях матеріалу: від 5 до 16 кг/м<sup>2</sup>, що знижує продуктивність сушильної установки.

З метою інтенсифікації процесу сушіння і максимального збереження первинних якісних показників плодів слід зруйнувати зовнішній шар оболонки плода. Дослідження показали, що при температурі сушильного агенту 80 °С забезпечується хороше збереження кольору плодів, і зміст вітаміну С. З ростом температури до 100 °С процес інтенсифікується. При

цьому вміст аскорбінової кислоти залишається на колишньому рівні, зате відзначено зміна кольору - плоди темніють [70-72].

Як зазначає А.С. Гінзбург [53], каскадний рух продукту в зоні сушіння дозволяє інтенсифікувати процес тепло- і масообміну за рахунок перелопачування продукту.

Інфрачервоне сушіння і сушіння в полі струмів високої частоти відрізняються тільки відповідним способом підведення теплоти. Організація сушильного процесу в цілому може бути будь-якою із зазначених вище. Устаткування для сушіння виготовляють багато підприємств, зокрема, фірма «Феруза» (рис. 1.6).

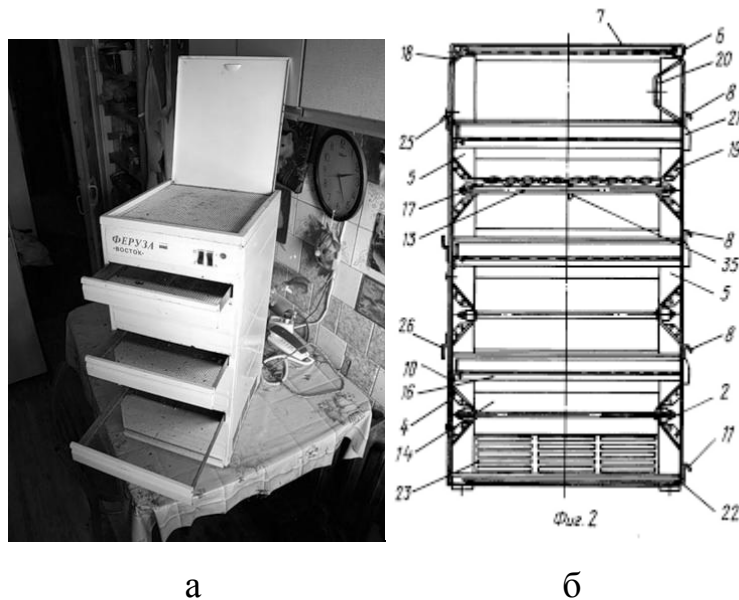


Рисунок 1.6 – ІЧ-сушарка фірми «Феруза»: а – загальний вигляд, б – схема роботи

У патенті Григор'єва описується спосіб імпульсної інфрачервоного сушіння різних с.г. культур, нарізаних фруктів і овочів, чаю, овочевої зелені, лікарських трав, мікробіологічних матеріалів і т.д. Сушка проводиться в сушильній камері в імпульсному режимі «нагрів-охолодження», при цьому нагрів здійснюють ІЧ-променями з довжиною хвилі в діапазоні 0,8-10 мкм, а контроль температури матеріалу здійснюється за допомогою оптичного пірометра, який сигналом на блок управління автоматично включає і відключає ІЧ випромінювачі. Сушка ведеться з безперервною вентиляцією

шару матеріалу, що висушується, при цьому максимальна температура матеріалу на стадії ІЧ-нагріву з-ставлять 40-60 ° С, а мінімальна на стадії охолодження - 25-35 ° С [43].

Також відомий спосіб [74] сушіння високовологих матеріалів рослинного і тваринного походження: овочів, фруктів, овочевої зелені і лікарських трав, м'яса, риби, із застосуванням нагріву ІЧ-випромінювачами в імпульсному режимі «нагрів-охолодження». Спосіб сушіння високовологих матеріалів передбачає підготовку сировини шляхом миття, подрібнення, формування її шару шляхом розкладання на піддоні і подальшого опромінення ІЧ-променями до заданої вологості, відповідно до винаходу сушку ведуть в сушильній камері в імпульсному режимі «нагрів-охолодження», при цьому нагрів здійснюють ІЧ-променями з довжиною хвилі в діапазоні 1,2-10 мкм з щільністю потоку 6-15 кВт / м<sup>2</sup> протягом 3-11 с до досягнення граничної температури в камері 55-60 ° С, а охолодження ведуть протягом 9,0-33,0 с до досягнення температури в камері, яка дорівнює 45-50 ° С.

У Київському технологічному інституті харчової промисловості В.П. Дущенко і Г.П. Ганя досліджували процес сушіння яблук ІЧ-випромінюванням у комбінації із сопловим обдувом. Результати проведених досліджень свідчать, що застосування чистого ІЧ-випромінювання не дає позитивного ефекту, тому що при відстані від поверхні продукту до випромінювачів менше 280 – 300 мм, які забезпечують значну інтенсифікацію сушіння, продукт підгорав [75].

А.Н. Ангерсбахом [76] були досліджені можливості використання енергії інфрачервоного випромінювання. У якості об'єкта досліджень були обрані різані яблука, груші і айва, які після обробки ІЧ-випромінюванням піддавали сушінню. За результатами роботи встановлено, що загальний час сушіння плодів, що пройшли зону ІЧ-випромінювання, зменшується на 30 % у порівнянні з сушінням неопрацьованого продукту. Результати були отримані тільки для малих висот шару продукту – 10 мм. Тому, установки по

реалізації даного способу обробки яблук ІЧ-випромінюванням повинні мати більші габарити при низькій продуктивності, що знижує їхню економічну ефективність при використанні в промислових умовах для випуску більших об'ємів сушеної продукції.

Протягом останніх десятиліть постає проблема створення енергоефективних методів сушіння харчової сировини. Нові технології та обладнання мають бути спроектовані відповідно до сучасної екологічної та енергетичної політики щодо збереження енергоресурсів. Крім того, завдяки глобалізації та розширенню ринку, якість продукції, виробленої за новою технологією, повинна відповідати вподобанням широкого споживача [35].

Сушіння є однією з найбільш енергоємних операцій, яка становить до 15% усіх видів промислового використання енергії [77]. У багатьох промислових процесах сушіння велика частка енергії витрачається мало- або неефективно [78].

З 1980-х років, окрім подорожчання енергоносіїв, законодавство про забруднення, умови праці та вимоги безпеки стали жорсткішими. Щоб задовольнити ці вимоги та оптимізувати енергоспоживання, нові технології в способі сушіння та дизайн сушарок користувався попитом [79].

Тому управління енергією є важливою частиною сушіння процес та ефективне енергозбереження суттєво сприяє до загальної експлуатаційної вартості.

Сушіння в електричному полі струмів високої частоти відрізняється від інших способів сушіння тим, що теплова енергія перетворюється з енергії електромагнітного поля усередині самого матеріалу [80]. Для сушіння матеріалів високого вологовмісту, до яких відносяться яблука використання тільки електромагнітного впливу не доцільно головним чином, з міркувань економічності.

Найбільше застосування при виробництві збездженої плодової сировини знайшов конвективний метод сушіння. Використання нагрітого повітря як сушильного агента, обумовлює порівняно просту і надійну

конструкцію конвективних сушарок [28]. Однак даний спосіб має ряд недоліків: більша тривалість процесу, високі енерговитрати, нерівномірність вологовиділення з оброблюваного матеріалу і зниженні харчової цінності в наслідок окиснення речовин яблук. Дані недоліки можливо нейтралізувати при використанні НВЧ-сушіння.

### 1.3 Характеристика НВЧ-сушіння та його вплив на показники якості сировини

На відміну від традиційного електричного нагріву, дія мікрохвильового нагріву спричиняється безперервними змінами матеріалу, який піддається впливу змінного електромагнітного поля. НВЧ-нагрівання використовують для теплової обробки діелектриків, тобто матеріалів, що не пропускають або погано проводять електричний струм. Більшість харчових продуктів є діелектриками, оскільки погано проводять електричний струм, і саме тому НВЧ-нагрівання називають діелектричним. У діелектриків електричні заряди під дією електричного поля не можуть переміщуватися, а лише зміщуються один відносно одного або обертаються в просторі [81].

НВЧ-нагрівання також називають мікрохвильовим, що підкреслює довжину хвилі електромагнітного поля, або об'ємним, що вказує на те, що нагрівання продукту відбувається одночасно по всьому об'єму речовини. Джерелом енергії для НВЧ-генераторів є електроенергія, що забезпечує екологічну чистоту. Але слід зазначити, що ККД під час перетворення енергії електричного струму на електромагнітну енергію є досить низьким – до 60%. Тому мікрохвильова обробка є доцільною для продуктів зі зниженою вологістю (50% і нижче) [81].

У ході НВЧ-обробки відзначається висока збереженість різних харчових речовин, відбувається практично повне знищення мікрофлори, що багаторазово збільшує термін зберігання продукту [81-84].

Головними перевагами НВЧ-обробки є значна економія часу, так як процес обробки відбувається дуже швидко. Крім того така технологія дозволяє зберегти в сировині всі поживні речовини, вітаміни і мінерали, що при іншій обробці досягти складно [82]. Нагрівання зерна відбувається за рахунок поглинання продуктом енергії хвиль надвисокої частоти. Даний метод обробки зерна відрізняється від традиційних видів теплової обробки сільськогосподарських культур. При традиційному методі нагрівання продукту походить від поверхні вглиб зерна, що не дозволяє швидко і рівномірно нагріти зерно. А це призводить до підгоряння зовні і розтріскування зерен.

При НВЧ-обробці високочастотні хвилі проникають по всьому об'єму сировини нагріваючи його рівномірно і швидко. Причому, різні речовини при такій обробці реагують по різному [83]. Речовини, які погано проводять електричний струм і сухі, що не містять вологи, не нагріваються, а речовини, що містять воду, можуть при обробці повністю звільнитися від вологи, при цьому виділяючи велику кількість теплової енергії. Такі властивості методу НВЧ-обробки дозволяють застосовувати його для сушіння зерна, сіна, соломи та інших агропродуктів.

Іншою перевагою методу НВЧ-обробки є найбільш повне збереження структури вихідної сировини, живильних речовин і можливість повністю контролювати процес обробки, так як параметри обробки обумовлені вологістю і температурою сировини, а ці параметри можна змінювати практично без обмежень [84].

Технологічна обробка всіляких об'єктів майже завжди містить у собі термообробку і у першу чергу нагрівання або сушіння. При традиційних способах нагрівання і сушіння (конвективному, радіаційному і контактному) нагрівання об'єкта відбувається по поверхні. У діелектриків, що мають низьку теплопровідність, термообробка відбувається повільно, з локальним перегрівом поверхні нагрівання, тому можливе підгоряння цієї поверхні, виникнення внутрішніх механічних напруг. Надвисокочастотним називається



нагрівання об'єкта енергією електромагнітного поля надвисоких частот. Електромагнітна хвиля, проникаючи в об'єкт, взаємодіє із зарядженими частками. Сукупність таких мікроскопічних процесів приводить до поглинання енергії поля в об'єкті.

Повний опис ефекту може бути отримано лише за допомогою квантової теорії. Обмежимося обліком макроскопічних властивостей матеріального середовища, описуваних класичною фізикою. Залежно від розташування зарядів, молекули діелектричного середовища можуть бути полярними і неполярними. У деяких молекулах розташування зарядів настільки симетрично, що у відсутності зовнішнього електричного поля їх електричний дипольний момент дорівнює нулю. Полярні молекули мають деякий електричний дипольний момент і у відсутності зовнішнього поля. При накладенні зовнішнього електричного поля неполярні молекули поляризуються, тобто симетрія розташування їх зарядів порушується, і молекула здобуває деякий електричний момент. Під дією зовнішнього поля у полярних молекул не тільки міняється величина електричного моменту, але й відбувається поворот осі молекули за напрямком поля. Звичайно розрізняють електронну, іонну, дипольну і структурну поляризації діелектрика. У НВЧ-діапазоні найбільшу питому вагу мають дипольна і структурна поляризації, так, що виділення тепла можливо навіть у відсутності струму провідності. Дипольна поляризація має місце в речовинах, що складаються із полярних або дипольних молекул. Центри ваги позитивних і негативних зарядів у таких молекул не збігаються і утворюють диполь. Дипольною є молекула води, що відіграє основну роль у процесі поглинання енергії при діелектричному нагріванні харчових продуктів [81]. НВЧ-пристрою для технологічних цілей працюють на частотах, установлених міжнародними угодами. Для термообробки в діапазоні НВЧ найбільше часто використовуються електромагнітні коливання на частотах 433, 915, 2375 (2450) МГц. Якщо замість традиційних способів нагрівання використовувати нагрівання за допомогою енергії НВЧ-коливань, то через проникнення хвилі

в глиб об'єкта відбувається перетворення цієї енергії в тепло не на поверхні, а в його об'ємі, і тому можна добитися більш інтенсивного наростання температури при більшій рівномірності нагрівання. Остання обставина в ряді випадків приводить до поліпшення якості виробу. Однак широке поширення НВЧ-енергія одержала тільки в технології приготуванні їжі, що пов'язане з особливостями фізичного процесу нагрівання НВЧ-полів.

Для обґрунтування доцільності застосування джерела НВЧ-енергії при сушінні яблук, а також безпеки його використання потрібно теоретичне дослідження особливостей взаємодії електромагнітного НВЧ-поля з харчовими продуктами і вплив його на якісні показники.

Процес трансформації енергії електромагнітного поля (НВЧ) у тепло прийнято називати діелектричним нагріванням.

При впливі змінного електромагнітного поля харчові продукти, що представляють собою діелектричні матеріали, внаслідок діелектричних втрат нагріваються, тобто енергія поля перетворюється в тепло. Ефективність перетворення енергії змінного електромагнітного поля в теплову пропорційна значенню коефіцієнта діелектричних втрат (коефіцієнт поглинання енергії), частоті поля і квадрату напруженості електричного поля в продукті [82].

Тому як напруженість поля обмежена електричною міцністю діелектрика, то для збільшення швидкості нагрівання підвищують частоту коливань. Для теплової обробки харчових продуктів використовують електромагнітні поля дециметрового діапазону. Це дозволяє одержувати високу швидкість нагрівання оброблюваних виробів.

Важливою перевагою НВЧ-нагрівання є можливість практичного застосування нових незвичайних видів нагрівання, наприклад вибіркового, рівномірного, надчистого, саморегульовального.

Вибіркове нагрівання засноване на залежності втрат у діелектрику від довжини хвилі, тобто залежності тангенса кута діелектричних втрат  $\delta$  як

функції довжини хвилі  $\lambda$ . При цьому в багатокомпонентній суміші діелектриків будуть нагріватися тільки ті частини, де високий  $tg\delta$ .

При рівномірному нагріванні передача тепла здійснюється за рахунок конвекції, теплопровідності й випромінювання. Звідси неминучий температурний градієнт (перепад) від поверхні в глибину матеріалу, причому тем більший, ніж менше теплопровідність. Зменшити або майже усунути великий градієнт температур можна за рахунок збільшення часу обробки. У багатьох випадках тільки за рахунок повільного нагрівання вдається уникнути перегріву поверхневих шарів оброблюваного матеріалу. Прикладами таких процесів є випал кераміки, одержання полімерних з'єднань та інше. За допомогою НВЧ-енергії можна не тільки рівномірно нагрівати діелектрик по його об'єму, але й одержувати за бажанням будь-який заданий розподіл температур. Тому при НВЧ-нагріванні відкриваються можливості багаторазового прискорення ряду технологічних процесів.

Надчисте нагрівання. Якщо при нагріванні газовим полум'ям, а також за допомогою дугових пальників відбувається забруднення матеріалів, що особливо важливо при сушінні харчових продуктів, то НВЧ-енергію можна підводити до оброблюваного матеріалу через захисні оболонки їх твердих діелектриків з малими втратами. У результаті забруднення практично повністю усуваються. Крім того, поміщаючи інертний газ в матеріал що нагрівається, можна усунути окиснення його поверхні.

При саморегульовальному нагріванні якість одержуваного матеріалу суттєво поліпшується за рахунок того, що нагрівання висушених місць автоматично припиняється. Пояснюється це тим, що тангенс кута діелектричних втрат таких матеріалів, як, наприклад, дерево, прямо пропорційний вологості. Тому зі зменшенням вологості в процесі сушіння втрати НВЧ-енергії зменшуються, а нагрівання триває тільки в тих ділянках оброблюваного матеріалу, де ще збереглася підвищена вологість.

Діелектричне нагрівання засноване на зсуві зарядів і пов'язаних з ними молекул при впливі на речовину (продукт) змінного електромагнітного поля.

На переміщення заряджених часток затрачається робота, яка через наявність внутрішнього міжмолекулярного тертя перетворюється в теплоту. Існує кілька видів зсувів зарядів (диполів) у змінному електричному полі [81-84].

Діелектричні втрати при частотах, використовуваних для теплової обробки харчових продуктів, обумовлені в основному полярними молекулами води. Тому що харчові продукти містять у значній кількості воду, те їх деякою мірою можна вважати полярними діелектриками [84].

Якщо для провідників характерна наявність вільних електронів, то в діелектриках вільних електронів теоретично немає. Усі вони пов'язані з ядрами й входять в атоми й молекули речовини.

Процес теплової обробки харчових продуктів в ЕМП НВЧ характеризується високою швидкістю нагрівання, при цьому виключаються перегрів і підгоряння оброблюваних виробів. Порівнюючи вплив традиційних способів теплової обробки й НВЧ-нагрівання, необхідно відзначити, що більшість опублікованих робіт свідчить про певні переваги НВЧ-нагрівання.

Зменшення тривалості впливу на продукт підвищених температур сприяє збереженню живильної цінності, зокрема термолабільних вітамінів, підвищенню смакових якостей і збільшенню виходу готової продукції.

Відомо, що в процесі нагрівання при НВЧ-обробці помітно поліпшуються органолептичні показники приготовленого продукту в порівнянні з іншими традиційними видами термічної обробки і способами нагрівання, знижуються втрати поживних речовин харчових продуктів, не відбувається значного зниження амінокислотного складу, відзначається краще збереження вітамінів [81].

Виявлено, що при використанні НВЧ-нагрівання збереження таких термолабільних компонентів, як аскорбінова і фолієва кислоти, підвищується на 20 – 25 %, нікотинової кислоти – на 12 %, а також добре зберігаються тіамін і рибофлавін [84].

Плоди і городина у процесі технологічної обробки, як правило, піддають бланшуванню при цьому НВЧ-бланшування здійснюють без додавання води, тим самими виключаючи втрати водорозчинних вітамінів у воду [85,86]. Мікробіологічні дослідження готових продуктів підтвердили дію електромагнітного НВЧ-поля. У роботах А.М. Остапенкова, В.А. Матісона, А.П. Піденко та ін. [87] показано, що за допомогою НВЧ-нагрівання можна стерилізувати різні харчові середовища. При цьому на відміну від традиційних методів стерилізації знижуються її тривалість і питомі витрати енергії на процес. Щоб застосування НВЧ-енергії було економічно виправдане, необхідно вибирати такі НВЧ-прилади, які мали б у комбінації наступні характеристики: високий ККД перетворення енергії промислової частоти у НВЧ-енергію (не менше 50 %, а краще 70 – 90 %); високий рівень вихідної потужності в безперервному режимі (близько 1 кВт і більш); прості і дешеві джерела живлення (бажане живити НВЧ-прилад, безпосередньо підключаючи його до вторинної обмотки силового трансформатора промислової електромережі без випрямлячів і фільтрів); простота конструкції, надійність, великий термін служби (не менше 2 – 5 тисяч годин); можливість ефективною роботи при змінному навантаженні. Найбільш повно ці вимоги задовольняють магнетрони, пролітні багаторезонаторні клістри і амплітрони.

Таким чином, застосування НВЧ-енергії в технологічних процесах обробки харчових продуктів є перспективним.

#### 1.4 Мета і завдання досліджень

Метою наукових досліджень є обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми.

Об'єкт досліджень – плоди хурми, перемелена сировина хурми, чіпси з перемеленої сировини хурми.

Предмет досліджень – технологія виробництва плодкових чіпсів.

Для виконання мети досліджень, було сформовано наступні задачі:

- 1) дослідити кінетику процесу сушіння чіпсів з перемеленої сировини хурми;
- 2) визначити вплив НВЧ-обробки на вміст поліфенольних речовин в чіпсах з перемеленої сировини хурми;
- 3) встановити вміст аскорбінової кислоти в чіпсах в залежності від режиму сушіння;
- 4) провести органолептичну оцінку отриманих чіпсів з перемеленої сировини хурми;
- 5) розробити технологічну схему виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми.

Висновки по розділу.

В розділі наведено загальну характеристику плодів хурми. Описано вимоги до якості та класифікацію плодів хурми на сорти за якісними показниками. Наведено детальний опис хімічного складу плодів хурми різних сортів.

Проведено огляд методів сушіння плодової сировини. Наведено основні способи та установки для здійснення сушіння плодової сировини. Розглянуто переваги і недоліки кожного методу сушіння плодової сировини. Визначено переваги та доцільність проведення досліджень щодо можливості використання надвисокочастотного опромінення для сушіння перемеленої сировини хурми для отримання чіпсів. Визначено основні аспекти впливу НВЧ-обробки на якісні показники сировини при сушінні.

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Характеристика сировини

Для проведення досліджень було використано плоди хурми сорту Корольок. Усереднений хімічний склад плодів цього сорту наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Усереднений хімічний склад плодів хурми сорту Корольок

Сорт	Вміст			
	Цукри, %	Поліфенольні речовини, %	Пектинові речовини, %	Вітамін С, мг/100 г
Корольок	17,8	0,42	1,33	21,2

Як видно з табл. 2.1, плоди хурми сорту Корольок мають високий вміст вітаміну С (аскорбінової кислоти) та низьку кількість поліфенольних речовин. Так як обидві групи речовин відносяться до біологічно-активних речовин, які до того ж легко руйнуються під впливом температури, то контроль за зміною вмісту цих цінних компонентів при процесі сушіння плодів хурми є обов'язковим.

### 2.2 Використане обладнання та методика сушіння

Для проведення дослідження використовували плоди хурми без пошкоджень, які мили та відокремлювали плодоніжку. Перед висушуванням частину плодів нарізали рівномірними шматочками товщиною 3 мм, а іншу частину – подрібнювали блендером до пюреподібної консистенції з подальшим механічним відтисканням зайвої вологи, що утворилася при перемелюванні. Всього досліджували сушіння 4 різних форм сировини хурми:

- Цілих плодів;
- Нарізаних плодів;
- Перемелених плодів;
- Перемелених плодів з подальшим механічним віджиманням

вологи.

Висушування зразків проводили двома методами:

- конвективним методом
- НВЧ-методом.

Сушіння конвективним методом виконували в електросушарці Rotex, 360 Вт (рис. 2.1) при температурі 60° С.



Рисунок 2.1 – Конвективна електросушарка Rotex, 360 Вт

Як видно з рис. 2.1, з правої сторони електросушарки є регулятор, за допомогою якого можна змінювати температуру сушильного агента (повітря) в межах від 35 до 70 ° С. При цьому попередні дослідження показали недоцільність застосування температури сушильного агента нижче за 60 ° С через високу тривалість процесу сушіння. Використання режиму з температурою сушильного агента в 70 ° С не дало відчутного ефекту, отже



для економії енергоресурсів було прийнято рішення щодо виконання процесу сушіння конвективним методом з температурою сушильного агенту  $60^{\circ}\text{C}$ .

Сушіння сировини хурми НВЧ-методом проводили на побутовій мікрохвильовій печі Samsung, 800 Вт (рис. 2.2)



Рисунок 2.2 – Мікрохвильова піч Samsung, 800 Вт

Як видно з рис. 2.2, налаштування режиму сушіння при використанні мікрохвильової печі відбувається за допомогою двох регуляторів. Нижнім регулятором виставляється тривалість обробки, верхнім – потужність НВЧ-випромінювання. При цьому заводом-виробником нанесено позначки, які відповідають певному числовому відображенню вищеназваних параметрів.

Після проведення процесу сушіння всі дослідні зразки поміщали в тару для запобігання сорбування вологи чіпсами з повітря. Отриманий продукт перебував в закритій тарі до досягнення кімнатної температури. Після чого проводилася органолептична оцінка.

### 2.3 Методика визначення вмісту поліфенольних сполук

Поліфенольними речовинами називаються рослинні сполуки з молекулярною масою від 500 до 3000, здатні утворювати міцні зв'язки з білками і алкалоїдами і володіють дубильними властивостями. Ця здатність дубильних речовин заснована на їх взаємодії з колагеном (білком шкірних покривів), що приводить до утворення стійкої поперечнозв'язаної структури - шкірки за рахунок виникнення водневих зв'язків між молекулами колагену і фенольними гідрокси-групами дубильних речовин. Але ці зв'язки можуть утворюватися в тих випадках, коли молекули досить великі, щоб приєднати сусідні ланцюжки колагену, і мають достатню кількість фенольних груп для утворення поперечних зв'язків.

Поліфенольні (дубильні) речовини знаходять широке застосування в фармації, вони мають в'язку, протизапальну, бактерицидну і дію, яка заснована на здатності зв'язуватися з білками з утворенням щільних альбумінатів. Крім того вони здатні утворювати осадки з алкалоїдами, серцевими глікозидами, солями важких металів що дозволяє використовувати їх в якості антидотів при отруєнні цими речовинами. Широта медичного застосування робить цю групу біологічно активних речовин цікавою для пошуку і вивчення нових джерел сировини що містить дубильні речовини.

Визначення вмісту поліфенольних речовин в досліджуваних сировині та чіпсах з сировини хурми проводилось за методом Левенталя–Нейбауера, який базується на окисненні поліфенолів калію перманганатом у присутності індикатора індігосульфокислоти [88].

З лабораторної проби зразків хурми і чіпсів з перемеленої сировини хурми відбирають наважку і подрібнюють до розміру часток 2 мм. Продукт після подрібнення ретельно перемішують. Для отримання водної витяжки зважують 1 г подрібненої сировини з точністю до 0,01 г та поміщають в колбу на 250 мл, заливаючи 100 мл води. Колбу поміщають на киплячу водяну баню на 30 хв, після чого знімають і залишають для відстоювання за

кімнатної температури на 30 хв. Отриману витяжку фільтрують через ватний диск в мірну колбу ємністю 100 мл і доводять водою до мітки.

Для приготування індигосульфо кислоти 1 г індигокарміну розчиняють в 25 мл концентрованої сірчаної кислоти, потім додають ще 25 мл концентрованої сірчаної кислоти і розбавляють дистильованою водою до 1000 мл, обережно вливаючи розчин в воду [89].

Піпеткою відбирали 10 мл отриманої витяжки в колбу ємністю 1000мл, додавали 750 мл дистильованої води, 25 мл індигосульфо кислоти і титрували при перемішуванні розчином калій перманганату до золотисто-жовтого забарвлення. Паралельно проводили контрольний дослід.

Контрольний дослід. В колбу ємністю 1000 мл додавали 760 мл дистильованої води, 25 мл індигосульфо кислоти і титрували при перемішуванні розчином калій перманганату до золотисто-жовтого забарвлення.

Вміст поліфенолів ( $P_{\phi}$ , %) в зерні сорго розраховували за наступною формулою:

$$P_{\phi} = \frac{(V_1 - V_k) \cdot 0,004157 \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot 10 \cdot (100 - W)}, \quad (2.1)$$

де  $V_1$  – об'єм розчину перманганату калію для титрування витяжки, мл;

$V_k$  – об'єм розчину перманганату калію, який пішов на титрування витяжки в контрольному досліді, мл;

0,004157 – кількість дубильних речовин, що відповідає 1 мл розчину перманганату калію (в перерахунку на танін), г;

$m$  – маса наважки сировини, г;

100 – загальний об'єм витяжки, мл;

10 – об'єм витяжки, взятої для визначення, мл.

$W$  – вологість зразку, %

## 2.4 Методика визначення вмісту аскорбінової кислоти

Вітамін С - аскорбінова кислота (антицинготний фактор) - розчинний у воді. В особливо великих кількостях він міститься в свіжих ягодах, плодах. Добова потреба у вітаміні С для людини складає 75 мг [90]. Недолік або відсутність вітаміну С в їжі протягом тривалого часу призводить до важкого захворювання, відомого під назвою цинги, або скорбута.

Аскорбінова кислота дуже нестійка і легко окислюється на повітрі. Нагрівання прискорює окислення (руйнування) вітаміну С. Аскорбінова кислота має сильні відновні властивості. Продуктом її першого окислення є дегідроаскорбінова кислота.

Принцип методу кількісного визначення вітаміну С [90] заснований на його здатності відновлювати 2,6-дихлорфеноліндофенол, який в лужному середовищі має синє забарвлення, а у відновленому стані безбарвний.

Кількісне визначення вітаміну С проводять, титруючи досліджуваний розчин, підкислений соляною кислотою, лужним розчином 2,6-дихлорфеноліндофенола. Поки в титрованому розчині міститься вітамін С, доливають лужний розчин 2,6-дихлорфеноліндофенола, який буде знебарвлюватися за рахунок утворення відновленої форми аскорбінової кислоти. Як тільки вся кількість вітаміну С, що є в досліджуваному розчині, окислиться, 2,6-дихлорфеноліндофенол НЕ буде відновлюватися і титруєми розчин придбає рожеве забарвлення за рахунок переходу лужного розчину 2,6-дихлорфеноліндофенола синього кольору в 2,6-дихлорфеноліндофенол червоного кольору в кислому середовищі.

Знаючи кількість 2,6-дихлорфеноліндофенола, витраченого на титрування, і його титр, встановлений по аскорбінової кислоти, обчислюють вміст аскорбінової кислоти в досліджуваному розчині.

Хід дослідження. Точну наважку досліджуваного матеріалу (1,0 г плодів хурми чи чіпсів з перемеленої сировини хурми) ретельно розтирають у фарфоровій ступці з 4 мл 2%-ої соляної кислоти, додавши трохи

подрібненого скла. Потім без втрат переносять вміст ступки в мірну колбу на 25 мл, кілька разів змиваючи ступку водою і зливаючи її по скляній паличці в ту ж колбу, і доводять об'єм розчину дистильованою водою до мітки. Отриману суміш залишають на 5 - 10 хв. \

Вміст колби ретельно перемішують, фільтрують через паперовий фільтр і фільтрат використовують для визначення вітаміну С. Для титрування відмірюють в конічну колбу певний обсяг фільтрату – 1 мл, додають 4 мл 2%-ого розчину соляної кислоти і титрують з бюретки 0,001н. розчином 2,6-дихлорфеноліндофенола до появи рожевого забарвлення, що не зникає близько 30 с. У контрольній пробі замість витяжки береться відповідний обсяг суміші: 4 мл 2% -ої соляної кислоти і 21 мл води.

Визначення титру розчину 2,6-дихлорфеноліндофенола. У мірній колбі на 50 мл розчиняють кілька кристаликів (1-1,5 мг) аскорбінової кислоти в 2%-ій сірчаній кислоті і доводять цієї ж кислотою до мітки, ретельно перемішують. У дві конічні колбочки беруть по 5 мл приготованого розчину аскорбінової кислоти і після додавання кристаликів КJ (близько 5 - 10 мг) і 5 крапель 1%-ого розчину крохмалю титрують одну колбочку 2,6-дихлорфеноліндофенол, іншу - точно 0,001 н. розчином  $KJ O_3$  (0,03568 г  $KJ O_3$  розчиняють у воді і доводять до 1 л). Розрахунок титру розчину 2,6-дихлорфеноліндофенола по аскорбінової кислоті ведуть за формулою:

$$T = \frac{0,088 \cdot a}{b}, \quad (2.2)$$

де T - кількість міліграмів аскорбінової кислоти, відповідна 1 мл розчину 2,6-дихлорфеноліндофенола;

0,088 - кількість мг аскорбінової кислоти, що відповідає 1 мл 0,001 н. розчину йодату калію;

a - кількість мл 0,001 н. розчину йодату калію, витраченого на титрування розчину аскорбінової кислоти;

б - кількість мл розчину 2,6-дихлорфенолиндофенола, витрачений на титрування.

Розрахунок кількості аскорбінової кислоти в пробі проводять за формулою:

$$X = \frac{T \cdot A \cdot B \cdot 100}{B \cdot \Gamma}, \quad (2.3)$$

де X - вміст аскорбінової кислоти в міліграм-відсотках;

T - титр розчину 2, 6-дихлорфенолиндофенола по аскорбінової кислоти, тобто це кількість аскорбінової кислоти (мг), що відповідає 1 мл розчину 2,6-дихлорфенолиндофенола;

A - кількість розчину 2, 6-дихлорфенолиндофенола (мл), витраченого на титрування, за вирахуванням контролю;

B - кількість мл витяжки, взятої для титрування;

V - загально кількість витяжки (мл);

Г - кількість речовини в грамах, взятої для аналізу;

100 - кількість грамів досліджуваного матеріалу, взяте для обчислення процентного вмісту.

## 2.5 Методика визначення органолептичних показників плодкових чіпсів

Сенсорний або органолептичний аналіз вивчає споживчі властивості продовольчих товарів за допомогою органів почуттів людини і є найбільш древнім і широко поширеним способом випробування якості харчових продуктів. Якість продукції визначається сукупністю властивостей, що обумовлюють придатність її задовольняти певні потреби людини відповідно до призначення. Органолептичні показники якості продовольчих товарів передбачаються стандартами на всі харчові продукти як обов'язкові вимоги, що забезпечують безпеку життя і здоров'я населення [91]. Органолептичний

аналіз харчових і смакових продуктів проводиться за допомогою дегустацій, без застосування вимірювальних приладів.

Оцінка чіпсів з перемеленої сировини хурми заснована на визначенні кожного якісного показника за допомогою числових величин згідно з прийнятою п'яти-бальною шкалою і визначенні на цій підставі загальної якості оцінюваного продукту. Дана шкала охоплює п'ять основних рівнів якості для оцінки кожного з властивостей якості: бал «5» завжди позначає відмінну, дуже гарну якість, бал «4» - гарна якість, бал «3» - якість задовільна, бал «2» - якість ледь задовільна, але ще допустима, бал «1» - якість незадовільна. Кожному балу шкали відповідає обумовлений опис якості [91].

#### Висновки по розділу.

В розділі описано характеристику використаної сировини, а саме плодів хурми сорту Корольок. Визначено, що за хімічним складом ці плоди мають високий вміст вітаміну С (аскорбінової кислоти) та низьку кількість поліфенольних речовин. Наведено характеристику використаного обладнання, та порядок проведення досліджень конвективного і НВЧ-сушіння. Визначено методики дослідження вмісту поліфенолів та аскорбінової кислоти в сировині хурми та чіпсах з перемеленої сировини хурми. Також наведено методику визначення органолептичних показників якості готових чіпсів з перемеленої сировини хурми.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Дослідження кінетики сушіння перемеленої сировини хурми

Першим етапом було досліджено процес конвективного сушіння цілих, нарізаних та перемелених плодів хурми. Основними факторами, що впливають на процес сушіння, були початкова вологість кожного виду сировини, температура повітря як теплоносія і потужність вбудованого тепловентилятора. Кінетичні закономірності процесу конвективного сушіння різної сировини хурми наведено на рис. 3.1

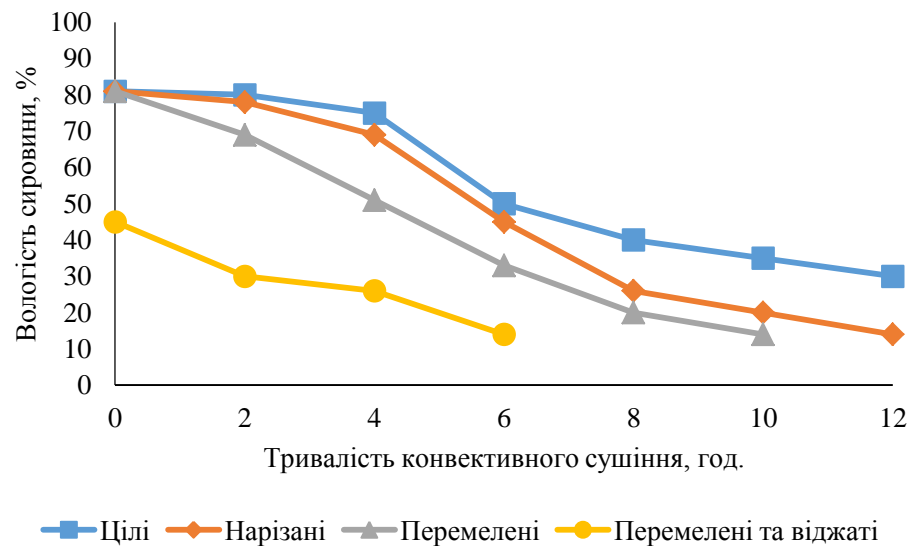


Рисунок 3.1 – Кінетика конвективного сушіння сировини хурми

За результатами з рис. 3.1 можна зробити висновок, що конвективне сушіння перемеленої сировини хурми відбувається швидше, ніж цілих або нарізаних плодів хурми на 20 та 34 % відповідно. Даний факт вказує на можливість зниження витрат енергоресурсів, а тому є більш доцільним для використання. Також варто відмітити, що механічне віджимання вологи з перемеленої сировини хурми також позитивно впливає на швидкість сушіння. Встановлено, що при такій попередній підготовці сировини хурми, тривалість конвективного сушіння можна скоротити до 6 год, що на 50 % швидше, ніж тривалість сушіння цілих плодів хурми.



Для ще більшого прискорення процесу сушіння сировини хурми для отримання продовольчих чіпсів було прийнято рішення про використання електромагнітного поля надвисокої частоти в якості джерела енергопідведення. При цьому головним параметром, що впливав на кінетику процесу була потужність генератору НВЧ-випромінювання. Дослідження проводилося при трьох рівнях потужності: 100, 300 та 500 Вт. Отримані результати наведено на рис. 3.2-3.4.

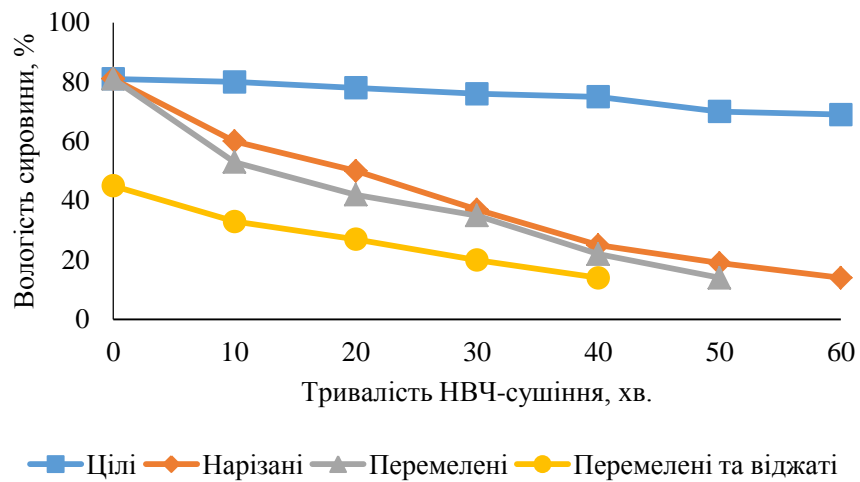


Рисунок 3.2 – Кінетичні характеристики процесу НВЧ-сушіння сировини хурми при потужності генератора 100 Вт

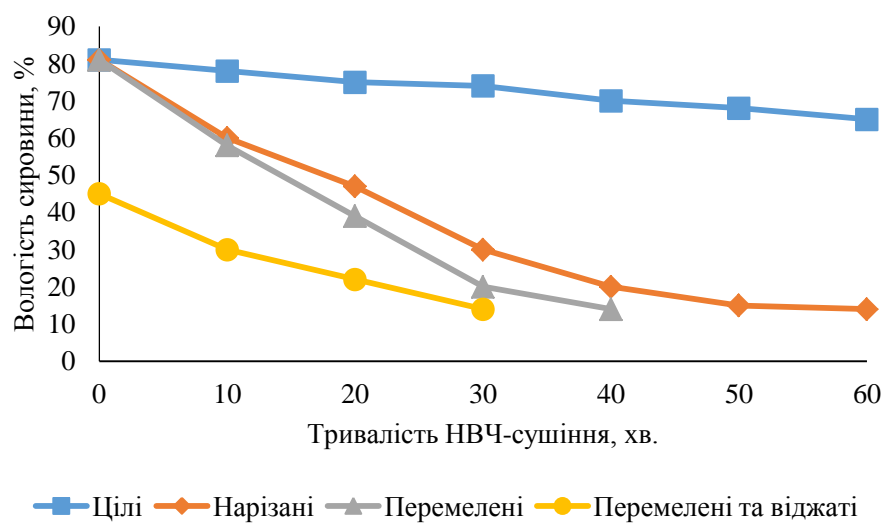


Рисунок 3.3 – Кінетичні характеристики процесу НВЧ-сушіння сировини хурми при потужності генератора 300 Вт

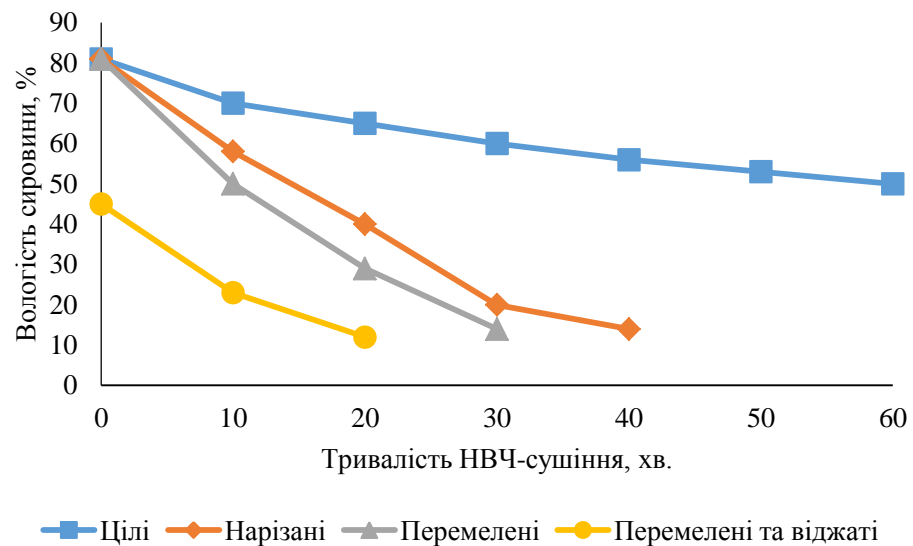


Рисунок 3.4 – Кінетичні характеристики процесу НВЧ-сушіння сировини хурми при потужності генератора 500 Вт

Як видно з рис. 3.2-3.4, сушіння цілих плодів хурми є малоефективним, так як їх вологість за 60 хв. обробки при 100 Вт знижується лише до 69 %, при 500 Вт – до 50 %, що є незадовільним показником при висушування плодової сировини. При цьому нарізані плоди хурми висушуються до 14 % вологості за той самий час. Встановлено, що при використанні режиму з потужністю 500 Вт НВЧ-випромінювання можливо досягти необхідної вологості для перемеленої та віджатої сировини хурми за 20 хв. сушіння.

Поряд з визначенням кінетики сушіння було визначено зміну температури перемеленої сировини хурми при різних режимах НВЧ-обробки. Результати наведено на рис. 3.5.

Як видно з рис. 3.5, навіть при використанні високої потужності мікрохвильової обробки в 500 Вт, температура сировини не піднімається вище 52<sup>0</sup> С, що вказує на високий ступінь збереженості корисних і поживних речовин в продукті. Встановлено, збільшення потужності НВЧ-обробки збільшує температуру перемеленої сировини хурми при сушінні. Найменшої температури сировина мала при обробці з потужністю 100 Вт тривалістю

40 хв. і становила 47<sup>0</sup> С. Варто зазначити, що такою ж температура була і при режимі сушіння 300 Вт, 30 хв.

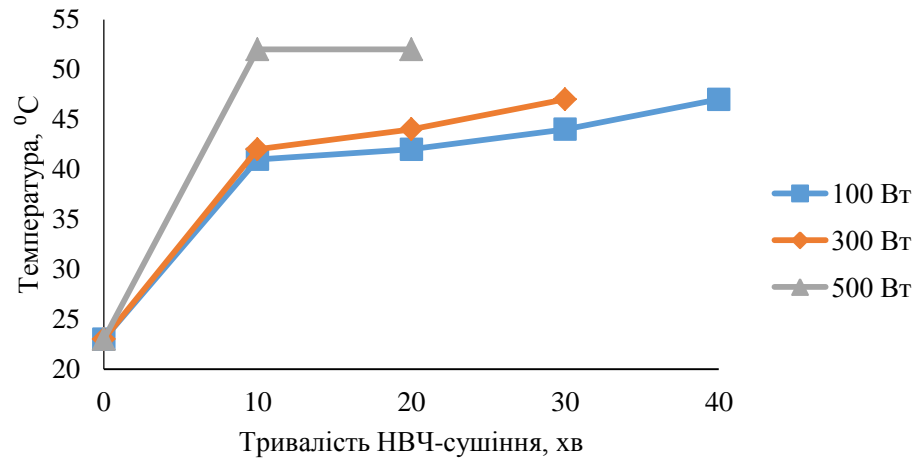


Рисунок 3.5 – Зміна температури перемеленої сировини хурми при НВЧ-сушінні

Отже, використання НВЧ-випромінювання дозволяє значно скоротити процес сушіння сировини хурми, а саме на 95 % в порівнянні з конвективним сушінням. Також зафіксовано позитивний вплив попереднього механічного віджимання вологи з перемеленої сировини, що дозволяє зменшити вологість сировини до сушіння з 81 до 45 %, що в свою чергу сприяє скороченню тривалості сушіння на 34 %.

### 3.2 Визначення вмісту біологічно-активних речовин в чіпсах з перемелених плодів хурми

#### 3.2.1 Визначення впливу НВЧ-сушіння на вміст поліфенольних сполук в перемеленій сировині хурми

Поліфеноли – високомолекулярні генетично пов'язані між собою природні сполуки, що мають дубильні та в'язучі властивості [92]. Терпка дія поліфенолів пов'язана з їх здатністю викликати осадження білків з утворенням щільних альбумінатів, які при нанесенні на слизові оболонки або на поверхню рани викликають часткове згортання білків слизу і призводять

до утворення плівки, що захищає від роздратування чутливі нервові закінчення. Поліфеноли є антиоксидантними сполуками, пригнічують ріст ряду мікроорганізмів і стійкі до мікробної дії, тому є дуже корисними речовинами для споживання людиною [93]. Результати визначення вмісту поліфенолів до та після НВЧ-сушіння наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вміст поліфенольних речовин

Потужність генератора НВЧ-випромінювання, Вт	Вміст поліфенолів, %	
	до НВЧ-сушіння	після НВЧ-сушіння
100	0,42	0,50
300	0,42	0,55
500	0,42	0,61

За результатами з табл. 3.1 можна зробити висновок, що НВЧ-сушіння підвищує вміст поліфенольних сполук в продукті з перемеленої сировини хурми. Встановлено, що збільшення потужності надвисокочастотного випромінювання збільшує вміст поліфенолів. Так, при використанні режиму з потужністю 100 Вт, вміст поліфенолів в чіпсах збільшується на 16 %, а при 500 Вт – на 32 %. Отже слід відмітити позитивний вплив використання НВЧ-сушіння на вміст поліфенольних речовин в чіпсах з перемеленої сировини хурми.

### 3.2.2 Визначення вмісту аскорбінової кислоти в чіпсах з перемеленої сировини хурми

Аскорбінова кислота (вітамін С) є одним з найбільш важливих харчових речовин у фруктах, оскільки відомо, що він впливає на багато процесів в організмі людини, виступаючи в якості антиоксиданту, який може знизити ризик багатьох захворювань, таких як рак [94]. Встановлено, що природні антиоксиданти у свіжих фруктах можуть бути більш ефективними, чим харчові добавки [95].

Вміст вітаміну С в продуктах рослинництва варіює залежно від виду, сорту, технології вирощування, агрокліматичних умов, періоду збору врожаю та інших факторів. Протягом терміну зберігання в плодах відбувається постійне зниження вмісту вітаміну С. За даними [96] аскорбінова кислота руйнується під впливом теплової обробки більше  $70^{\circ}\text{C}$  на 50-60 %. Так як сушіння – це тепловий процес, контролювання вмісту вітаміну С при виробництві сушених продуктів є дуже важливим. Отримані результати вмісту аскорбінової кислоти в продукті до та після сушіння наведені на рис. 3.6.

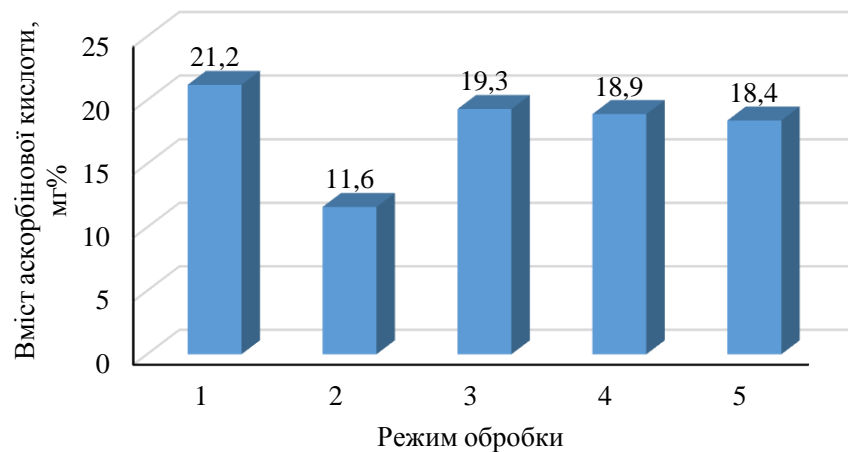


Рисунок 3.6 – Вміст аскорбінової кислоти: 1 – в сировині, 2 – в чіпсах при конвективному сушінні, 3 – в чіпсах при НВЧ-сушінні 100 Вт, 4 – в чіпсах при НВЧ-сушінні 300 Вт, 5 – в чіпсах при НВЧ-сушінні 500 Вт

За даними з рис. 3.6 видно, що НВЧ-сушіння має велику перевагу у збереженні аскорбінової кислоти у продукті над конвективним сушінням при виробництві чіпсів з перемеленої сировини хурми. Так, найбільш потужний режим сушіння в 500 Вт дозволяє зберегти на 37 % аскорбінової кислоти більше, ніж при конвективному сушінні. Встановлено, що збільшення потужності НВЧ-обробки негативно впливає на вміст вітаміну С в чіпсах з перемеленої сировини хурми. При потужності НВЧ-генератору в 100 Вт в

чїпсах зберїгається на 5% бїльше аскорбїнової кислоти, нї при використаннї режиму з 500 Вт потужнїстю.

### 3.3 Органолептична оцїнка чїпсїв з перемелених плодїв хурми

Незважаючи на свою суб'єктивнїсть, органолептичний аналіз дозволяє швидко і просто оцїнити якїсть сировини, напївфабрикатїв і продукцїї, виявити порушення рецептури та технологїї виробництва. При проведеннї органолептичного аналізу якїсть снекової продукцїї оцїнюють, як правило, за такими показниками: зовнїшнїм виглядом (у т. ч. за кольором), консистенцїєю, запахом і смаком [6].

Для порївняння органолептичних показникїв було обрано один зразок чїпсїв з перемеленої сировини хурми, який отримано в результатї конвективного сушіння і три зразки, якї виготовленї шляхом НВЧ-сушіння з рїзною потужнїстю генератору випромїнювання. Отриманї результати показано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Органолептичнї показники якостї чїпсїв з перемеленої сировини хурми

Показник	Характеристика показника
конвективне сушіння	
Зовнїшнїй вигляд	Вирїб колоподїбної форми з хвилястими краями
Колїр	Темно-помаранчевий, рївномїрний
Запах	Слабкий, властивий хурмї
Смак	Властивий хурмї
Структура	Хрустка, пїддається пружнїй деформацїї
НВЧ-сушіння при 100 Вт	
Зовнїшнїй вигляд	Вирїб правильної колоподїбної форми, прийняв форму матрицї для формування
Колїр	Темно-помаранчевий, з свїтлими плямами

Запах	Відчутний, властивий хурмі
Смак	Насичений, властивий хурмі
Структура	Хрустка, крихка, легко розламується

Продовження табл.3.2

Показник	Характеристика показника
НВЧ-сушіння при 300 Вт	
Зовнішній вигляд	Виріб правильної колоподібної форми, прийняв форму матриці для формування
Колір	Темно-помаранчевий, рівномірний
Запах	Відчутний, властивий хурмі
Смак	Насичений, властивий хурмі
Структура	Хрустка, крихка, легко розламується
НВЧ-сушіння при 500 Вт	
Зовнішній вигляд	Виріб правильної колоподібної форми, прийняв форму матриці для формування
Колір	Темно-помаранчевий, з підгорілими темними вкрапленнями
Запах	Відчутний, властивий хурмі, злегка підгорілий
Смак	Властивий хурмі, з димним присмаком
Структура	Хрустка, крихка, легко розламується

Як видно з табл. 3.2, чіпси, виготовлені методом НВЧ-сушіння з 500 Вт є найгіршим зразком з огляду на органолептичні показники. Висока потужність надвисокочастотного випромінювання переносить велику кількість енергії до заготовок, що призводить до прискорення сушіння, але також погіршує органолептичні показники чіпсів. Так як органолептичні показники при виробництві снекової продукції є основними у виборі режимів виробництва, то слід зробити висновок, що режим з використанням 500 Вт потужності НВЧ-сушіння застосовувати не рекомендується.

Для подальшої органолептичної оцінки було обрано зразки чіпсів, отриманих методом конвективного сушіння та методом НВЧ-сушіння при

300 Вт. Для обох зразків проведено бальну оцінку по вищеназваним показникам і побудовано графічне відображення результатів (рис. 3.7).

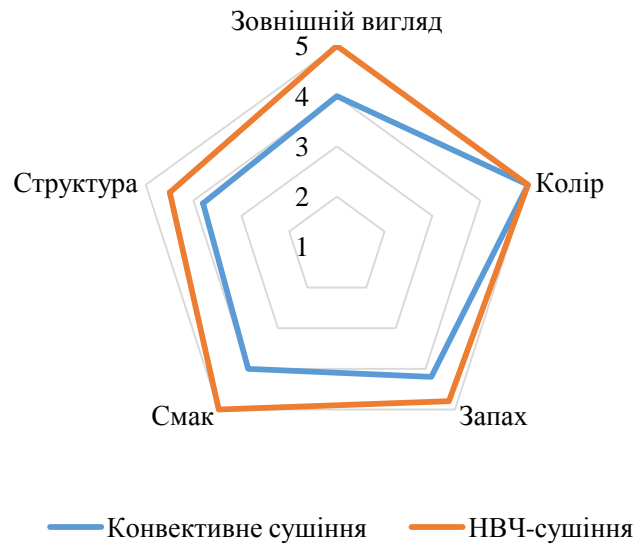


Рисунок 3.7 – Органолептична оцінка чіпсів з перемеленої сировини хурми

Дані з рис. 3.7 вказують на кращі органолептичні властивості чіпсів з перемеленої сировини хурми, вироблених методом НВЧ-сушіння, ніж конвективним методом. При цьому чіпси, отримані НВЧ-сушінням мають більш інтенсивний запах та смак. Структура чіпсів, отриманих конвективним сушінням має певну пружну деформацію перед зломом, що не виправдовує сподівань перед споживанням такого продукту як чіпси. При цьому обидва зразки мають насичений рівномірний темно-помаранчевий колір. За зовнішнім виглядом перевагу має зразок, отриманий НВЧ-сушінням, який зберіг правильну колоподібну форму матриці.

Отже, за результатами органолептичної оцінки рекомендується для виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми застосовувати НВЧ-сушіння з потужністю генератора випромінювання 300 Вт.



### 3.4 Розробка технологічної схеми виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми

Технологічна схема виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми (рис. 3.8) передбачає встановлення ємності 1 для вихідної сировини з роторними живильниками 2 і ваговим механізмом, сортувально-інспекційний транспортер 3, мийну машину 4, калібрувач 5, орієнтатор 6, машину 7 для видалення кісточок, сульфітатор 8, протиральну машину 9, камеру НВЧ-сушіння 10 і фасувально-пакувальний автомат 11 з ваговим дозуючим агрегатом.

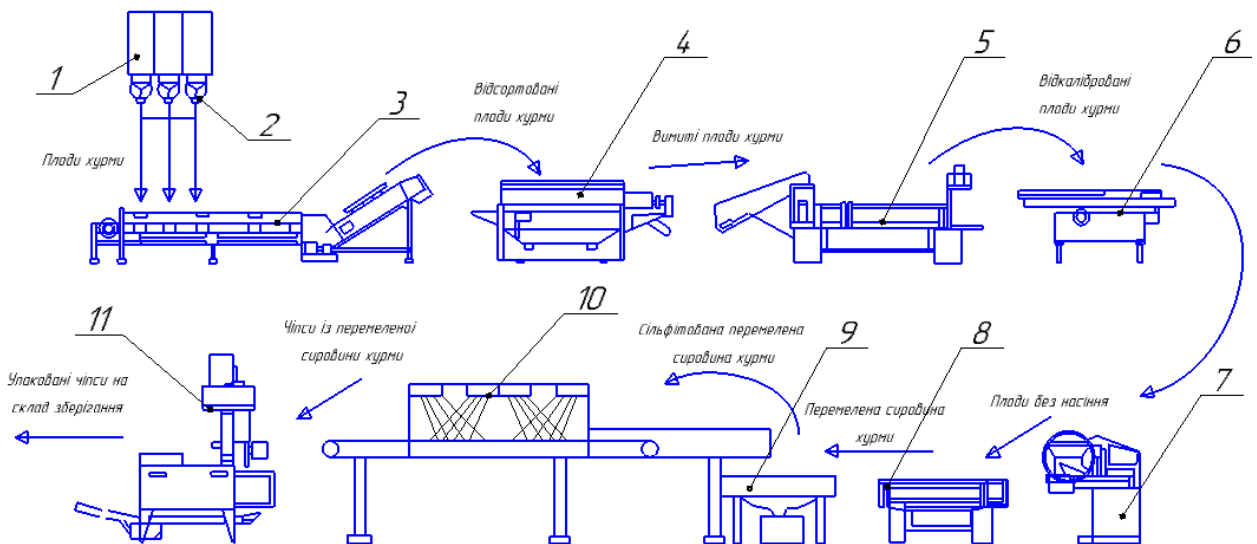


Рисунок 3.8 – Технологічна схема виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми: 1 – бункери для вихідної сировини, 2 – роторні живильники, 3 – сортувально-інспекційний транспортер, 4 – мийна машина, 5 – калібрувач, 6 – орієнтатор, 7 – машина для видалення кісточок, 8 – сульфітатор, 9 – протиральна машина, 10 – камера НВЧ-сушіння, 11 – фасувально-пакувальний автомат

Технологічний процес пропонованої технологічної схеми виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої яблучної сировини відбувається наступним чином. Плоди хурми із ємностей зберігання 1 за допомогою

роторних живильників 2 потрапляють на інспекційний конвеєр 3, де оглядаються на відповідність вимогам якості. Відсортовані плоди хурми направляється на барабанну машину з мийним блоком 4. Зорієнтовані в орієнтаторі 6 калібровані плоди надходять у машину 7 для видалення кісточок, за їх наявності в залежності від сорту плодів хурми.

Плоди, звільнені від кісточок, проходять через сульфітатор 8. Сульфітатор 8 являє собою ванну, у яку занурюють робочі секції з плодами хурми. У ванні міститься розчин лимонної кислоти з рН 4,0 – 4,5, який протягом усього процесу підігрівається для підтримки заданої температури попередньої гідротермічної обробки.

Далі плоди хурми направляються на протиральну машину 9, на якій відбувається перемелення плодів в пюрєподібну масу. З перемеленої сировини формують заготовки заданої форми і направляють в камеру НВЧ-сушіння 10. Після сушіння отримані чіпси пакуються на фасувально-пакувальному автоматі 11 і направляються на склад зберігання.

Фасувально-пакувальний автомат 11 комплектується ваговим дозуючим агрегатом, наприклад, у вигляді фасувальної машини з вертикальним пакетоутворювачем. Вона призначена для фасування сипучих продуктів у пакети з термозварювальної поліетиленової плівки. Машина складається зі станини, дозатора, бункера, рулонотримача, напрямного ролика, пакетоутворювального пристрою, що зварює, відводячого конвеєра і привода. Станина є основною і несучою частиною машини. На ній змонтовані привод, електрична частина, комунікації гідравлічної і пневматичної систем. Обертний рух здійснюється від електродвигуна через варіатор і редуктор на головний вал, на якому перебувають важелі, кулачки і зірочки. Дозатор являє собою два диски, укріплених на вертикальному валу. У дисках змонтовано чотири пари мірних склянок, що телескопічно встановлюються одна в іншу. Нижній диск, переміщаючись уздовж осі вала, зближає або розсовує склянки, змінюючи, таким чином, величину порції.

Продукт, у склянки дозатора подається з бункера безупинно. Рулон стрічки поліетиленової плівки встановлюється в рулонотримачі, який забезпечує рівномірну її подачу і регулювання в осьовому напрямку. За допомогою напрямного ролика плівка подається в пакетоутворювач. У ньому стрічка звивається в рукав, краї її накладаються один на інший, рухаючись повз поздовжній нагрівач. Зварювальний пристрій має нагрівальну і охолоджуючу частини. У нагрівальній змонтовані спіралі. Повітря, проходячи через розпечену ніхромову спіраль, прогрівається, потім через отвори зварювальної головки направляється на краї рукава, що рухається, і зварює плівку в поздовжньому напрямку. Частина повітря через охолоджувач подається на зварений шов і охолоджує його.

Пристрій, за допомогою якого робиться поперечний шов на пакетах і проводиться його відрізка, складається з нагрівача, опори і монтується на важелях. При одночасному зближенні нагрівача і опори плівка стискається і утворюється поперечний шов, а дві пари кліщів відрізають пакет і простягають рукав. Довжина пакета регулюється зміною амплітуди коливань важелів. Машина має пневматичну систему для зварювання і охолодження поздовжнього шва. Стиснене повітря через регулятор тиску подається в пристрій, що зварює. У камері він прогрівається до заданої температури і надходить у зону зварювання. Для охолодження нагрівачів машина оснащена гідравлічною системою.

Система керування або блок керування і введення інформації здійснює контроль і управляє всім технологічним процесом обробки. Даний блок призначений для керування магнетронами, завдання часу роботи і потужності. У шафі керування змонтовані автоматизовані системи регулювання температури теплоносія, засобу виміру і регулювання режимних параметрів для контролю і керування процесами гідротермічної обробки плодів хурми.

Процес теплової обробки харчових продуктів в електромагнітному полі характеризується високою швидкістю нагрівання і невеликою тривалістю, що

скорочує тривалість впливу на продукт підвищених температур і сприяє збереженню поживної цінності, зокрема термолабільних вітамінів, підвищенню якості і збільшенню виходу готової продукції.

Таким чином, використання технологічної лінії виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми дає можливість:

- досягнення рівномірної вологотеплової обробки продукту внаслідок гідротермічної обробки в розчині лимонної кислоти;
- здійснення процесу НВЧ-сушіння з урахуванням кінетичних закономірностей процесу і підігріву сировини, що підвищує теплову ефективність конструкції; перетворювати більшу частину одержуваної енергії в теплоту при НВЧ-нагріванні і сприяє спрямованій обробці об'єкта за місцем й часом;
- інтенсифікувати процес вологовидалення при сушінні внаслідок застосування підведення НВЧ-енергії, замість конвективного нагріву;
- здійснювати не складний контроль технологічного режиму і керування процесом сушіння, монтаж і експлуатацію секцій;
- досягнути економії виробничих площ;
- підвищення якості готового продукту за рахунок забезпечення мікробіологічного знезараження готового продукту і зниження негативного впливу термічного процесу на термолабільний продукт внаслідок використання НВЧ-обробки.

Висновки по розділу.

За результатами досліджень встановлено, що використання НВЧ-випромінювання дозволяє значно скоротити процес сушіння сировини хурми, а саме на 95 % в порівнянні з конвективним сушінням. Також зафіксовано позитивний вплив попереднього механічного віджимання вологи з перемеленої сировини, що дозволяє зменшити вологість сировини до сушіння з 81 до 45 %, що в свою чергу сприяє скороченню тривалості сушіння на 34 %. Встановлено, що при використанні НВЧ-сушіння

температура перемеленої сировини хурми не перевищує 52 ° С, що вказує на високий ступінь збереженості корисних і поживних речовин в продукті.

Встановлено, що збільшення потужності надвисокочастотного випромінювання збільшує вміст поліфенолів. Так, при використанні режиму з потужністю 100 Вт, вміст поліфенолів в чіпсах збільшується на 16 %, а при 500 Вт – на 32 %.

Визначено, що режим сушіння в 500 Вт дозволяє зберегти на 37 % аскорбінової кислоти більше, ніж при конвективному сушінні. Встановлено негативний ефекти збільшення потужності НВЧ-обробки на вміст вітаміну С в чіпсах з перемеленої сировини хурми. При потужності НВЧ-генератору в 100 Вт в чіпсах зберігається на 5% більше аскорбінової кислоти, ніж при використанні режиму з 500 Вт потужністю.

Встановлено кращі органолептичні властивості чіпсів з перемеленої сировини хурми, вироблених методом НВЧ-сушіння, ніж – конвективним методом. За результатами органолептичної оцінки рекомендується для виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми застосовувати НВЧ-сушіння з потужністю генератора випромінювання 300 Вт. Використання режиму 500 Вт потужності НВЧ-сушіння не рекомендується через низькі органолептичні властивості отриманих чіпсів.

Розроблено технологічну схему виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми, яка дозволяє інтенсифікувати процес вологовидалення при сушінні внаслідок застосування підведення НВЧ-енергії, замість конвективного нагріву; та підвищити якість готового продукту за рахунок забезпечення мікробіологічного знезараження і зниження негативного впливу термічного процесу на термолабільний продукт внаслідок використання НВЧ-обробки.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Охорона праці при виготовленні продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми

На крупних підприємствах харчоконцентратної промисловості за стан охорони праці відповідає директор. Йому підпорядковується інженер з питань охорони праці, який має практичний стаж роботи не менш 4-х років [97].

Для забезпечення безпечних умов праці для робочого персоналу в цеху з виробництва яблучних чіпсів з перемелених плодів хурми дипломною роботою передбачається впровадження ряду заходів, а саме:

- посилення контролю за проведенням вступного інструктажу з питань охорони праці для працівників, відповідальним призначити інженера з питань охорони праці підприємства;
- проведення навчання та забезпечення робітників правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами з охорони праці;
- проведення позапланової паспортизації цехів, діляниць, робочих місць щодо відповідності їх вимогам охорони праці;
- призначення робочої групи з питань розробки перспективних та поточних планів роботи цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці;
- організація роботи методичного кабінету з охорони праці, ведення пропаганди безпечних та нешкідливих умов праці шляхом проведення інструктажів, оглядів, розповсюдження засобів наочної агітації, оформлення інформаційних стендів;
- створення комісії з питань охорони праці підприємства, з питань підвищення кваліфікації і перевірки знань посадових осіб в галузі охорони праці;

- посилення контролю за проведенням попередніх і періодичних медичних оглядів з метою раннього виявлення ранніх ознак гострих та хронічних професійних захворювань.

Також в цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми усі працівники мають забезпечуватися спеціальним одягом за рахунок власника підприємства [71].

До роботи в цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми допускаються робітники не молодше 18 років [98], які пройшли:

- медичний попередній огляд;
- навчання та перевірку знань з електробезпеки;
- спеціальне навчання та атестацію з питань пожежної безпеки;
- вступний інструктаж у службі охорони праці;
- первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці.

Також під час проведення вступного інструктажу [99] необхідно ознайомити робітників з розпорядком на робочому місці, порядку переміщення по території підприємства, про місце відпочинку під час технологічних та обідньої перерв, порядок закінчення роботи.

Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, обладнаних урнами або ємностями з водою та спеціальним позначками з написами «Місце для паління» [99].

Перед початком роботи робітник обов'язково повинен одержати спецодяг, засоби індивідуального захисту, інструмент, механізми, пристрої, підготувати робоче місце, прибрати зайві матеріали і предмети, звільнити проходи між обладнанням.

У разі виникнення аварійної ситуації обов'язково припиняється робота та огорожується небезпечна зона, та не допускаються в неї сторонні особи.

Повідомляється про аварійну ситуацію або нещасний випадок керівник робіт. Якщо є потерпілі, надається їм перша медична допомога; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу.

#### 4.2 Заходи електробезпеки при виготовленні плодової сировини, що піддається сушінню

Дипломною роботою передбачаються наступні рекомендації та заходи щодо зменшення рівня електробезпеки в цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми, а саме:

- електроустановки цеху повинні відповідати вимогам Правил будови електроустановок, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів;

- електричне обладнання, яке встановлено на підприємстві, повинно мати заводську марку і паспорт з відміткою типу, напруги, потужності і сили струму;

- роботи по ремонту обладнання і механізмів повинні проводитися тільки після повного відключення від мережі електроживлення з обов'язковим вивішуванням на місцях відключення попереджувальних плакатів;

- підвід електроенергії до теплового технологічного обладнання проводити через станції управління;

- підвід електроенергії до технологічного обладнання проводити кабелем, поміщеним у металеву трубу необхідного діаметру;

- силові лінії електрообладнання крім комплектних систем захисту і автоматики повинні бути обладнані рубильниками розриву, розміщені у легкодоступних місцях для термінового відключення, оптимальна висота розміщення магнітних пускачів і автоматів повинна складати 1,3 м від рівня підлоги;

- ввід силової електроенергії повинен здійснюватися від трансформаторної підстанції. Ввідний щит повинен бути розміщений в окремому, сухому приміщенні (електрощитова);



- місця з'єднання і відгалуження проводів і кабелів повинні бути доступні для огляду і ремонту;
- прокладання електропроводів у вентиляційних каналах і шахтах забороняється;
- роботи по ремонту обладнання повинні виконуватися тільки після повного відключення від електромережі з обов'язковим вивішуванням на місцях відключення попереджувальних плакатів «Не включати!», «Працюють люди».

Згідно кваліфікаційних груп з електробезпеки електротехнічного персоналу робітники з заземленням відносяться до IV групи. Особи цієї групи повинні: володіти знаннями з електротехніки в обсязі спеціалізованого профтехучилища; мати повне уявлення про небезпеку під час роботи на електроустановках; знати повністю правила технічної експлуатації (ПТЕ) та правила технічної безпеки (ПТБ) при експлуатації електроустановок; знати установку настільки, щоб вільно орієнтуватись у тому, які саме елементи повинні бути вимкненими для безпечного виконання робіт; перевіряти виконання необхідних вимог безпеки; вміти організовувати безпечне виконання робіт та здійснювати нагляд за ними в електричних установках, напругою до 1000 В; знати схему та обладнання своєї ділянки; вміти навчати персонал інших груп правилам безпеки і наданню першої допомоги потерпілому.

При експлуатації для запобігання виникненню електротравматизму використовують спеціальні засоби індивідуального захисту, які поділяються на основні й додаткові.

До основних електрозахисних засобів належать засоби захисту, ізоляція яких довготривалий час витримує робочу напругу і які дозволяють доторкатися до струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

Ці засоби надійно ізолюють та витримують напругу мережі, обладнання, дають можливість працювати з ними.

В електроустановках напругою до 1000 В до основних електрозахисних засобів належать:

- ізоляційні штанги;
- ізоляційні та електровимірювальні обценьки;
- показчики напруги;
- діелектричні рукавиці;
- інструмент з ізольованими ручками.

До додаткових засобів електрозахисту в електроустановках до 1000 В належать:

- діелектричні калоші, килимки;
- переносне заземлення;
- огорожувальні пристрої;
- плакати та знаки безпеки.

Діелектричні калоші та боти захищають працівників від напруги кроку і використовуються під час роботи зі штангою, обценьками.

Додаткові електрозахисні засоби застосовують тільки разом з основними.

Електрозахисні засоби зберігаються у приміщеннях у спеціально відведених місцях сухими і чистими, в умовах, що виключають можливість їх механічних ушкоджень, дії вологи, агресивного середовища, мастила тощо. Електрозахисні засоби періодично проходять спеціальні випробування на відповідність їх діелектричних, механічних показників. Окрім того, електрозахисні засоби оглядаються перед кожним їх застосуванням.

Також пропонуємо призначити відповідальну особу підприємстві за збереження технічної документації відповідно до якої електропристрої прийняті в експлуатацію.

4.3 Розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху з виробництва харчових продуктів

Визначаємо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін [100]:

$$\rho_{\epsilon} = \rho_{zp} \cdot k_c^{\epsilon} = 60 \cdot 1,8 = 108 \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (4.1)$$

де  $\rho_{zp}$  – питомий опір ґрунту, згідно завдання  $\rho_{zp} = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;

$k_c^{\epsilon}$  – коефіцієнт сезону, приймаємо 1,8.

Визначаємо опір одиночного вертикального електрода, Ом:

$$R_{\epsilon} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\epsilon}}{L} \cdot \left[ \lg\left(\frac{2L}{d}\right) + 0,5 \lg\left(\frac{4S + L}{4S - L}\right) \right], \quad (4.2)$$

де  $S$  – відстань від денної поверхні до середини вертикально розташованого електрода, м.

$$S = t_0 + 0,5L = 0,8 + 0,5 \cdot 2,6 = 2,1 \text{ м} \quad (4.3)$$

Тепер

$$R_{\epsilon} = \frac{0,366 \cdot 108}{2,6} \cdot \left[ \lg\left(\frac{2 \cdot 2,6}{0,7}\right) + 0,5 \lg\left(\frac{4 \cdot 2,1 + 2,6}{4 \cdot 2,1 - 2,6}\right) \right] = 15,3 \text{ Ом.}$$

Визначаємо приблизну кількість електродів  $n_0$ , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів  $\eta_{\epsilon} = 1$  і припустимий опір заземлюючого обладнання  $R_{\delta} = 4 \text{ Ом}$ :

$$n_0 = \frac{R_{\epsilon}}{\eta_{\epsilon} \cdot R_{\delta}} = \frac{15,3}{1 \cdot 4} = 3,82 \text{ штук} \quad (4.4)$$

Проведемо перевірочний розрахунок необхідної кількості вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_g}{\eta_e \cdot R_d} = \frac{15,3}{0,6 \cdot 4} = 6,37 \text{ штук}$$

Приймаємо кінцеву кількість електродів яка складає 7 штук і позначається  $n_{в.ост.}$ , коефіцієнт використання вертикальних електродів  $\eta_{в.ост.} = 1$  і визначаємо довжину горизонтальної з'єднувальної смуги  $L_2$ .

Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів в ряд визначаємо за формулою:

$$L_2 = 1,05 \cdot a \cdot (n_{в.ост.} - 1) = 1,05 \cdot 2,6 \cdot (7 - 1) = 16,38 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Визначаємо опір горизонтальної смуги:

$$R_2 = \left( \frac{0,366 \cdot \rho_2}{L_2} \right) \cdot 0,51 \lg \left( \frac{2 \cdot L_2^2}{b \cdot t_0} \right), \quad (4.6)$$

де  $\rho_2$  – розрахунковий опір для горизонтальної смуги.

$$\rho_2 = \rho_{zp} \cdot k_c^2 = 60 \cdot 4 = 240 \text{ Ом} \quad (4.7)$$

де  $k_c^2$  – коефіцієнт клімату для горизонтальної смуги.

Тепер,

$$R_2 = \left( \frac{0,366 \cdot 240}{16,38} \right) \cdot 0,51g \left( \frac{2 \cdot 16,38^2}{0,07 \cdot 0,8} \right) = 10,6 \text{ Ом}$$

Визначаємо сумарний опір контуру заземлення:

$$R_{\text{сум}} = \frac{(R_g \cdot R_2)}{(R_g \cdot \eta_2 + n_{\text{в.ост.}} \cdot R_2 \cdot \eta_{\text{в.ост.}})} = \frac{(15,3 \cdot 10,6)}{(15,3 \cdot 0,62 + 7 \cdot 10,6 \cdot 0,6)} = 3,0 \text{ Ом} \quad (4.8)$$

де  $\eta_2$  – коефіцієнт використання горизонтальної смуги.

Згідно розрахунків кількість заземлювачів складає 7 штук довжиною по 2,6 м, довжина з'єднувальної смуги складає 16,38 м, електроди розставлені в ряд, сумарний опір контуру заземлення складає 3,0 Ом.

Отже, можемо зробити висновок, що розрахунки зроблено вірно, адже виконується умова  $3,0 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$ .

Схема системи заземлення електрообладнання цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми приведена на рис. 4.1.

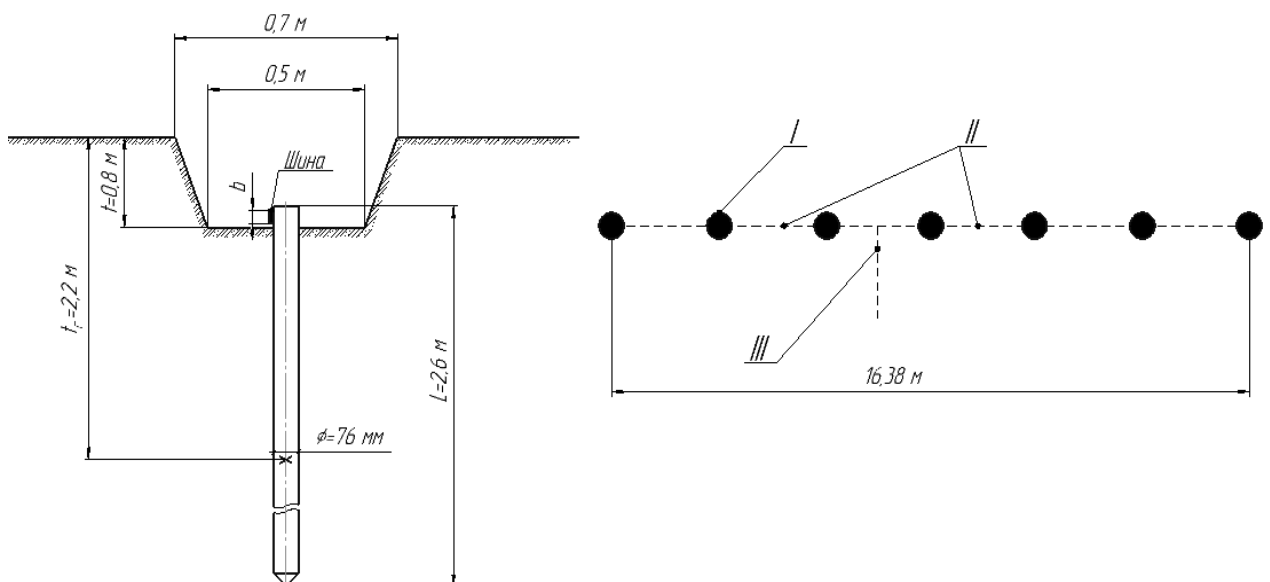


Рисунок 4.1 – Схема системи заземлення електрообладнання цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми

I – електрод заземлення; II – шина; III – провідник заземлення.



#### 4.4 Розрахунок блискавкозахисту будівлі

Визначимо висоту окремо стоячого стержневого блискавкоприймача для захисту одноповерхової будівлі цеху з виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми, що розташований в місті Дніпро. Висота будівлі  $h_x = 7$  м, довжина  $L = 12$  м, ширина  $B = 14$  м. блискавковідвід встановлено на даху будівлі по центру.

Визначаємо очікувану кількість уражень блискавкою будівлі за рік  $\tilde{N}$  [101, 102]

$$\tilde{N} = [(L + 6h_x) \cdot (B + 6h_x) - 7,7h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (4.9)$$

Інтенсивність грозової діяльності за рік для міста Дніпро складає 60 – 80 годин. Відповідно  $n$  – середнє число ударів блискавки на 1 км<sup>2</sup> для даного регіону буде рівна 5,5.

Тоді,

$$\tilde{N} = [(12 + 6 \cdot 7) \cdot (14 + 6 \cdot 7) - 7,7 \cdot 7^2] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 0,02$$

Враховуючи, що  $\tilde{N} < 1$ , отже зона захисту для даної споруди буде Б.

Визначаємо відстань  $R_x$  від блискавкозахисту до найбільш відділеної точки цеху на рівні верхньої відмітки (рис. 5.1). скориставшись теоремою Піфагора та вихідними даними  $R_x$  буде рівне

$$R_x = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{12}{2}\right)^2 + \left(\frac{14}{2}\right)^2} = 9,21\text{м.} \quad (4.10)$$

За значеннями  $R_x$  та  $h_x$  знаходимо висоту блискавкозахисту  $h$

$$h = \frac{R_x + 1,63 \cdot h_x}{1,5} = \frac{9,21 + 1,63 \cdot 7}{1,5} = 13,74 \text{ м.} \quad (4.11)$$

Приймаємо  $h = 15$  м.

Знаходимо висоту захисного конусу  $h_o$

$$h_o = 0,92 \cdot h = 0,92 \cdot 15 = 13,8 \text{ м.} \quad (4.12)$$

Визначаємо радіус зони захисту на рівні землі

$$R_o = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 15 = 22,5 \text{ м.} \quad (4.13)$$

Уточнюємо радіус захисту на рівні верхнього зрізу будівлі

$$R_x = 1,5 \cdot \left( h - \frac{h_x}{0,92} \right) = 1,5 \cdot \left( 15 - \frac{7}{0,92} \right) = 11,1 \text{ м.} \quad (4.14)$$

Отже, розрахунки виконані вірно.

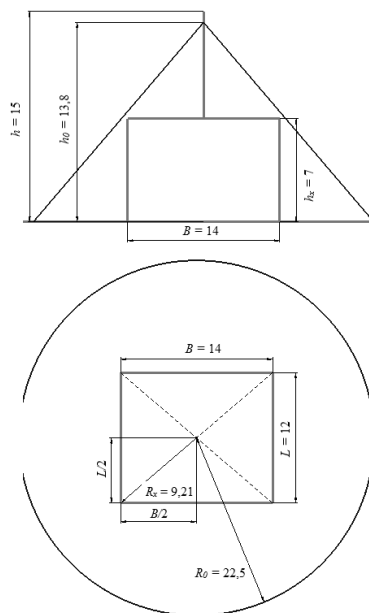


Рисунок 5.2 – Схема розташування та зони захисту поодиначного стержневого блискавкозахисту



Висновки до розділу.

В даному розділі дипломної роботи розглянуто стан охорони праці в цеху з виробництва плодових чіпсів з перемелених плодів хурми, запропоновано заходи для поліпшення умов праці, розглянуто заходи електробезпеки при виготовленні чіпсів з перемелених плодів хурми, проведено розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху та розраховано систему блискавкозахисту будівлі.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою проведення економічних розрахунків по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і доцільності проекту в цілому. Останнім часом зміни у харчуванні людей вказують на актуальність розробки нових харчових продуктів, які дуже зручно споживати швидко, та при цьому не жертвувати користю харчування. Вирішенням проблеми може стати виробництво продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми.

Статистичні дані вказують на те, що велика частина плодів хурми, які реалізуються населенню в свіжому вигляді утилізуються через втрату товарного вигляду за тривалий час реалізації. Отже, великим плюсом запропонованої технології є можливість використання некондиційних плодів хурми, які перемелюють в пюреподібну масу, і лише після цього формують заготовки для виробництва чіпсів однакової форми.

Виконання досліджень за обраною темою тягне за собою певні витрати, які пов'язані купівлею необхідної кількості найбільш поширених в Україні сортів хурми, з придбанням необхідного обладнання для перемелення та висушування сировини, а саме: блендеру та електросушарки для плодовоовочевої сировини.

### 5.1 Організація досліджень

#### 5.1.1. План проведення дослідження

Для організації роботи над дослідженням процесу виробництва плодів чіпсів з перемелених плодів хурми було використано сітьовий метод планування та управління, першим етапом якого є складання плану проведення дослідження.

План проведення дослідження наведено в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт i-j	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , (дні)
1-2	Вибір теми наукового дослідження	2
2-3	Виконання аналітичного огляду літературних джерел з обраної науково теми	15
3-4	Планування етапів та графіку проведення експериментальних досліджень	3
4-5	Визначення методик та нормативної документації, необхідної для виконання досліджень	6
5-6	Дослідження кінетики сушіння подрібнених плодів хурми	15
5-7	Визначення вмісту БАР в чіпсах з перемелених плодів хурми	10
6-8	Органолептична оцінка чіпсів з перемелених плодів хурми	5
8-9	Розробка технологічної схеми виробництва чіпсів з перемелених плодів хурми	5
7-10	Аналіз отриманих результатів (побудова та опис таблиць, графіків та ін.)	1
9-10		2
10-11	Обробка результатів та формулювання висновків	5
11-12	Складання демонстраційного матеріалу для оприлюднення результатів дослідження	4

### 5.1.2 Побудова сітьового графіка

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік (рис.5.1) – графічна модель комплексу робіт, у якій точно до деталей визначається логічний взаємозв'язок між ними.

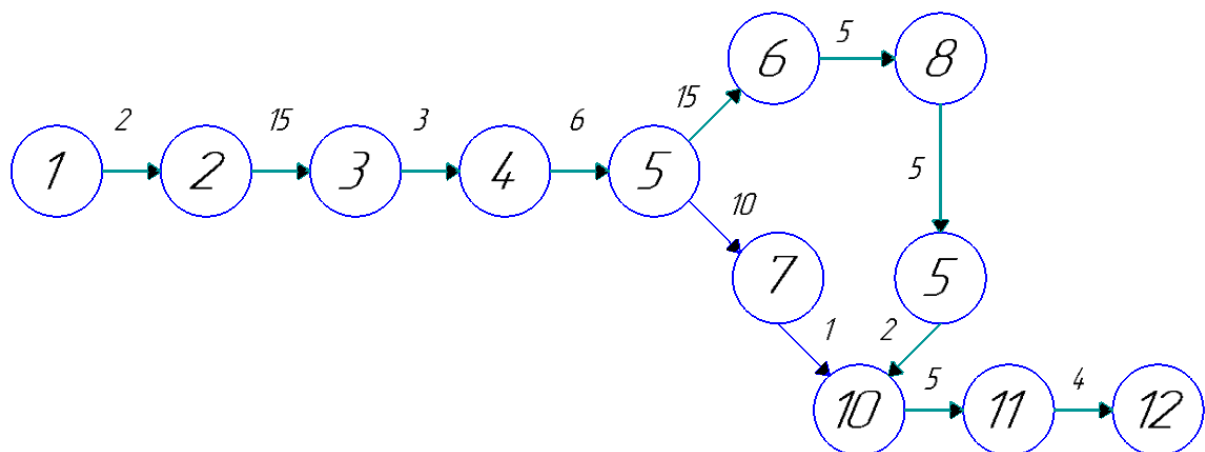


Рисунок 5.1 – Сітьовий графік проведення дослідження

На основі сітьового графіка здійснюється планування, оптимізація і керування процесом виконання всього комплексу робіт. При використанні сітьового графіка можливо формалізувати процес, тобто виразити його чисельно. Використовуючи сітьовий графік, визначаємо всі повні шляхи. Шлях – це тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої. Для цього складаються тривалості робіт ( $t_{ij}$ ):

$$L^1_{1-2-3-4-6-8-9-10-11-12}=2+15+3+6+15+5+5+2+5+4=62 \text{ дні};$$

$$L^2_{1-2-3-5-7-10-11-12}=2+15+3+6+10+1+5+4=46 \text{ днів};$$

Шлях, що має максимальну тривалість є критичним ( $L_{кр}$ ). У даному випадку критичними є перший шлях, тобто  $L_{кр} = L^1_{1-2-3-4-6-8-9-10-11-12}$ .

Наступним етапом розраховуються параметри сітьової моделі:

- ранній термін здійснення події ( $T_i^p$ ) – це найбільший шлях від початкової події до  $i$ -тої.

- пізній термін здійснення події ( $T_i^n$ ) – це різниця між критичним шляхом і максимальним шляхом від даної події до кінцевої.

Резерв шляху розраховується за формулою (6.1):

$$R_i = T_i^n - T_i^p \quad (6.1)$$

де  $R_i$  – резерв шляху;

$T_i^n$  – пізній термін здійснення події;

$T_i^p$  – ранній термін здійснення події.

Отримані дані розрахунку наведені в табл.6.2.

Таблиця 5.2 – Терміни здійснення подій (ранній і пізній) і резерв шляху

Номер події	$T_i^p$ , дні	$T_i^n$ , дні	$R_i$ , дні
1	0	0	0
2	2	2	0
3	17	17	0

Продовження табл. 5.2

Номер події	$T_i^p$ , дні	$T_i^n$ , дні	$R_i$ , дні
4	20	20	0
5	26	26	0
6	41	41	0
7	36	52	16
8	46	46	0
9	51	51	0
10	53	53	0
11	58	58	0
12	62	62	0

Далі визначаються резерви часу:

а) повний резерв часу роботи ( $R_{ij}^n$ ) – це максимальна кількість часу, на яку можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховується по формулі (5.2):

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (5.2)$$

де  $t_{ij}$  – тривалість роботи.

б) вільний резерв часу роботи ( $R_{ij}^e$ ) – це максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Вільний резерв часу роботи розраховується по формулі (6.3):

$$R_{ij}^e = T_j^p - T_i^p - t_{ij}, \quad (5.3)$$

Коефіцієнт напруженості робіт дозволяє судити про те, наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт напруженості робіт ( $K_{ij}^H$ ) визначається по формулі (5.4):

$$K_{ij}^n = \frac{L_{\max ij} - t_{ij}}{L_{kp} - t_{ij}}, \quad (5.4)$$

де  $L_{\max ij}$  – довжина максимального шляху, що проходить через дану роботу;  
 $L_{kp}$  – критичний шлях.

Для прикладу наведемо розрахунок вищеперерахованих показників для роботи 7-10:

$$R_{ij}^e = 53 - 36 - 1 = 16 \text{ днів};$$

$$R_{ij}^n = 53 - 52 - 1 = 0 \text{ днів};$$

$$K_{ij}^n = \frac{37 - 1}{62 - 1} = 0,59.$$

Проводимо аналогічний розрахунок для всіх робіт, а результати заносимо в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку вільного, повного резервів

Шифр робіт, і-і	Вільний резерв, $R_{ij}^e$ , (дні)	Повний резерв, $R_{ij}^n$ , (дні)	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	0,00
2-3	0	0	0,04
3-4	0	0	0,29
4-5	0	0	0,36
5-6	0	0	0,55
5-7	0	16	0,50
6-8	0	0	0,72
8-9	0	0	0,81
7-10	16	0	0,59
9-10	0	0	0,85
10-11	0	0	0,93
11-12	0	0	1,00

Таким чином, використання сітьового планування допомагає правильно організувати заходи, змодельовати, проаналізувати, а також, при необхідності, перебудувати його план з метою економії часу і коштів.

При аналізі складеного сітьового графіку встановлено, що тривалість критичного шляху складає 62 дні. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням процесу виробництва плодкових чіпсів з перемелених плодів хурми.

Отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним, і він може бути рекомендований до затвердження та виконання.

### 5.1.3 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

До витрат, які пов'язані з проведенням дослідження відносяться: витрати на основні матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні матеріали, затрачені на проведення дослідження, розраховують по формулі (5.5):

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.5)$$

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.5.4.

Таблиця 5.4 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Хурма «Корольок», кг	7	45,00	315,00
Пластикові стаканчики, шт	10	2,00	20,00

Продовження табл. 5.4

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Ємність для подрібнювання пластикові, 2 л	1	32,00	32,00
Форми для випікання, шт	5	20,00	100,00
Зіп-пакети, шт	100	0,50	50,00
Всього			517,00

Заробітна плата працівників, що займалися дослідженням, визначається множенням середньогодинного заробітку працівника на кількість витраченого часу. Розрахунки зводяться в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – 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 приймаються у розмірі 22 % єдиного соціального внеску. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

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

Затрати на витрачену електроенергію визначаються по формулі (5.6):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a , \quad (5.6)$$



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.).

$$E_{\text{блендер}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 14 \cdot 1,68 = 25,40 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ел.сушарка}} = 0,36 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 1,68 = 32,66 \text{ грн};$$

$$E_{\text{НВЧ}} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 1,68 = 72,58 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ваг}} = 0,8 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 1,68 = 0,27 \text{ грн};$$

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{блендер}} + E_{\text{ел.сушарка}} + E_{\text{НВЧ}} + E_{\text{ваг}} = 25,40 + 32,66 + 72,58 + 0,27 = 130,91 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, знаходяться за формулою (5.7):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.7)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн.

$\Phi$  – вартість устаткування, грн.;

$H$  – річна норма амортизації, %;

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

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{блендер}} = \frac{1000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 0,55 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ел.сушарка}} = \frac{700 \cdot 20 \cdot 3}{100 \cdot 365} = 1,15 \text{ грн};$$

$$A_{\text{НВЧ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 3}{100 \cdot 365} = 3,29 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ваг}} = \frac{4000 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,37 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.5.6.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Блендер	1000	20	1	0,55
Електросушарка	700	20	3	1,15
НВЧ-піч	2000	20	3	3,29
Ваги лабораторні	4000	12,5	1	1,37
Всього				6,36

Накладні витрати – це витрати, пов’язані із опаленням, освітленням, вентиляцією, утриманням бібліотеки, ремонтом приміщень, страхуванням навчально-допоміжного і адміністративно-управлінського персоналу та інші господарські витрати. Накладні витрати приймаються на рівні 80% від нарахованої заробітної платні виконавців дослідження:

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

Результати розрахунку всіх витрат на проведення наукового дипломного дослідження зводимо в табл.5.7.

Таблиця 5.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	517,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	130,91
Амортизація	6,36

Накладні витрати	800,00
Всього	2674,27

Як видно з табл. 5.7, найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження процесу отримання виробництва яблучних чіпсів з перемеленої яблучної сировини є витрати на заробітну платню, які складають 37 % від загальної суми витрат. Найменші витрати під час проведення дослідження були пов'язані з амортизацією обладнання, і склали 0,2 % від загальної суми витрат. Витрати на електроенергію становили 4,8 % від загальної суми витрат, що пояснюється використанням електричної сушарки та тривалістю процесу сушіння.

## 5.2 Розрахунок ціни дослідження

Науково-дослідна робота відноситься до фундаментальних досліджень, тому ціна визначається на основі витрат на дослідження та рентабельності, згідно формули (5.8):

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.8)$$

де  $Ц$  – ціна дослідження, грн.;

$C$  – витрати на дослідження, грн.;

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

Таким чином:

$$Ц = 2674,27 + \frac{30 \cdot 2674,27}{100} = 3476,55 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 3476,55 грн.

Висновки по розділу.

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 62 дні. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну платню, які складають 37 % від загальної суми витрат, найменшими – витрати на амортизацію обладнання (0,2%). Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3476,55 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено доцільність виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми. Описано вимоги до якості та класифікацію плодів хурми на сорти за якісними показниками. Проведено аналіз та виконано детальний опис хімічного складу плодів хурми різних сортів.

Проведено огляд методів сушіння плодової сировини. Наведено основні способи та установки для здійснення сушіння плодової сировини. Розглянуто переваги і недоліки кожного методу сушіння плодової сировини. Визначено переваги та доцільність проведення досліджень щодо можливості використання надвисокочастотного опромінення для сушіння перемеленої сировини хурми для отримання чіпсів. Визначено основні аспекти впливу НВЧ-обробки на якісні показники сировини при сушінні.

Наведено характеристику використаного обладнання, та порядок проведення досліджень конвективного і НВЧ-сушіння. Визначено методики дослідження вмісту поліфенолів та аскорбінової кислоти в сировині хурми та чіпсах з перемеленої сировини хурми.

Відповідно до мети і поставлених завдань для виконання мети дослідження було отримано наступні результати:

1) досліджено кінетику процесу конвективного та НВЧ-сушіння перемеленої сировини хурми з отриманням плодових чіпсів. Зафіксовано позитивний вплив попереднього механічного віджимання вологи з перемеленої сировини, що дозволяє зменшити вологість сировини до сушіння з 81 до 45 %, що в свою чергу сприяє скороченню тривалості сушіння на 34 %. Встановлено, що при використанні НВЧ-сушіння температура перемеленої сировини хурми не перевищує 52 °С, що вказує на високий ступінь збереженості корисних і поживних речовин в продукті.

2) встановлено, що збільшення потужності надвисокочастотного випромінювання збільшує вміст поліфенолів. Так, при використанні режиму

з потужністю 100 Вт, вміст поліфенолів в чіпсах збільшується на 16 %, а при 500 Вт – на 32 %.

3) визначено, що режим сушіння в 500 Вт дозволяє зберегти на 37 % аскорбінової кислоти більше, ніж при конвективному сушінні. Встановлено негативний ефекти збільшення потужності НВЧ-обробки на вміст вітаміну С в чіпсах з перемеленої сировини хурми. При потужності НВЧ-генератору в 100 Вт в чіпсах зберігається на 5% більше аскорбінової кислоти, ніж при використанні режиму з 500 Вт потужністю.

4) встановлено кращі органолептичні властивості чіпсів з перемеленої сировини хурми, вироблених методом НВЧ-сушіння, ніж – конвективним методом. За результатами органолептичної оцінки рекомендується для виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми застосовувати НВЧ-сушіння з потужністю генератора випромінювання 300 Вт. Використання режиму 500 Вт потужності НВЧ-сушіння не рекомендується через низькі органолептичні властивості отриманих чіпсів.

5) розроблено технологічну схему виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми, яка дозволяє інтенсифікувати процес вологовидалення при сушінні внаслідок застосування підведення НВЧ-енергії, замість конвективного нагріву; та підвищити якість готового продукту за рахунок забезпечення мікробіологічного знезараження і зниження негативного впливу термічного процесу на термолабільний продукт внаслідок використання НВЧ-обробки.

Розглянуто стан охорони праці в цеху з виробництва плодівих чіпсів з перемелених плодів хурми, запропоновано заходи для поліпшення умов праці, розглянуто заходи електробезпеки при виготовленні чіпсів з перемелених плодів хурми, проведено розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху та розраховано систему блискавкозахисту будівлі.

Розраховано вартість дослідження з урахуванням 30% нормативної рентабельності, що становить 3476,55 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Воронцов В.В., Штейман У.Г.. Возделывание субтропических культур. М.: Изд-во «Колос». 1982. 315 с.
2. Matheus, J. R. V., Andrade, C. J. de, Miyahira, R. F., & Fai, A. E. C. Persimmon (*Diospyros Kaki L.*): Chemical Properties, Bioactive Compounds and Potential Use in the Development of New Products – A Review. *Food Reviews International*. 2020. pp. 1–18. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733597>
3. C. H. Briand. The common persimmon (*Diospyros virginiana L.*): The history of an underutilized fruit tree (16th-19th centuries) (англ.). Huntia. Pittsburgh, PA, USA: Hunt Institute for botanical Documentation, 2005. Vol. 12, №1. P. 71-90.
4. На півдні України гарні перспективи вирощування хурми. Журнал «Агробізнес сьогодні». [Електронний ресурс]. – URL: <http://agrobusiness.com.ua/agrobusiness/item/12576-na-pivdni-ukrainy-harni-perspektyvy-vyroshchuvannia-khurmy.html>
5. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. Інформаційно-аналітичний збірник (випуск 6) / За ред. П.Т. Саблука та ін. К.: ІАЕ УААН, 2003. 764 с.
6. Васьківська С. В., Сухомлин Л. В. Перспектива вирощування малопоширених культур у садах України. Матеріали міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта», м. Умань. 2016. С. 57-62.
7. Кудренко І. К. Досвід і перспективи вирощування субтропічних культур в Україні. *Наука та наукознавство*. 2008. № 1. С. 131-137.
8. Григор'єва О. В. Морфологічні та біоекологічні особливості і репродукція хурми віргінської (*Diospyros virginiana L.*) в умовах Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. 2 (24). 2009. С. 13-18.
9. Григор'єва О. В., Клименко С. В. Рід *Diospyros L.* (Ebenaceae Guerke) в Україні: інтродукція, перспективи культивування. *Інтродукція рослин*. 2005. №. 2. С. 21-26.

10. Проект пояснительной брошюры и стандарта на хурму. Документ 63 сесии Специализированной секции по разработке стандартов на свежие фрукты и овощи Европейской экономической комиссии. Женева. 2015. 25 с.
11. Коробкина З.В., Страхова С.А. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров. М.: Колос, 2003. 263 с.
12. Газука Т. А. Г 13 Навчально-методичні рекомендації до курсу «Товарознавство». Чернігів: ЧНПУ, 2013. 56 с.
13. Матюхина З. П., Королькова Э. П. Товароведение пищевых товаров. М.: Колос, 2003. 352 с.
14. Метлицкий Л. В. Основы плодов и овощей. М.: Экономика, 1976. 148 с.
15. Біохімія плодів та овочів. Навчальний посібник. / В. В. Євлаш та ін. Мелітополь. 2019. 205с.
16. Меженський В. М., Меженська Л. О., Якубенко Б. Є. Нетрадиційні ягідні культури: рекомендації з селекції та розмноження. К.: ЦП «Компринт», 2014. 134 с.
17. Омаров М. Д., Омарова З. М. Биохимический состав плодов хурмы восточной и фейхоа. Аграрная наука: Современные проблемы и перспективы развития. 2012. С. 1070-1074.
18. Омаров М. Д., Причко Т. Г. Биохимический состав плодов хурмы восточной разного происхождения. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. №. 4. С. 12-17.
19. Гусейнова Б. М., Даудова Т. И. Биохимический состав плодов хурмы, выращиваемой в Дагестане, и его изменение в процессе холодого хранения. Сельскохозяйственная биология. 2011. №. 5. С. 15-21.
20. Шейхмагомедова Г. Н., Мукайлов М. Д. Динамика изменения биохимического состава плодов хурмы восточной при быстром замораживании. Проблемы развития АПК региона. 2012. Т. 9. №. 1. С. 115-119.



21. Омаров М. Д. Биохимический состав плодов хурмы восточной (*Diospyros kaki*) и его значение. Садоводство и виноградарство. 2012. №. 1. С. 37-39.
22. Гусейнова Б. М. Химический состав плодов хурмы в зависимости от сорта и условий выращивания. Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. №. 144-148.
23. Леонтьев В. М., Гордиенко Г. П., Первышина Г. Г. К вопросу о химическом составе плодов хурмы (*Diospyros kaki*). Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. 2002. С. 133-135.
24. Батуч М.Г. Химический состав плодов хурмы в зависимости от сорта и условий выращивания. Сборник научных трудов ГНБС. 2017. Том 144. Часть I. С. 171-175.
25. Baltacıoğlu H., Artik N. Study of postharvest changes in the chemical composition of persimmon by HPLC. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2013. Т. 37. №. 5. С. 568-574.
26. Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. – М.: Колос, 2002. – 424 с.
27. Joung S. Y. et al. The chemical composition of persimmon (*Diospyros kaki*, Thumb) leaf tea. Journal-Korean society of food and nutrition. 1995. Т. 24. P. 720-726.
28. Kim S. K. et al. Chemical composition and quality of persimmon peels according to cultivars. Applied Biological Chemistry. 2005. Т. 48. №. 1. С. 70-76.
29. Yaqub S. et al. Chemistry and functionality of bioactive compounds present in persimmon. Journal of Chemistry. 2016. Т. P. 120-138.
30. Altuntas E., Cangi R., Kaya C. Physical and chemical properties of persimmon fruit. International Agrophysics. 2011. Т. 25. №. 1. P.89-92.

31. Liu H.F., Zhang J.G., and Guo L.P. Study on technology of storage and fresh-keeping of 'Mopan' persimmon (in Chinese). *Tianjin Sci. Technol. Agric. Fores.* 2007. P. 11-23.
32. Ryu S. et al. NMR- based analysis of the chemical composition of Japanese persimmon aqueous extracts // *Magnetic Resonance in Chemistry.* 2016. T. 54. №. 3. C. 213-221.
33. Candir E. E. et al. Physico-chemical changes during growth of persimmon fruits in the East Mediterranean climate region. *Scientia Horticulturae.* 2009. T. 121. №. 1. C. 42-48.
34. de Ancos B., Gonzalez E., Cano M. P. Effect of high-pressure treatment on the carotenoid composition and the radical scavenging activity of persimmon fruit purees. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2000. T. 48. №. 8. C. 3542-3548.
35. Mujumdar, A. S. Principles, classification and selection of dryers. In Mujumdar (Ed.), *Handbook to industrial drying* (3rd ed., pp. 3–32). New York: CRC. 2007.
36. Mujumdar, A. S., & Menon, A. S. (1995). Drying of solids: Principles, classification, and selection of dryers. In A. S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (pp. 1–40). New York: Marcel Dekker. 1995.
37. Mujumdar, A. S., & Passos, M. L. Drying: Innovative technologies and trends in research and development. In S. Mujumdar, S. Suvachittanont (Eds.), *Developments in drying 2000*, vol. I (pp. 235–268). Singapore. 2000.
38. Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. Ultrasound as pretreatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering.* 2007. №82. P. 207–214.
39. Azuara, E., Flores, E., & Beristain, C. I. Water diffusion and concentration profiles during osmodehydration and storage of apple tissue. *Food and Bioprocess Technology.* 2009. №2. P.361– 367.
40. Cruz, R. M. S., Vieira, M. C., Fonseca, S. C., & Silva, C. L. M. (2010). Impact of thermal blanching and thermosonication treatments on

watercress (*Nasturtium officinale*) quality: thermosonication process optimization and microstructure evaluation. *Food and Bioprocess Technology*. doi:10.1007/s11947-009-0220-0.

41. Лонцип, М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств. М., Легкая и пищевая промышленность. 1983. 384 С.

42. Витюк, Л. А. Совершенствование процесса производства полуфабрикатов чипсов. Автореф. дис. канд. техн. наук. - М.: МГУПП-ВНИИК, 1999-27с.

43. Герасимович, Л.С. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. М. - Колос. - 1980.

44. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. М. - Пищевая промышленность. 1973.

45. Гришин, М.А., Установки для сушки пищевых продуктов/. М.А. Гришин, В.И. Атаназевич, Ю.Г. Семёнов// - М - Агропромиздат. - 1989.

46. Добровольский, В.Ф. Разработка обогащенных зерновых экструдированных продуктов промышленности/ В.Ф. Добровольский, А.А. Королёв, А.Ф. Доронин, О.Е. Бакуменко, А.П. Лисова //. Пищевая промышленность - Москва: 2012. №5. С. 48-50.

47. Лоенко В.В. Особенности экономии энергии в процессе СВЧ сушки шинкованной моркови: Энергосбережение в сел.хоз-ве. М.1998; 4.1. С. 228.

48. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.

49. Лыков А. В. Тепломассообмен. М.: Энергия, 1978. 479 с.

50. Казарян, С.Л. Исследование и обоснование параметров поточной линии для комбинированной сушки свежесобранных листьев табака: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. - Ереван, 1981.

51. Пенто В.Б., Королев А.А. Сравнительный анализ современных технологий и оборудования для сушки плодоовощных продуктов. Консервная промышленность сегодня. 2011. № 5. С. 6 - 11.

52. Бородин И.Ф. Анализ использования СВЧ-энергии в агропро-

мышленном комплексе. Использование СВЧ-энергии в сельскохозяйственном производстве. Зерноград: ВНИПТИМЭСХ. 1989. С. 5-13.

53. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. М. - Пищевая промышленность. 1973. 311 с.

54. Патент РФ 2286068, МПК А23 L 1/212. Способ производства консервов из томатов / Гуревич А. В., Пенто В.Б., Королев А.А. № 2005135707/13, заявлен. 17.11.2005; опубл. 27.10.2006, Бюл. №5. 5 с.

55. Комяков, О.Т. Научные основы технологии производства сухих продуктов на основе картофеля с пряно-ароматическими добавками. Науч.-практ.конф. "Прогрессивные, экологически безопасные технологии хранения и комплексной переработки сельхозпродукции для создания продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности по направлению " Тез.докл.. М., 1998. С. 177

56. Пенто, В.Б. Новое в технологии производства сушеных плодов, овощей и винограда: Лекция для заочников курсов "Новое в производстве плодовоовощных продуктов" / Заоч. ин-т повышения квалификации ИТР ЦП ВНТО пищ. пром-сти : М., 1989. - 36 с., табл.

57. Калашников Г.В. Разработка экспериментальной установки для исследования влаготепловой обработки пищевого растительного сырья. ВГТА, Воронеж, 2011. С.431-369.

58. Патент РФ 2304885, МПК А23 L 1/212. Способ производства пищевого продукта из плодовоовощного сырья / Гуревич А. В., Пенто В.Б., Королев А.А., Анисеева С.П. - № 2006126611/13, заявлен 24.07.2006; опубл. 27.08.2007. Бюл. №10. 9 с.

59. Патент США 2462047, МПК А23 L 001/164. Способ приготовления закусочного пищевого продукта для здорового питания / Бове Д. Р., Бурнхам К. Д., Хики Д. Л., Хиллиард Г. П., Лок М. Л., Ньюберри Б. Р., Папалиа Р. Д., Пеарт Д. Л. -№2010134170/13; заявлен. 18.01.2008; опубл. 18.01.2008 Бюл. №15. 3с.

60. Зозулевич Б.В. Интенсивность испарения воды при сушке

фруктов на туннельных сушилках. Консервная и овощесушильная пром-сть. 1972. №9. С. 15 – 17.

61. Гуляев В.Н. Сушеные овощи и фрукты. М.: Пищ. пром-сть, 1980. 190 с.

62. Кругляк А.А. Разработка и обоснование параметров электрифицированной установки тепловой обработки зерна для подсобных и фермерских хозяйств: Автореф. дис. канд. техн. наук. Саратов, 1996. 158 с.

63. Избасаров, Д.С. Технология производства фруктовых порошков из сухофруктов/ Д.С. Избасаров, Ю.Ф. Снежкин, Н.Е. Джерембаева// Пробл. влияния тепл, обраб. на пищ. ценность прод. питания: Тез. докл. Всес. научн. конф.: Харьков, 1990.-С. 315-317.

64. Kiranoudis C.T., Maroulis Z.B., Marinos-Kouris D. Drying Kinetics of onion and green pepper// Drying Technol. -1992. -Т. 10. -№4. -Р.995-1 Oil.

65. J. of Microwave Power. 1976. Vol. 11, № 4. P. 315-320.

66. Microwellen Magazin. 1977, № 3. P. 209-210, 212, 214, 216-220.

67. Haffner K.; Jeksrud W.K.; Rosenfeld H.J.; Tengesdal G.; Skrede G. Farbveränderungen im Fruchtfleisch von vier Apfelsorten vor und nach Trocknungsprozessen. Erwerbsobstbau, 2000; Jg.42, H.6-S. 151-156

68. Moreira R.; Figueiredo A.; Sereno A. Shrinkage of apple disks during drying by warm air convection and freeze drying. Drying Technol., 2000; Vol. 18, №1/2 P. 279-294

69. Патент РФ 2416063 МПК А23 L 1/212. Сушилка / Остриков А. Н., Шевцов А.А., Бритиков Д.А., Ушакова М.А. - № 2010105473/06, заявлен 15.02.2010; опубл. 10.04.2011, Бюл. №13.5 с.

70. Пенто, В.Б.. Двухстадийная сушка болгарского перца/ В.Б. Пенто, А.В. Гуревич // Овощеводство и теплич. хоз-во, 2008; № 7. С. 50-51

71. Пенто, В.Б. Линия заводской обработки сушеного винограда // Международная научно-практическая конференция "Флодоовощные консервы - технология, оборудование, качество, безопасность": Сб. материалов / Всерос. науч.-исслед. ин-т консерв. и овощесушил. пром-сти. –

Москва. Видное, 2004. С. 567-571.

72. Пенто, В.Б. Конвейерная сушилка для плодоовощных продуктов  
Флодоовощные консервы - технология, оборудование, качество,  
безопасность. Всерос. науч.-исслед. ин-т консерв. и овощесушил. пром-сти.  
Москва; Видное, 2009. С. 217-227.

73. Патент РФ 2393397, МПК F26B3/06, F26B3/30. Способ импульсной  
инфракрасной сушки термолабильных материалов / Григорьев С.П.,  
Рудобашта С.П. -№ 2009119751/06, заявлен 26.05.2009; опубл. 27.06.2010.  
Бюл. №10. - 9 с.

74. Патент РФ 2348160, МПК А23 В 7/02. Способ производства  
сушеной моркови / Клименчук О. А., Щеглов Н. Г., Папуш Е.Г.-  
№2008100392/13; заявлен. 09.01.2008; опубл. 09.01.2008 Бюл. №1 - 8с.

75. Дущенко В.П., Ганя Г.П. Сушка яблок инфракрасным излучением.  
Консервная и овощесушильная пром-сть. 1972. №2. С. 33-40.

76. Ангерсбах А.К. Интенсификация терморационн-конвективной  
сушки яблок и айвы. Диссер. канд. тех. наук. М.: 1987. 264 с.

77. Chua KJ, Mujumdar AS, Hawlader MNA, Chou SK, Ho JC. Batch  
drying of banana pieces – effect of stepwise change in drying air temperature on  
drying kinetics and product color. Food Res Int 2001;34:721–31.

78. Ogura H, Yamamoto T, Otsubo Y, Ishida H, Kage H, Mujumdar AS.  
A control strategy for chemical heat pump dryer. Dry Technol 2005;23:1189–203.

79. Hawlader MNA, Bong TY, Yang Y. A simulation and performance  
analysis of a heat pump batch dryer. In: Proceedings of the 11th international  
drying symposium, vol. A; 1998. p. 208–15/

80. Goksu, E. I., Sumnu, G., & Esin, A. Effect of microwave on fluidized  
bed drying of macaroni beads. Journal of Food Engineering. 2005. №66, P.463–  
468.

81. Прозоровська Л. В. Особливості утворення і росту контактів при  
надвисокочастотній обробці міді // Спеціальна металургія: вчора, сьогодні,  
завтра. 2010. №12. С.43-49.

82. Михайлов В. М. Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів: монографія / за заг. ред. О. І. Черевко // Харків: ХДУХТ. 2014. 117 с.
83. Параскова П., Чекаров Т. Возможности современных микроволновых технологий для переработки пищевых продуктов и консервирования // Мікрохвильові технології в народному господарстві: Впровадження. Проблеми. 1996. №2. С. 31–34.
84. Черкасова Э.И. Применение СВЧ-энергии в производстве крупяной продукции // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Пищевые и биотехнологии». 2013. №1. С. 32-37.
85. Калашников Г.В. Ресурсосберегающие технологии пищевых концентратов [Текст] / Г.В. Калашников, А.Н. Остриков. – Воронеж: ВГУ, 2001. 355 с.
86. Калашников Г.В. Кинетика СВЧ-сушки яблок. Вестник «ВГУИТ». – 2012. № 2. С. 40–42.
87. Остапенко А.М. О воздействии СВЧ-энергии на биологические объекты [Текст] / А.М. Остапенко, В.А. Матисов, А.В. Беловолов // Изв. вузов. Пищ. технология. – 1975. – №5. – С. 123 – 127.
88. Разарёнова К.Н., Жохова Е.В. Сравнительная оценка содержания дубильных веществ в некоторых видах *Geranium L.* флоры Северо-Запада // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 187–192.
89. Государственная фармакопея СССР: выпуск 1 / Ю.Г. Бобков [и др.]. Москва: Книга по требованию. 1984. 1080 с.
90. Чупахина Г.Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум. Калинингр. ун-т. Калининград, 2000. 59 с.
91. Сенсорний аналіз харчових продуктів : навч. підручник / Ф. Ф. Гладкий [та ін.]; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків: Технологічний центр, 2018. 131 с.

92. King-Thom Chung, Tit Yee Wong, Cheng-I Wei, Tannins and Human Health: A Review // Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition Volume 38, 1998 - Issue 6

93. Старовойтова С.О. Пробиотичні мікроорганізми з таназною активністю – перспективна основа продуктів функціонального

94. Chemat, F., & Lucchesi, M. E. (2006). Microwave- assisted Extraction of Essential Oils. *Microwaves in Organic Synthesis, Second Edition*, 959-985.

95. Zill e, H., Abert Vian, M., Maingonnat, J. F., & Chemat, F. (2009). Clean recovery of antioxidant flavonoids from onions: Optimising solvent free microwave extraction method. *Journal of Chromatography A*, 1216(45), 7700-7707

96. Нечаев А.П. и др. Пищевая химия. Учебник. 2-е издание, переработанное и исправленное. СПб.: ГИОРД, 2003. 640 с.

97. Москальова В.М. Основи охорони праці: Підручник. Рівне: НУВГР. 2006. 666 с.

98. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу; <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0446-08#Text>

99. Батлук В.А., Кулик М.П., Яцюк Р.А. Охорона праці: навч посібник 3-є видання, доп. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2011. 388 с.

100. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, що додається. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу; <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0095-94#Text>

101. Основи охорони праці: навч. посібн. 2-ге вид. перероб. і допов. В.В. Березуцький та ін. За заг. ред. В.В. Березуцького. Х.: Факт. 2007. 480 с.



102. Барышев Е.Е., Мушников В.С., Фетисов И.Н. Расчет молниезащитных зон зданий и сооружений. Екатеринбург.: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ. 2009. 23 с.

ДОДАТКИ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University  
Department of Equipment of Processing and Food Production  
Department of Technology of Processing and Storage of Agricultural Products  
Intercultural Gastronomic Community



**UHBDP**  Українська  
академія  
аграрних наук

**MEFA**  **Canada** 



# CERTIFICATE

OF PARTICIPATION  
is hereby granted to

**Martela Yuriy**

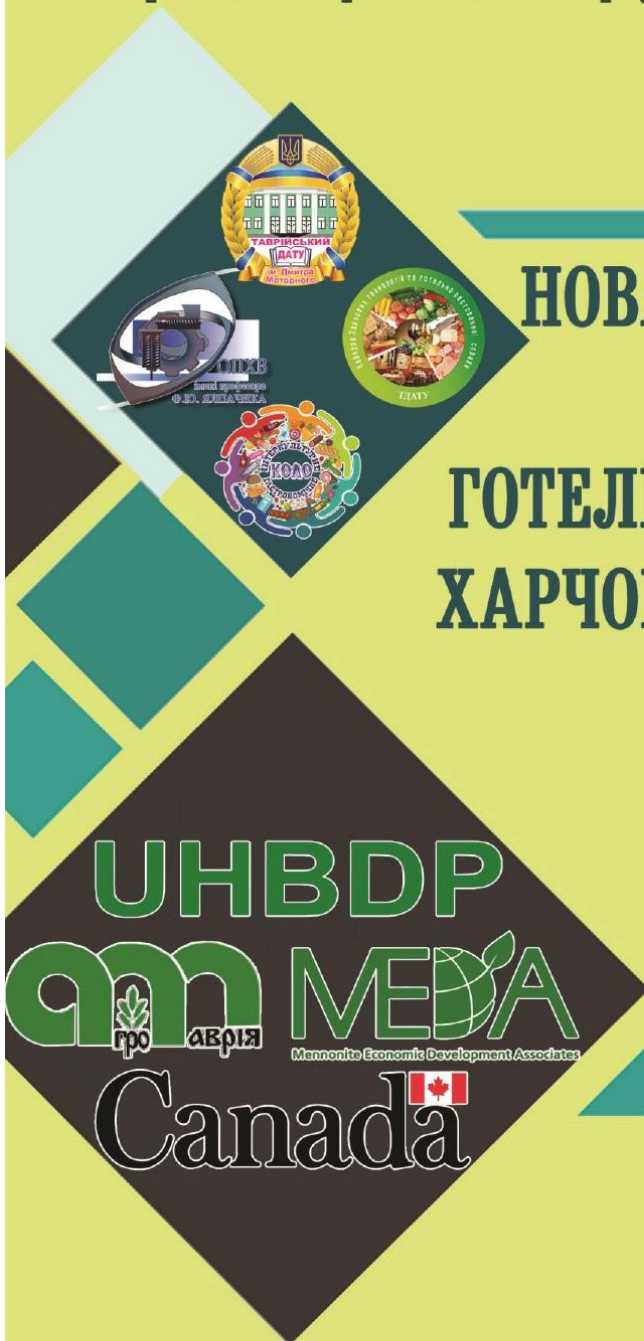
for participating in the International Scientific and Practical Conference  
**INNOVATIONS IN TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF HOTEL  
AND RESTAURANT, FOOD AND PROCESSING INDUSTRIES**  
(8 hours of advanced training, Melitopol, Ukraine, November 24, 2020)

Rector of  
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,  
Dr. Tech. S. Professor  
**Volodymyr Kyurchev**



# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного  
Український проект бізнес-розвитку плодоовочівництва  
Громадська організація “Інтеркультурне гастрономічне коло”



## НОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННІ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ, ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Матеріали міжнародної науково-  
практичної інтернет-конференції

24 листопада 2020 року

УНВДР  
agro MEDIA  
Mennonite Economic Development Associates  
Canada

Мелітополь

<b>52. Розинська К.Д., Шинкарук М.В.</b> Обґрунтування доцільності виробництва фруктово-овочевих соків комбінованого складу	151
<b>53. Буднік Є.О., Волохата Л.В., Руснак Р.А., Олексієнко В.О.</b> Вплив яблучного порошку на властивість і якість бісквітних напівфабрикатів	153
<b>54. Семенюк К.М., Штонда О.А.</b> Маринади на основі купажів рослинних олій в технології натуральних м'ясних маринованих напівфабрикатів	156
<b>55. Крижеська Т.А., Хуан Хуалянь, Шань Фейфей</b> Гастрономічне комбінування сировини для виготовлення м'ясних виробів	158
<b>56. Червоткіна О.О., Тарасенко В.Г.</b> Використання в'язучих речовин при виробництві гранульованих овочів	161
<b>57. Куянов Ю.Ю., Тимчак Д.О., Мартела Ю.Д.</b> Перспективи виробництва снєків з плодів хурми	164
<b>58. Сова Н.А., Михненко І.Р., Чорней К.А., Коваленко Н.В.</b> Порівняння складу конопляного борошна, отриманого за різними технологіями	167
<b>59. Ломейко О.П., Пупинін А.А., Шуваєв А.С.</b> Обґрунтування конструкції вальцювого плющильного верстату для круп і зернобобових після їх варіння і підсушування	169
<b>60. Хмура Ю.Ю., Тарасенко В.Г.</b> Вдосконалення обладнання для заморожування харчових продуктів	172
<b>61. Загорулько О.Є., Загорулько А.М., Гордієнко І.О.</b> Удосконалення способу виробництва пастоподібного напівфабрикату з плодоовочевої сировини	175
<b>62. Фіалковська Л.В.</b> Використання відходів рафінації олії	177
<b>63. Свеженцев В.О., Миколенко С.Ю.</b> Поліпшення композиційних властивостей борошняних кондитерських виробів збагачених насінням чіа	180
<b>64. Самойчук К.О., Самохвал В.А.</b> Характеристики використання брикетування в переробній промисловості	182

### СЕКЦІЯ 3. ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

<b>65. Ritter T., Hribova I., Silonova N.</b> Analysis the general guidelines of food legislation germany and ukraine	185
<b>66. Бандура І.І., Кулик А.С., Отоангхе С. Ісікхуєтхен</b> Оцінка мікробіоти рослинних субстратів для промислового культивування їстівних грибів	188
<b>67. Кюрчев С.В., Верхоланцева В.О., Паляничка Н.О.</b> Холод сприяє зберіганню продукції	192
<b>68. Аксьонова О.Ф., Губський С.М., Євлаш В.В.</b> Використання підсолоджувача splenda у виробництві кексу сирного: спектроскопічне дослідження стану вологи	194

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА СНЕКІВ З ПЛОДІВ ХУРМИ**

**Куянов Ю.Ю.**, канд. техн. наук, доц.,  
**Тимчак Д.О.**, викладач,  
**Мартела Ю.Д.**, магістрант

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Темп життя сучасної людини стрімко прискорюється, зумовлюючи проблеми зі швидкістю та користю харчування. Саме через нестачу часу до раціону людини потрапляють продукти швидкого харчування, зокрема снеки. Яскравим представником такої снекової продукції є чіпси.

Основною сировиною для виробництва чіпсів в усьому світі вважають картоплю. І, дійсно, за статистикою картопляні чіпси займають в середньому 20 % ринку снекової продукції в Україні [1]. Більшу частину картопляних чіпсів виробляють класичним методом обсмажування в великій кількості розігрітої рослинної олії. Даний метод виробництва зумовлює негативну дію картопляних чіпсів на організм людини, серед якої згущення крові, збільшення холестерину в крові, порушення в роботі печінки та нирок [2]. Зважаючи на шкідливий вплив вживання картопляних чіпсів на організм людини, науковці працюють над розробкою нових методів виробництва, удосконаленням технологій, пошуком нової сировини та додаванням нових компонентів до існуючих рецептур. Зокрема, останнім часом широкого поширення набувають чіпси, виготовлені з плодової сировини, такої як: яблука, черешні, хурма [3, 4].

Плоди хурми – висококалорійний продукт харчування, що володіє найціннішими харчовими, смаковими, дієтичними і лікувальними властивостями. За даними досліджень [5] середня енергетична цінність плодів хурми становить 690 ккал, що на 34 % більше ніж аналогічний показник яблук. Плоди хурми є джерелом цукрів, органічних кислот, пектинів, поліфенолів, мінералів, вітаміну С і β-каротину. Вміст розчинних сухих речовин в плодах, що вирощуються в Україні коливається від 19,4 до 28,0%. В основному хімічний склад вітчизняних плодів хурми складається з цукрів (16,7-20,6%), серед яких переважають моносахариди (глюкоза і фруктоза). Вміст органічних кислот коливається в межах від 0,21 до 0,45%, пектинів – від 0,42 до 1,16%, середній вміст аскорбінової кислоти – 21,2 мг/100 г, β-каротину – від 1,91 до 6,33 мг/100 г.

При дозріванні плодів хурми вони не вражаються шкідниками. Тому плоди хурми вважаються цінним, висококалорійним продуктом харчування [6]. Однак в даний час промислове виробництво харчових продуктів із плодів хурми дуже обмежене. Існує технологія виробництва чіпсів з нарізаних плодів хурми [7], значним недоліком якої є використання недозрілих плодів для можливості нарізання їх на шматочки чітко визначеної товщини.

Велика частина плодів хурми в роздрібних мережах торгівлі не встигає реалізовуватися, тому псується і утилізується. Вирішенням проблеми може стати технологія виробництва чіпсів із перемелених плодів хурми. За даною

технологією пропонується використання перезрівших плодів хурми, які втратили свій товарний вигляд, не можуть бути реалізовані населенню і не підлягають зберіганню. Таку сировину миють, очищають від плодоніжки і перемелюють з подальшим механічним відтисканням рідкої фракції. В якості зв'язуючого компоненту пропонується додавання до перемелених плодів хурми яблучного пектинового порошку. Такий порошок отримують сушінням м'якоті яблук, обробленої яблучною або лимонною кислотою, з подальшим подрібненням на дезінтеграторі. Пектиновий порошок має високі гігроскопічні властивості, які дозволяють зменшити вологість перемеленої маси, що значно знижує тривалість висушування. Суміш перемелених плодів хурми з пектиновим порошком підлягає формуванню на матрицях визначеної форми та відправляється на висушування.

Для проведення досліджень було використано плоди хурми сорту Корольок. Використовували плоди без пошкоджень, які мили та відокремлювали плодоніжку. Перед висушуванням частину плодів нарізали рівномірними шматочками товщиною 3 мм, а іншу частину – подрібнювали до пюреподібної консистенції, відтискали зайву вологу та додавали яблучний пектиновий порошок. Висушування зразків проводили конвективним методом в електросушарці Rotex при температурі 45°C.

Отримані результати показників якості чіпсів із нарізаних та з перемелених плодів хурми наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості чіпсів з хурми

Показник	Чіпси з нарізаних плодів	Чіпси з перемелених плодів
Час сушіння	8 год	6 год
Форма	Колоподібна з загнутими краями	Правильна колоподібна
Колір	Темно-помаранчевий, рівномірний	Темно-помаранчевий, рівномірний
Запах	Слабкий, властивий хурмі	Відчутний, властивий хурмі
Консистенція	Хрустка, крихка, ламка	Хрустка, ламка

Як видно з табл.1, перемелення плодів та механічне віджимання зайвої вологи збільшує швидкість висушування в 1,3 рази, що значно економить витрату енергоресурсів на виробництво чіпсів. Для більшого зменшення тривалості висушування в подальших дослідженнях доцільно проводити процесу в електромагнітному полі надвисокої частоти.

Також великою перевагою використання перемеленої сировини є можливість надання чіпсам визначеної форми. При цьому за кольором чіпси з перемелених плодів хурми не поступаються чіпсам з нарізаної сировини. Чіпси з перемелених плодів хурми мають більш інтенсивний запах та більш міцну, стійку до розтріскування консистенцію.

## Література:

1. Кузьменко О.В., Тягло М.Д. Аналіз ринку снєків в Україні. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Aktuální vymoženosti vědy – 2018» 22-30 червня 2018 р. Прага. Publishing House «Education and Science». С. 89-91.
2. Якубчак О.М., Борисевич Б.В., Кондрасій В.А. Клінічні та патоморфологічні зміни в організмі лабораторних щурів за згодовування картопляних чіпсів. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. №1 (55). С. 262-268.
3. Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Оценка тепловой эффективности технологической схемы производства яблочных чипсов и сушеных плодов // *Вестник ВГУИТ*. 2014. №3 (61). С. 14-21.
4. Danila Torreggiani, Elisabetta Forni, Anna Rizzolo. Osmotic dehydration of fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*. 1988. №1 (12). С. 27-44.
5. Khokhlov S., Plugatar Y. Chemical composition of persimmon cultivars grown in Crimea. *Acta Horti*. 2016. 1139. P. 677-682 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.116>
6. Достияри Э.Н., Тагиев М.М., Набиев А.А. Производство соков из плодов хурмы. *Пиво и напитки*. 2009. №4. С. 30-31.
7. Çelen S. Effect of Microwave Drying on the Drying Characteristics, Color, Microstructure, and Thermal Properties of Trabzon Persimmon. *Foods*. 2019. №8 (2), P. 2-19. <https://doi.org/10.3390/foods8020084>





**ДДАЄУ**

Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра зберігання і  
переробки с./г. продукції

# **Обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми**

Виконав: студент гр. МгХТ-1-19  
Мартела Ю.Д.

Керівник: к.т.н., доцент  
Куянов Ю.Ю.

# Постановка проблеми



2

1. Хурма – нетрадиційний продукт для переробки на території України.
2. Великі втрати при зберіганні та реалізації плодів в свіжому вигляді.
3. Пошук нових технологій збереження цінної сировини.

1. Чіпси з перемеленої хурми – новий продукт на ринку України.
2. Високі органолептичні властивості продукту.
3. Ресурсозберезувальна технологія НВЧ-сушіння.

# Мета і завдання досліджень

**Метою наукових досліджень** є обґрунтування процесу виробництва продовольчих чіпсів з перемеленої сировини хурми.

Для виконання мети досліджень, було сформовано наступні **завдання**:

- 1)** дослідити кінетику процесу сушіння чіпсів з перемеленої сировини хурми;
- 2)** визначити вплив НВЧ-обробки на вміст поліфенольних речовин в чіпсах з перемеленої сировини хурми;
- 3)** встановити вміст аскорбінової кислоти в чіпсах в залежності від режиму сушіння;
- 4)** провести органолептичну оцінку отриманих чіпсів з перемеленої сировини хурми;
- 5)** розробити технологічну схему виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми.

# Матеріали і обладнання для проведення дослідження

Усереднений хімічний склад плодів хурми сорту Корольок

Сорт	Вміст		
	Цукри, %	Поліфенольні речовини, %	Пектинові речовини, %
Корольок	17,8	0,42	1,33
			Вітамін С, мг/100 г
			21,2

# Використане обладнання

5

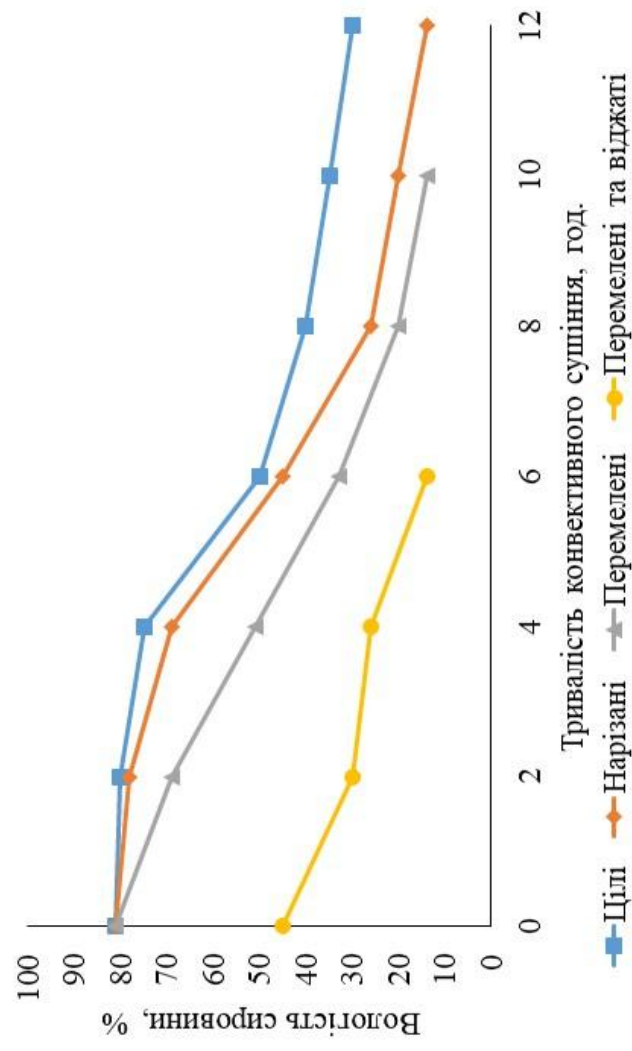


Електросушарка Rotex

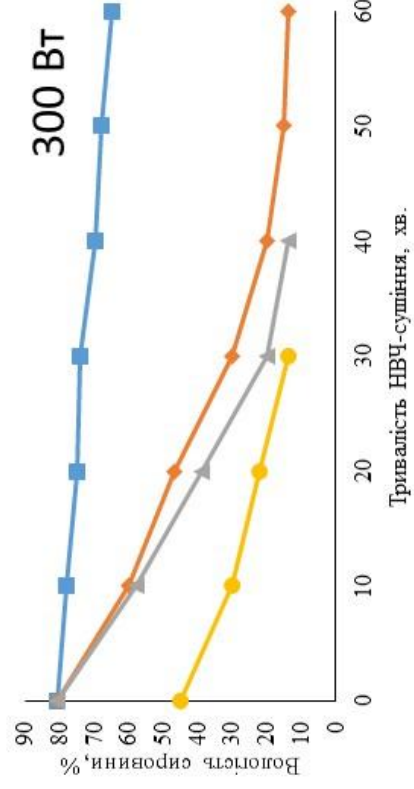
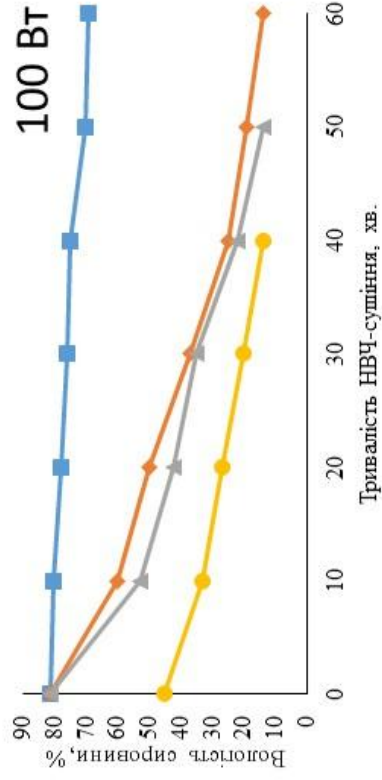


Мікрохвильова піч Samsung

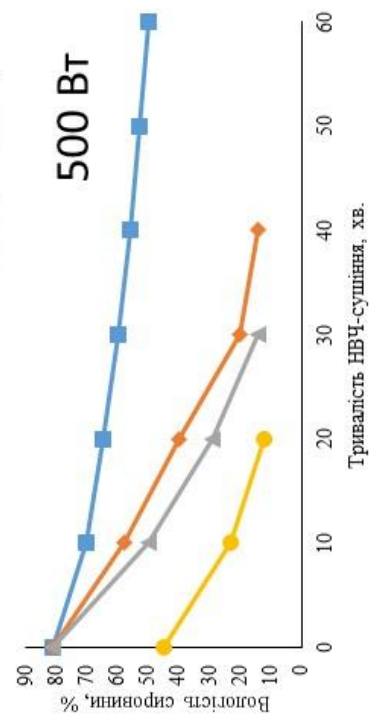
## Результати експериментальних досліджень



# Кінетика НВЧ-сушіння

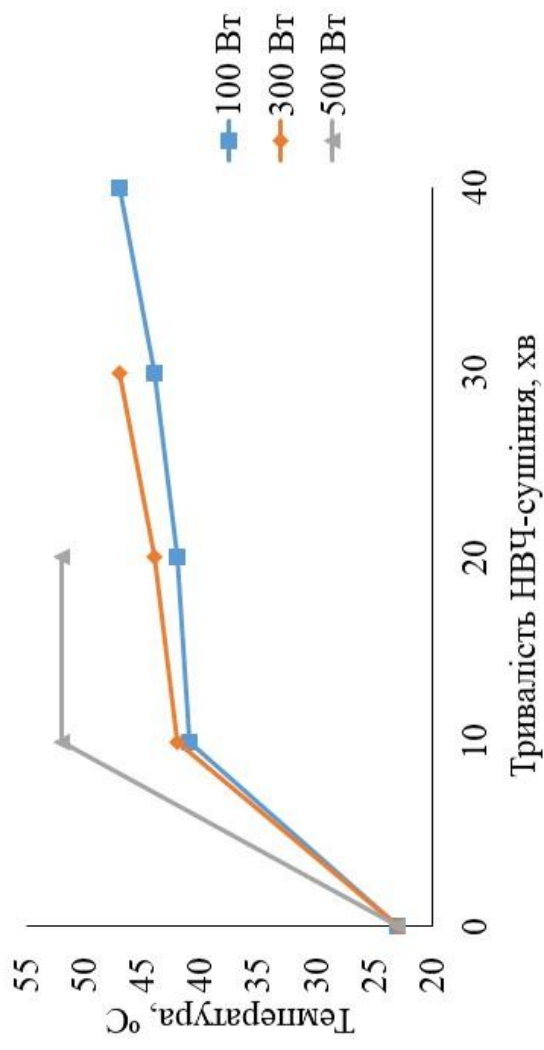


Цілі Нарізані Перемелені Перемелені та віджати



Цілі Нарізані Перемелені Перемелені та віджати

## Залежність температури від потужності НВЧ-випромінювання

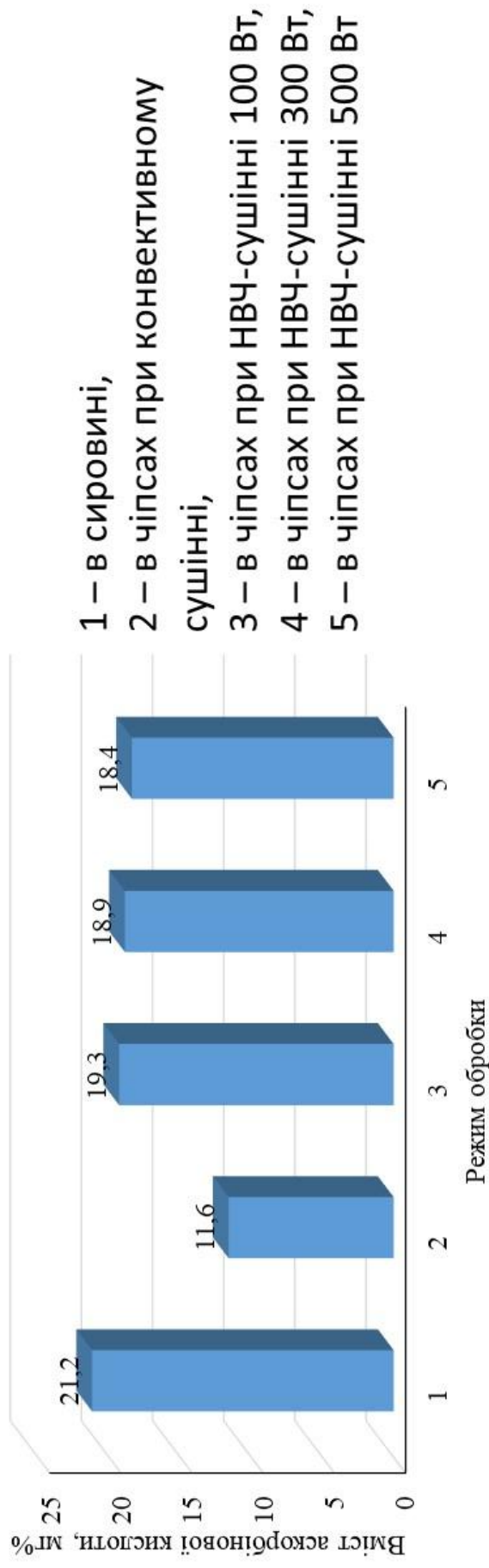




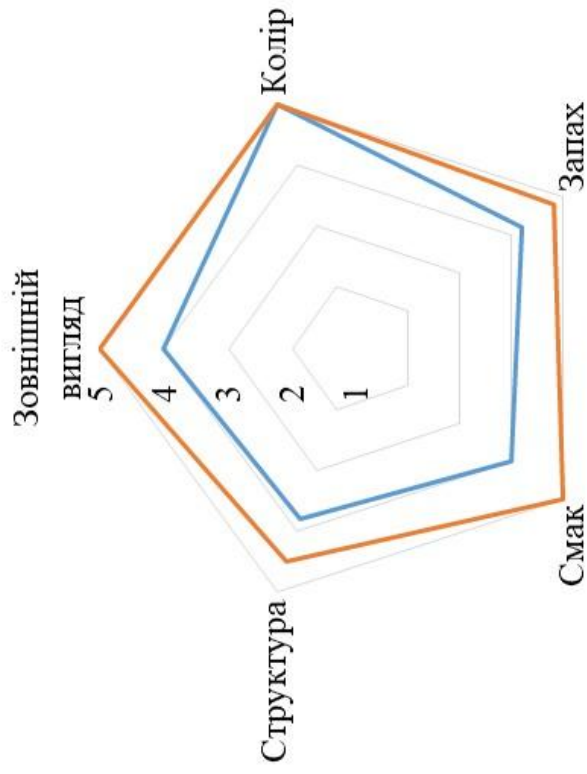
## Дослідження вмісту поліфенольних речовин

Потужність генератору НВЧ-випромінювання, Вт	Вміст поліфенолів, %	
	до НВЧ-сушіння	після НВЧ-сушіння
100	0,42	0,50
300	0,42	0,55
500	0,42	0,61

## Дослідження вмісту аскорбінової кислоти

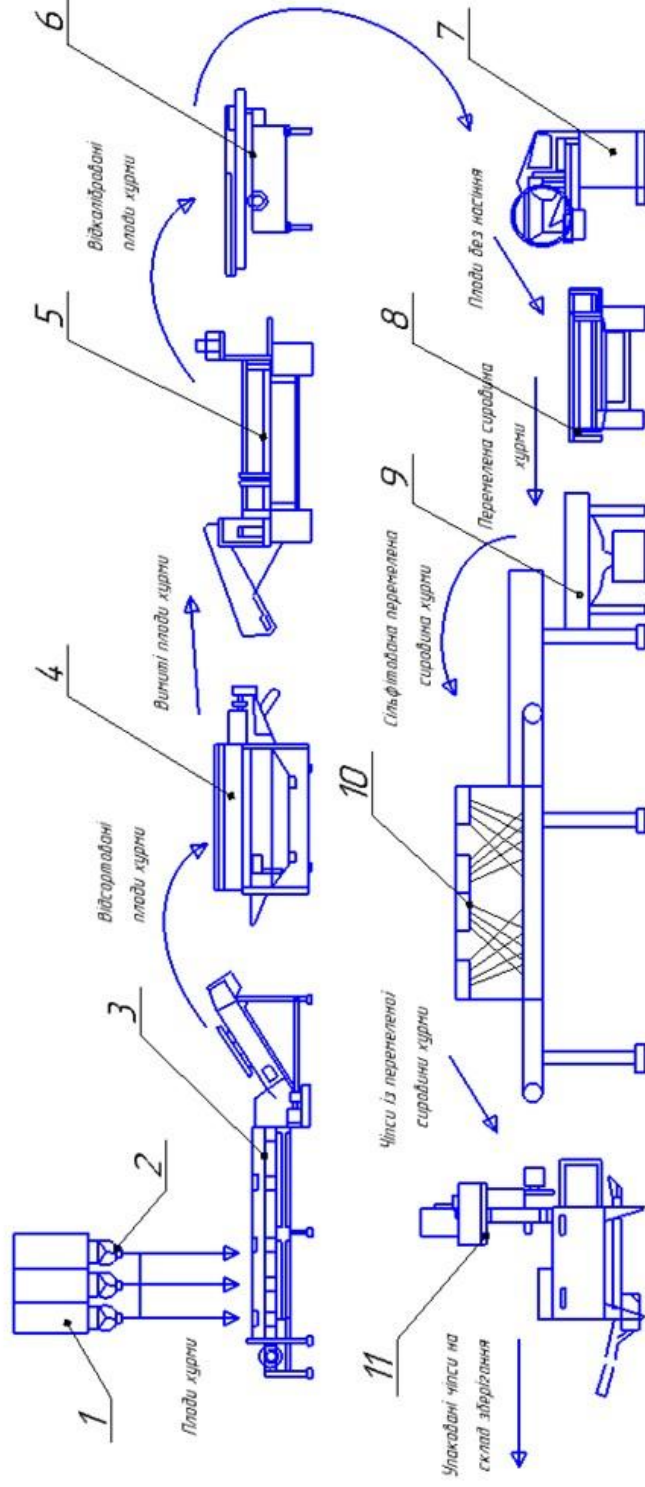


# Органолептична оцінка чіпсів

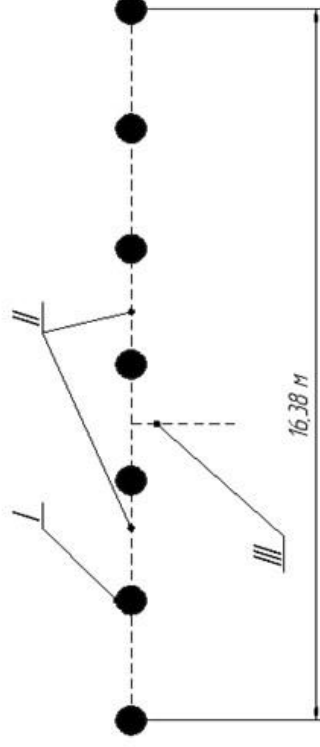
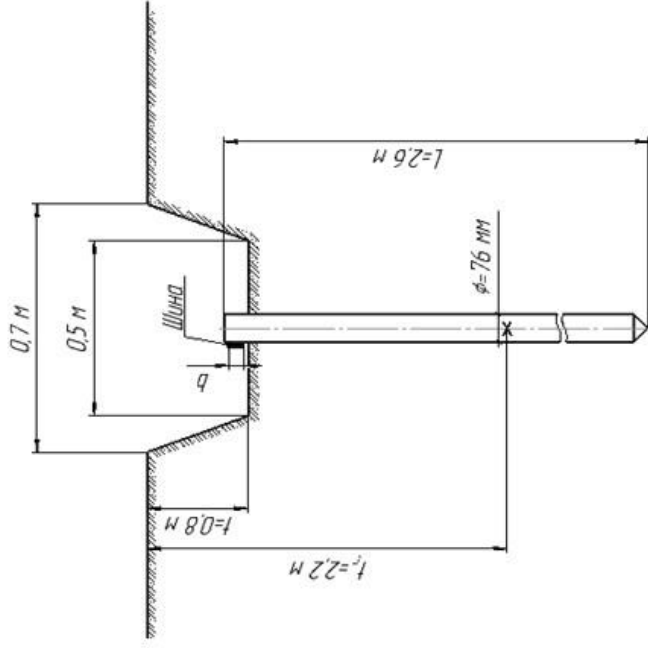


— Конвективне сушіння    — ІВЧ-сушіння

# Розробка технологічної схеми



## Система заземлення електрообладнання цеху з виробництва чіпсів



I – электрод заземлення; II – шина;

III – провідник заземлення.

## КОШТОРИС ВИТРАТ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

<b>Витрати</b>	<b>Сума, грн</b>
Основні матеріали	517,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	130,91
Амортизація	6,36
Накладні витрати	800,00
<b>Всього</b>	<b>2674,27</b>

## Загальні висновки

- 1) встановлено, що при використанні НВЧ-сушіння температура перемеленої сировини хурми не перевищує 52 °С, що вказує на високий ступінь збереженості корисних і поживних речовин в продукті;
- 2) встановлено, що збільшення потужності надвисокочастотного випромінювання збільшує вміст поліфенолів. Так, при використанні режиму з потужністю 100 Вт, вміст поліфенолів в чіпсах збільшується на 16 %, а при 500 Вт – на 32 %;
- 3) визначено, що режим сушіння в 500 Вт дозволяє зберегти на 37 % аскорбінової кислоти більше, ніж при конвективному сушінні. Встановлено негативний ефекти збільшення потужності НВЧ-обробки на вміст вітаміну С в чіпсах з перемеленої сировини хурми;
- 4) за результатами органолептичної оцінки рекомендується для виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми застосовувати НВЧ-сушіння з потужністю генератора випромінювання 300 Вт;
- 5) розроблено технологічну схему виробництва чіпсів з перемеленої сировини хурми, яка дозволяє інтенсифікувати процес вологовидалення при сушінні внаслідок застосування підведення НВЧ-енергії, замість конвективного нагріву.



Дякую за увагу!

