

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології зберігання і переробки зерна

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

_____ Кочубей-Литвиненко О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри

_____ Янюк Т.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 181 «Харчові технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Технології зберігання і переробки зерна

на тему: Дослідження впливу НВЧ променів на показники якості насіння кvasолі

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТЗ-2-6М

Павлишена А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Янюк Т.І.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології зберігання і переробки зерна

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Технології зберігання і переробки зерна

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри
технології зберігання і
переробки зерна

Янюк Т.І.

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Павлишена Анастасія Віталіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу НВЧ променів на показники якості квасолі

керівник роботи Янюк Тетяна Іванівна доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “26” жовтня 2020 року №872-КС

2. Строк подання здобувачем роботи лютий 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ; 1. Аналітичний огляд літератури; 2. О`скти та методи досліджень;

3. Експериментальна частина; 4. Оптимізація технологічного процесу;

5. Технологічна частина; 6. Розрахунок соціально – економічної ефективності;

Загальні висновки; Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16.09.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	22.09.2019	
2	Аналітичний огляд літератури	15.10.2019	
3	Об`єкти та метод досліджень	27.11.2019	
4	Експериментальна частина	03.04.2020	
5	Оптимізація технологічного процесу	25.09.2020	
6	Технологічна частина	17.10.2020	
7	Розрахунок соціально-економічної ефективності	05.11.2020	
8	Загальні висновки	20.11.2020	
9	Список використаної літератури	15.12.2020	

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Павлишена А.В. Дослідження впливу НВЧ променів на показники якості квасолі.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 181 "Харчові технології", освітня програма – Технології зберігання і переробки зерна. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

Робота присвячена дослідженню процесу переробки насіння квасолі.

Проведено дослідження впливу НВЧ променів на показники якості квасолі. Досліджено органолептичні, фізико-технологічні властивості та хімічний склад сировини. Проведена оптимізація потужності мікрохвильової печі з урахуванням вологості та часу обробки насіння.

Дослідження проведені за діючими стандартами, в Національному університеті харчових технологій на кафедрі технології зберігання і переробки зерна.

Annotation

Pavlyshena A.V. Study of the influence of microwave rays on the quality of beans.

Qualification work on the specialty 181 "Food technologies", educational program - Technologies of storage and processing of grain. - National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

The work is devoted to the study of the process of processing bean seeds.

A study of the effect of microwave rays on the quality of beans. Organoleptic, physical and technological properties and chemical composition of raw materials have been studied. The power of the microwave oven was optimized taking into account the humidity and seed treatment time.

The research was conducted according to current standards at the National University of Food Technology at the Department of Grain Storage and Processing Technology.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Характеристика насіння квасолі	9
1.2 Короткий огляд сушіння та знезараження зерна та насіння	15
1.3 Сушіння зерна з використанням електромагнітного поля НВЧ	15
1.4 Огляд Існуючих сушарок, в яких застосовується електромагнітне поле надвисоких частот	18
1.5 Основні параметри електромагнітної хвилі при поширенні в середовищі	25
1.6 Зміна вологості зерна при зміні діалектичних властивостей	29
1.7 Особливості взаємодії НВЧ випромінювання в матеріалі	31
1.8 Особливості взаємодії електромагнітного поля НВЧ з водою	32
1.9 Способи використання квасолі	35
РОЗДІЛ 2 О`бєкти та методи досліджень	40
2.1 Дослідження органолептичних показників зерна та насіння	40
2.2 Дослідження фізико-хімічних показників	41
2.3 Дослідження хімічного складу сировини	43
2.4 Замочування насіння квасолі	46
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	48
3.1 Дослідження органолептичних та фізико-технологічних властивостей і хімічного складу квасолі	48
3.2 Визначення впливу НВЧ променів на якість насіння квасолі	51
РОЗДІЛ 4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	54
РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	62
5.1 Опис технології обробки насіння квасолі НВЧ променями	62
5.2 Розробка технології продуктів приготування на основі насіння квасолі	63
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО - ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	68
6.1 Розрахунок виробничої програм підприємства	68
6.2 Розрахунок собівартості 1т обробленого насіння квасолі	69
6.3 Розрахунок ціни продукції	70
Загальні висновки	71
Список використаної літератури	72

ВСТУП

Збільшення виробництва продуктів землеробства і тваринництва є головним завданням сільського господарства, мета якого полягає в задоволенні потреб населення в продовольстві. Збереження вирощеного врожаю досягається, в першу чергу, за допомогою сушки, яка є єдиним надійним способом припинення активних біохімічних процесів в рослинних матеріалах і їх консервування. Низька продуктивність сушильних комплексів і недостатня забезпеченість ними призводять до того, що через несвоєчасну сушку на зернотоках щорічно втрачається значна частина врожаю зерна.

У практиці сільськогосподарського виробництва використовують різноманітні прийоми для інтенсифікації процесу сушіння зерна: використання електроактивованого повітря, попередній нагрів зерна, застосування рециркуляційних режимів, вакуумування зони сушки, зміна газового складу сушильної камери і багато інших. Останнім часом пропонується використовувати вплив магнітного поля надвисокої частоти (НВЧ) на зерно. В результаті розроблені установки, які дозволяють удосконалити існуючі промислові сушарки, що застосовуються на сільськогосподарських підприємствах. Так само вивчалось застосування поля надвисокої частоти для передпосівної обробки насіння.

Використання пристроїв для сушіння та знезараження зернових культур за допомогою електромагнітного поля надвисоких частот (НВЧ) на сьогоднішній день є одним з найбільш ефективних та економічно вигідних способів оброблення зерна та інших сільськогосподарських продуктів.

Завдяки цьому, можна використовувати електричну енергію, яка в порівнянні з іншими джерелами енергії є недорогою.

НВЧ сушарки мають ряд переваг порівняно з іншими, які використовують в сільському господарстві. Практично вся вироблена енергія, іде на нагрів матеріалу, а установка та повітря майже не нагрівається.

Процес сушки проходить набагато швидше, через те, що матеріал піддається рівномірному прогріву, не лише на поверхні, а також проводиться ефективна дезінсекція. Представлені сушарки зовсім не викидають шкідливих речовин в атмосферу. В даних установках керування потужністю електромагнітного поля відбувається досить просто, завдяки чому виключається варіант перегріву матеріалу. НВЧ-сушарки також дуже мобільні і можуть використовуватись всюди, де є доступ до електромережі або використання електрогенератора.

Існуючі установки для НВЧ обробки застосовуються для сушіння в шахтних, конвеєрних сушарках, однак практично не вивчено застосування поля НВЧ для сушіння в бункерах.

Виготовлення і розробка НВЧ-сушарок в сільському господарстві досить доцільна. Це було підтверджено багатьма науковими дослідженнями, які підтверджують їх ефективність і економічність[21].

Мета і завдання дослідження. Мета роботи дослідити вплив НВЧ обробки на показники якості квасолі.

Для досягнення мети досліджень були сформовані наступні задачі:

1. Встановити показники якості насіння квасолі.
2. Підібрати режими НВЧ обробки для насіння квасолі.
3. Розробити технологічну схему переробки квасолі.
4. Розрахувати соціально-економічну ефективність впровадження технологічної лінії.

Об'єкт дослідження – технологія переробки квасолі.

Предмет дослідження – насіння квасолі.

Методи досліджень. Загальноприйняті і спеціальні технологічні, органолептичні і фізико-хімічні методи дослідження якості зерна. Кваліфікаційна робота виконана в Національному університеті харчових технологій в умовах лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Характеристика насіння квасолі

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) – вид рослин з роду квасоля родини Бобові. Це найбільш культивований вид з цього роду. Має багато різновидів та сортів. Сорти відрізняються між собою формою і кольором листя і виглядом плодів. В їжу використовуються як насіння так і боби (стручки).

Квасоля звичайна — однорічна трав'яниста рослина 0,5—3 метри заввишки (зустрічаються як карликові сорти, так і в'юнкі з довжиною стебла до 3 метрів). Стебло в частини сортів в'юнке, в іншій частині — пряме; сильно розгалужене, покрите рідкими волосками. Листя парноперисте, на довгих черешках. Квітки по 2—6 на довгих квітконіжках, 1—1,5 см довжиною. Колір від білих до темно-пурпурних і фіолетових, метеликових. Плоди — боби, висячі, 5—20 см довжини, 1—1,5 см завширшки, прямі або зігнуті. Колір від блідо-жовтих та зелених до темно-фіолетових, із 2—8 насінинами. Насіння 5—15 мм довжиною, еліптичні, колір від білих до темно-лілових та чорних, однотонні або мозаїчні, крапчасті або плямисті.

У Центральній та Південній Америці цей вид представлений одно-, дво- та багаторічними трав'янистими рослинами з виткими (ліаноподібними) і повзучими стеблами. Наявні там кущові форми виникли внаслідок діяльності людини.

В Україні квасоля звичайна — однорічна трав'яниста рослина. Стрижнева коренева система у якої добре розвинена. Стебло трав'янисте або слабодерев'янисте, від основи галузиться, голе, різної висоти та форми: у кущової квасолі — прямостояче, невисоке — у середньому 25—45 см, у кущової з виткою верхівкою — до 75 см, у напіввиткової — стебло в'ється наполовину, заввишки до 1,5 м; у виткої — повністю витке, заввишки до 2—3 м і більше.

Примордіальні листки великі, серцеподібної форми, слабоопушені; трійчасті листки складаються з досить великих листочків, переважно з загостреними верхівками. За формою вони серцеподібні, трикутні, ромбоподібні, яйцеподібні.

У пазухах листків розміщуються квітконоси, на яких утворюються китиці від 2—3 до 10—12 квіток у кожній. Квітки середні й великі (від 11—15 до 27 мм), білі, рожеві, фіолетові. У квасолі з білими квітками насіння, як правило, також біле, рожевими — коричневе, з фіолетовими — чорне.

Боби завдовжки 7—25 і завширшки 0,7—1,2 см, закінчуються прямим або зігнутих дзьобиком. За формою вони бувають прямими, зігнутими, шабле- або серпоподібними, мечоподібними та чоткоподібними, плоскими чи циліндричними, з гладенькою і зморшкуватою поверхнею.

За будовою бобів квасолі поділяють на три групи: луцильну — з твердим пергаментним шаром клітин на внутрішньому боці стулок, напівцукрову — із слаборозвиненим пергаментним шаром та цукрову, або спаржеву, у бобах якої немає пергаментного шару. Луцильну квасолі вирощують для одержання стиглого зерна, а цукрову — на «лопатку», для використання в їжу соковитих недостиглих бобів.

Недостиглі боби у квасолі зелені, строкато-червоні, строкато-фіолетові, достиглі — солом'яно-жовті. Середня кількість бобів на рослині — 10—15 з коливаннями від 5—7 до 35—38 шт. Висота прикріплення нижнього бобу від 6—7 до 15—20 см. У бобах розвивається від 2 до 7—10 насінин, різних за розміром, формою та забарвленням.

За розміром насіння буває дрібне — з масою 1000 насінин від 140 до 250 г, середнє — 250—400 г та крупне — з масою понад 400 г (до 1100 г). При проростанні насіння сім'ядолі виносяться на поверхню ґрунту. За формою розрізняють насіння кулясте, еліптичне, ниркоподібне та валькувате. Кулясте насіння (*sphaericus*) за довжиною, шириною і товщиною майже однакове; у еліптичного насіння (*ellipticus*) довжина в 1,5 раза більша за ширину при майже однакових ширині й товщині; у ниркоподібного (*compressus*) — довжина у 1,5 рази перевищує ширину, а товщина становить

1/3—1/4 довжини (насіння сплюснуте); у валькуватого (*oblongus*) — довжина у два рази більша за товщину, ширина і товщина майже однакові (насіння видовжене, з випуклими кінцями).

Насіння квасолі має однотонне забарвлення — біле, зелене, жовте, коричневе та чорне або воно строкате. Строкатість визначається особливістю забарвлення поверхні насінної оболонки. Розрізняють чотири типи малюнків на насінні: крапчастий (*punctatus*) — на поверхні насіння розміщені невеликі кольорові цятки майже однакового розміру, строкатий (*variegatus*) — поверхня насіння вкрита плямами, які мають різні розмір і форму; плямистий (*maculatus*) — як правило, біля насінневого рубчика розміщується різної форми велика пляма, біля якої може бути кілька плям меншого розміру; смугастий.

Типи квасолі

Залежно від кольору і форми продовольчу квасоллю поділяють на типи і підтипи, наведенні в таблиці 1.

Квасоля, що містить домішки квасолі іншого типу або підтипу більш норм, вказаних в табл. 1, визначають відповідно як "суміш типів" або "суміш підтипів" із зазначенням типового і подтіпового складу у відсотках.

Нетиповими вважають насіння квасолі, які мають невеликі відхилення від основної характеристики типу, наприклад білу квасоллю з кольоровим малюнком близько рубчика.

Таблиця 1.1 – Типи квасолі за нормативним документом ДСТУ –

8672:2016

Номер і найменування типу	Номер і найменування підтипу	Характеристика насіння		Приблизний перелік сортів, що характеризують типи і підтипи	Вміст інших типів, підтипів і нетипових насінин квасолі, % не більше
		по формі	по розміру		
І.Квасоля біла	1.Бомба	Округла або яйце подібна	Довга не менше 9мм, товщиною більше 6мм	Дніпровська бомба.Мотольська біла.	Підтипів І-10. Типи II і III не допускаються
	2.Перловка	Округла яйцеподібна або овальна	Дрібна, довжиною не менше 9мм	Місцеві сорти	Підтипів І-10. Типи II і III не допускаються
	3. Біла овальна	Овальна	Довжиною більше 9мм, товщиною менше 6мм	Степова 5, Краснодарська 19305, Донська біла місцева, Харківська 4, Дніпровська 8, Дніпровська 10, Красноградська 2014 року, Кишинівська штамова 1, Молдавська біла поліпшена.	Підтипів І-10. Типи II і III не допускаються

Продовження таблиці 1.1

	4.Змійка	Подовженн а циліндричн а, часто злегка вигнута з округленим и кінцями	Приблизно довжиною 16мм, товщиною 6,5мм	Місцеві сорти (змійка)	Підтипів I-10. Типи II і III не допускают ься
	5.Рачки	Ниркоподіб на плоска	Середня довжиною менше 14 мм	Білосімяна Фрунзенск а	Підтипів I типу нетипових насінин I типу – 10. Тип II і III не допускают ься.
	6. Лопата	Ниркоподіб на плоска	Велика, довжиною понад 14 мм	Місцеві сорти	Підтипів I типу нетипових насінин I типу – 10. Тип II і III не допускают ься.
II.Квасол я кольоров а однотона	1.Зелена (різних відтінків)	Овальнo- кругла	Довжиною 10мм, товщиною 6,5мм	Місцеві сорти	Типів I і III, а також других типів II-5
	2.Коричн ева або жовта (різних відтінків)	Подовжено циліндричн а.	Довжиною 13 м, товщиною 5,5мм	Щедра, Тріумф, Осетинськ а 302	Типів I і III, а також других типів II-5
	3. Червона (різних відтінків)		Довжиною 10-12мм, товщиною 5мм	Місцеві сорти	Типів I і III, а також других типів II-5

Продовження таблиці 1.1

	Інші однотонно го кольору		Довжиною приблизно 6 мм	Марш (Перемога 104) та інші місцеві сорти	Типів I і III, а також других типів II-5
III.Квасоля кольорова строката	1.Строката На світлому фоні темні малюнки		Велика, довжиною 15 мм, товщиною 6,5мм; Середня приблизно довжиною 11 мм, товщиною 6 мм	Місцеві сорти, Ліяхві	Типів I і II – 5. Іншого підтипу III типу – 20.
	2.Строката темна На темному світлий малюнок		Велика, довжиною 15 мм, товщиною 6,5мм; середня приблизно довжиною 11 мм, товщиною 6мм.	Місцеві сорти	Типів I і II – 5. Іншого підтипу III типу – 20.

Таблиця – 2 Показники якості насіння квасолі відповідно до ДСТУ-8672:2016

Найменування показників	Норма
Вологість, %, не більше	23,0
Вміст сторонніх домішок, %, не більше в тому числі гальки	8,0 1,0
Вміст зернових домішок, %, не більше в тому числі насіння	15,0 5,0
Зараженість шкідниками	Не допускається

1.2 Огляд способів сушіння та знезараження зерна та насіння

У багатьох районах країни природно-кліматичні умови зумовлюють прибирання значної частини врожаю зернових, олійних та інших культур з підвищеною вологістю, при якій не може бути забезпечене їх тривале зберігання.

Основна ціль в сушінні сільськогосподарських продуктів полягає в зменшенні його вологості до рівня, коли продукти будуть зберігатись і не псуватись.

Проте сушіння використовують не лише для зменшення рівня вологи в продукті. Одночасно з цим в зерні проходить ряд фізичних і біохімічних процесів, що впливають на якість зерна. При сушінні роль повітря не обмежується функціями теплоносія і вологопоглинача. Кисень з повітря бере участь в біохімічних процесах в зародку і ендоспермі, які посилюються при підвищенні температури. При цьому інтенсифікуються процеси фізіологічного дозрівання зерна, що має велике значення для поліпшення його якості. Вчасно і правильно проведена сушка підвищує стійкість зерна при зберіганні, покращує його насінневі та продовольчі властивості.

Сушка прискорює післязбиральне дозрівання зерна, вирівнює зернову масу за ступенем зрілості і вологості, покращує зовнішній вигляд зерна.

Сушка робить позитивний вплив на якість продуктів переробки зерна.

Сушка впливає на шкідників і патогенну мікрофлору зерна, дозволяє в деяких випадках поліпшити технологічні властивості дефектного зерна (пошкодженого). Таким чином, сушка дозволяє привести зерно в стійкий стан для зберігання і поліпшити його якість.

1.3 Сушіння зерна з використанням електромагнітного поля НВЧ

Для електромагнітних хвиль, суха складова зернини, не створює перешкод для проходження. Сушіння зерна з використанням імпульсного електромагнітного поля (ІЕМП) полягає в тому, що електромагнітні хвилі певної довжини активно поглинається водою в зерні, а суха частина

матеріалу під час впливу електромагнітного випромінювання не нагріваються.

Волога, нагріта при впливі електромагнітного поля НВЧ, віддає частину теплоти сухій складовій матеріалу, проте кількість цієї енергії досить мала. Тому виготовлення сушарок, принцип роботи яких оснований на використанні електромагнітного поля, є досить перспективним.

В основі представленого способу сушіння зерна лежить вплив інтенсивного електромагнітного поля надвисоких частот на матеріал.

Під час впливу електромагнітного поля НВЧ на молекули води, включаючи вологу в зернині, спостерігається ефект, що отримав назву «молекулярне тертя». В результаті даного ефекту, волога що зв'язана в матеріалі, виділяє теплову енергію, при цьому відбувається нагрів матеріалу «з середини».

При підвищенні температури, в шарах зернини виникає градієнт вологовмісткості і розпочинається випаровування води (рис. 1.2), волога рухається до поверхні зернини [2]. Сушіння продукту не зупиняється навіть при зниженні вологості матеріалу, а на завершальних стадіях значно ефективніший порівняно з традиційними методами сушки.

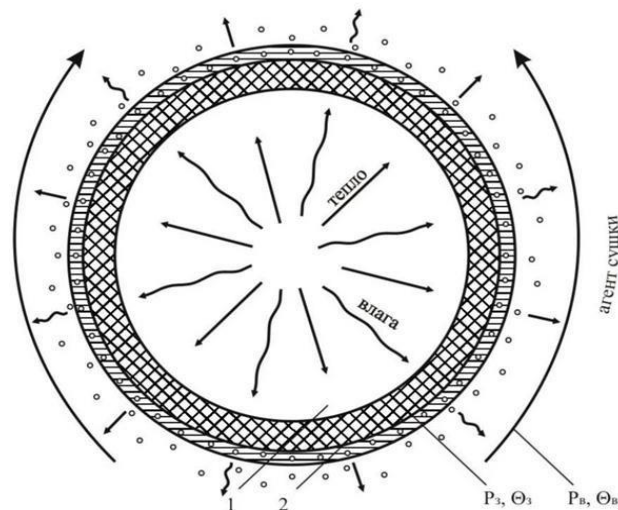


Рисунок 1.1 — Механізм видалення вологи із зерна при сушінні електромагнітним полем НВЧ.

Мікрохвильова обробка досить перспективна. НВЧ енергія виробляється генераторами, які працюють завдяки електричній енергії що являється екологічно чистою. Електромагнітне поле проникає крізь весь об'єм матеріалу, а інтенсивність опромінення залежить лише від діелектричних властивостей матеріалу та значення напруженості електромагнітного поля.

За законом Джоуля-Ленца можна розрахувати потужність, що виділяється при нагріві зерна полем НВЧ:

$$P = 0.556 * 10^{-6} * \varepsilon * \operatorname{tg} \delta * f * E^2 \quad (1.1)$$

де, P — потужність, Вт/м³;

ε — діелектрична проникність матеріалу;

E — напруженість електричного поля, В/м.

$\operatorname{tg} \delta$ — тангенс кута діелектричних втрат;

f — частота випромінення електромагнітного поля, Гц;

Процес сушіння діелектричних матеріалів з використанням електромагнітного поля визначається як параметрами поля — напруженістю E та частотою f так і діелектричними властивостями опромінюваного матеріалу ε та tg . Це дозволяє досягнути високої продуктивності (високий ККД), рівномірного нагрівання матеріалу по всьому об'єму робочої камери, а також екологічно чистого підведення енергії до оброблюваного матеріалу[3].

В основі нагрівання і подальшої сушки матеріалів за допомогою електромагнітного поля НВЧ лежить явище діелектричної поляризації, тобто переміщення зв'язаних електричних зарядів (диполів) в певних межах (об'ємі). При впливі надвисокої частоти на матеріал, в ньому спостерігаються коливання та зміна положення зарядів, внаслідок чого з'являються струми провідності та струми зміщення.

Приведений спосіб не потребує затрат великої кількості енергії і являється більш ефективним порівняно з традиційними методами сушки. Наприклад, сушіння активною вентиляцією з використанням гарячого повітря потребує значних затрат природного газу, який є не з дешевих, в порівнянні з електричною енергією, яка використовується в НВЧ-сушарках.

До того ж, НВЧ-сушарки дозволяють затратити значно менше часу на просушування необхідного матеріалу.

При впливі електромагнітної енергії на зернину, сушіння розпочинається зсередини і тиск пари в зернині направлений до поверхні, що дозволяє рівномірно просушувати матеріал і зберегти зародок насінини.

Під час сушіння зерна електромагнітним полем, волога з середини матеріалу переноситься до поверхні через капілярну систему і, відповідно, швидкість сушіння залежить від розмірів капілярів. В зерні макрокапіляри (капіляри радіус яких перевищує 10^{-7} м) відсутні.

Через велику швидкість нагріву матеріалу зернини виникає потужне джерело тепла всередині зернини та підвищення значення тиску водяної пари. Спостерігається перенесення вологи на молекулярному рівні типу фільтрування газоподібної речовини крізь дисперсне середовище, так як інші види дифузійного перенесення вологи придушуються. Тому, використання електромагнітного поля НВЧ дозволяє суттєво зменшити енергетичні витрати, не погіршуючи якість.

1.4 Огляд існуючих сушарок, в яких застосовується електромагнітне поле надвисоких частот

Зерносушильні установки класифікують за рядом ознак: схемою руху агента сушіння щодо висушуваного зерна; числу зон сушіння; влаштуванню випускного механізму; способом нагріву сушильного агента; структурі зернового шару; кратності використання сушильного агента; конструктивними ознаками (шахтні, жалюзійні, рециркуляційні, барабанні, камерні, бункерні) і т.д.

Велика кількість наукових досліджень направлена на створення нових конструкцій сушарок різноманітних типів. Представлені ВЧ та НВЧ-сушарки, розділяють умовно на кілька груп: установки, процес нагріву в яких відбувається в електромагнітному полі при нормальному тиску в робочій камері, з використанням вакуумних камер, комбінованих установок за

нормального, атмосферного, тиску в зоні опромінення та комбіновані установки з вакуумною робочою камерою.

Більшість сушарок, удосконалених винахідниками для використання інтенсифікуючої дії НВЧ полів є шахтними або конвеєрними. Так на рисунку

1.2 представлена схема конвеєрної установки для комбінованого сушіння зерна з використанням НВЧ-енергії, розроблена В.І. Пахомовим[4]. Тут зерно надходить у завантажувальний бункер 6 і рухається по стрічковому транспортеру 7, піддаючись конвективній сушці повітрям, яке нагнітається по повітропроводам 4 і також піддаючись багаторазовому впливу НВЧ променів від хвилеводних пристроїв 2.

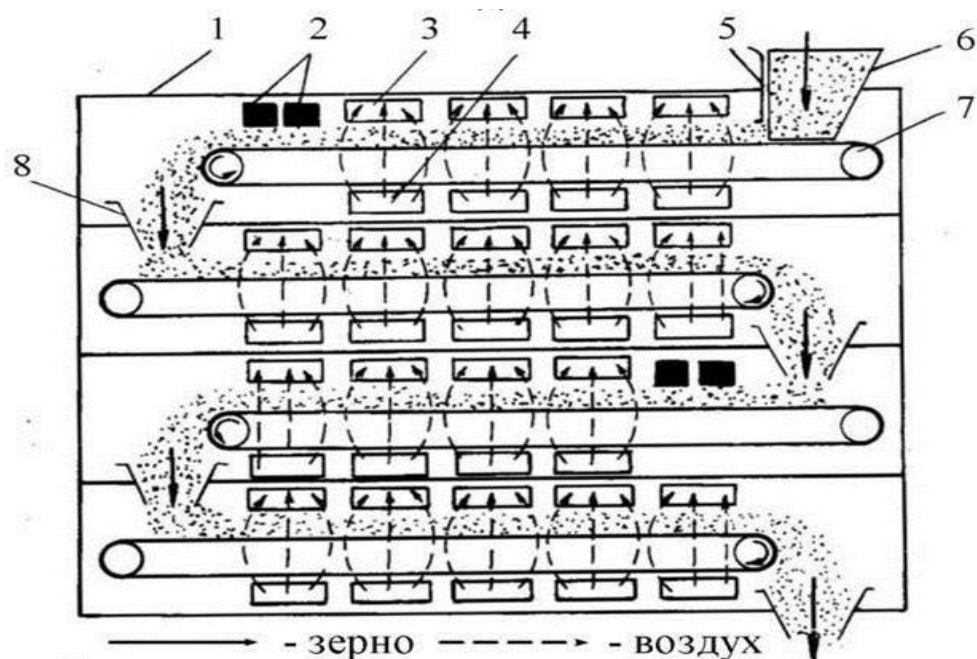


Рисунок 1.2 — Принципова схема конвеєрної установки для комбінованого сушіння зерна з використанням енергії НВЧ.

На рисунку 1.3 представлено два виконання НВЧ сушарки «Мівак», в першому випадку (рисунок 1.3, а) матеріал рухається по транспортеру, піддаючись впливу НВЧ, у другому (рисунок 1.3, б) зона опромінення розташована вертикально. В обох випадках мають місце потужні НВЧ-генератори і досить довгі хвилеводи подачі НВЧ енергії оброблюваного матеріалу.

Крім того, в деяких роботах використовується послідовний нагрів декількома магнетронами (нагрівання в кілька етапів), але не проведені

дослідження, які відображають зміну швидкості нагріву, при такому режимі НВЧ впливу.

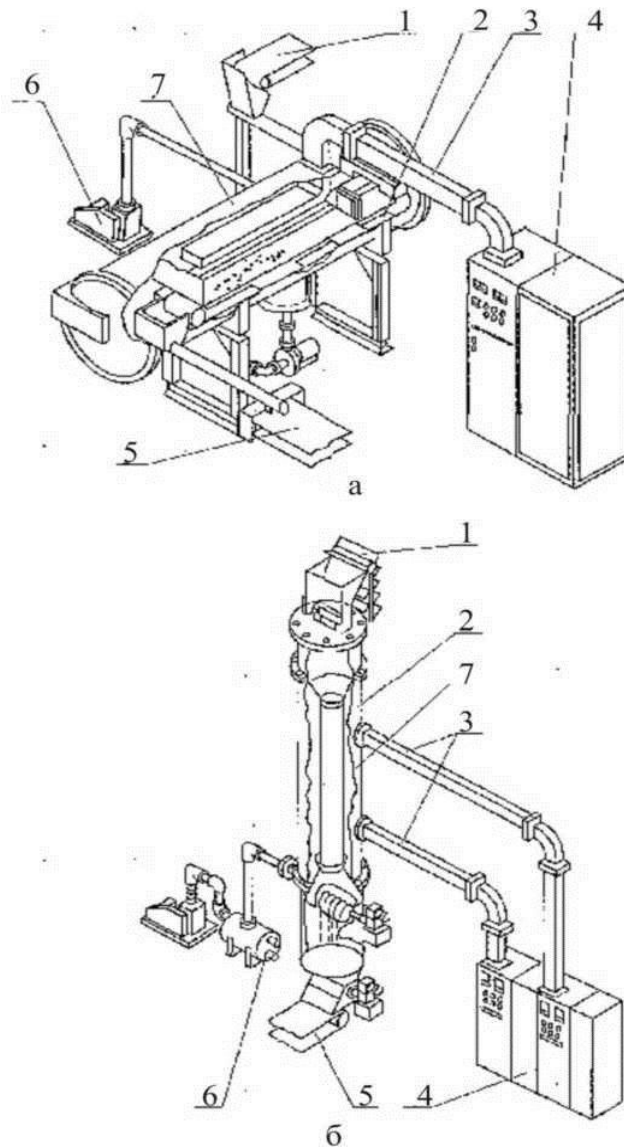


Рисунок 1.3 — НВЧ сушарка «Мівак», а — горизонтальний тип; б — вертикальний тип, де 1 — прийомний бункер; 2 — конденсатор; 3 — хвилевід; 4 — НВЧ генератор; 5 — транспортер; 6 — вакуумний насос; 7 — сушильна камера.

Наступний тип сушарок, для яких застосовується НВЧ інтенсифікація сушки це шахтні сушарки. На рисунку 1.4 наведена принципова схема комбінованої сушіння зерна з використанням НВЧ-енергії в установці шахтного типу[5], де 1 — робоча камера шахтної сушили; 2 — верхній стрічковий транспортер; 3 — норія; 4 — хвилевідний пристрій введення

НВЧ-енергії; 5 — нижній стрічковий транспортер; 6 — вентилятор топки. У цій сушарці зерно спочатку норією подається на попередню просушку, після чого на вивантажний транспортер піддається впливу НВЧ поля і подається на повторну сушку.

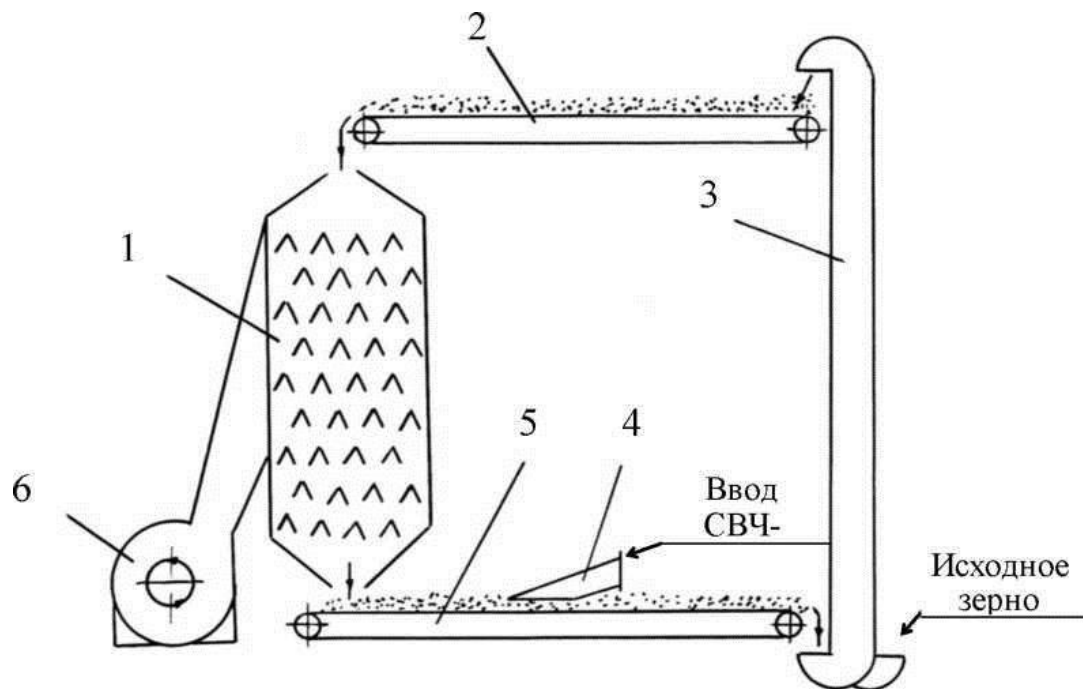


Рисунок 1.4 — Принципова схема сушки зерна з використанням НВЧ енергії в установці шахтного типу.

На рисунку 1.5 наведена НВЧ установка для сушіння сипучих матеріалів, розроблена в Воронежській державній технологічній академії (ВГТА)[4]. У цій установці енергія електромагнітного поля передається по хвилеводу, розташованому в центрі зони сушіння. Після проходження через матеріал НВЧ поле відбивається від стінок сушильної камери, виконаної таким чином, щоб результуюче поле було максимально рівномірним.

Одночасно з впливом НВЧ поля відбувається продування сушеного матеріалу повітрям для видалення вологи.

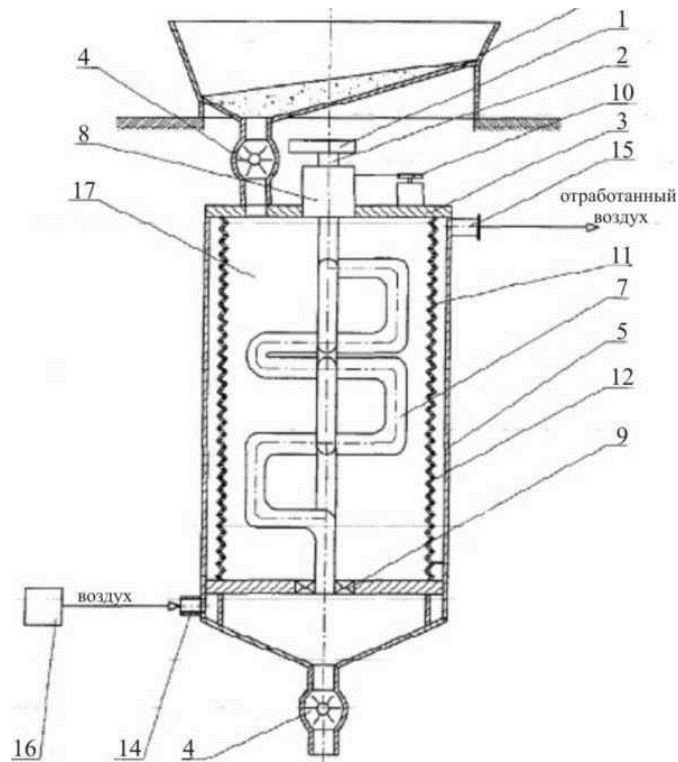


Рисунок 1.5 — НВЧ установка для сушіння сипучих матеріалів.

1 — НВЧ генератор; 2 — випромінювач; 3 — кришка; 4 — дозатори; 5 — металевий циліндричний корпус; 6 — завантажувальний бункер; 7 — випромінювач; 8 — перший узгоджувач; 9 — другий узгоджувач; 10 — привід; 11 — екран; 12 — отвори; 13 — канали; 14 — патрубки для підведення повітря; 15 — патрубки для відводу повітря; 16 — блок подачі повітря; 17 — сушильна камера.

Наступна установка для мікрохвильового сушіння сипучих матеріалів, представлена на рисунку 1.6, розроблена у Воронежі[6]. Ця установка містить кілька рядів магнетронів, розташованих в стінках сушильної камери таким чином, що зерно, проходячи з завантажувального бункера, піддається послідовному впливу НВЧ поля кожного ряду магнетронів. Одночасно з цим відбувається продування зернового матеріалу потоком повітря. Розвантаження камери здійснюється шнеком.

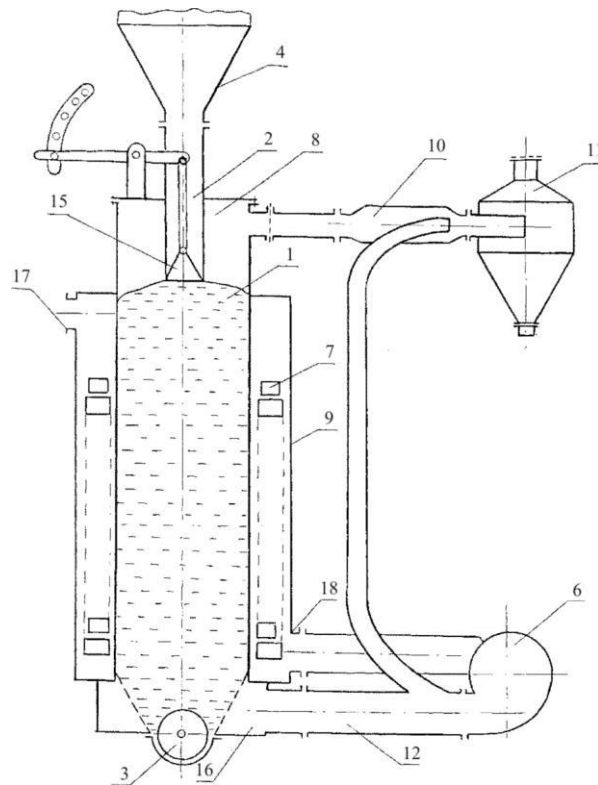


Рисунок 1.6 — Мікрохвильова установка для сушки сипучих матеріалів.

Досить вдалою вважають установку для сушіння, представлену в [7] (рис. 1.7). В представленому варіанті конструкції для сушки гранульованого продукту, в тому числі зерна, в вакуумній камері застосовуються електромагнітне поле НВЧ діапазону та інфрачервоне випромінювання.

Продукт вводиться в вакуумну камеру 4 з ємності 2 через вхідний шлюз 10 і розташовується на стрічці 14 вирівняним по висоті шаром. Стрічка 14 транспортує продукт послідовно через декілька зон 16, в яких він підлягає як мікрохвильовому, так і інфрачервоному опроміненню.

Опромінення двома типами електромагнітного поля значно підвищує ефективність виходу вологи з продукту до камери 4, з якої вона відкачується вакуумним насосом 8. Сухий продукт залишає камеру 4 через вихідний шлюз.

У будь-якій зоні 16 камери 4 НВЧ електромагнітна хвиля, що генерується генератором 24 і випромінюється антенами 28 в певній зоні відбивається від металевих поверхонь 2 та перетинок 20 і втрачає однорідність поляризації, яку мало при первинному випромінюванні.

Це позитивний ефект, так як при накладанні електромагнітних хвиль можна уникнути неоднорідності розподілу щільності потужності, що проявляється при однорідній поляризації за рахунок фазових співвідношень.

Це електромагнітне поле нагріває продукт з середини.

Для організації інфрачервоного випромінювання використовується металеві пластинки з нагрівачами, розташованими всередині пластинки. Сама пластинка є прозорою для НВЧ електромагнітних хвиль завдяки певній конструкції системи щілин, що перевипромінюють електромагнітні хвилі.

Інфрачервоне випромінювання нагріває продукт більше зовні, як в окремих зернівках так і в масі продукту, вирівнюючи його температурний профіль. Так як в процесі руху стрічки в камері 4 вологість продукту зменшується, то щільність потужності як НВЧ електромагнітного поля, так і інфрачервоного випромінювання в наступних камерах 16 зменшується. Позитивним є також те, що нагрівання відбувається в атмосфері пониженого тиску через що волога кипить при температурі набагато нижчій за традиційну точку кипіння, пов'язану з водою, продукт ефективно висушується без перегріву.

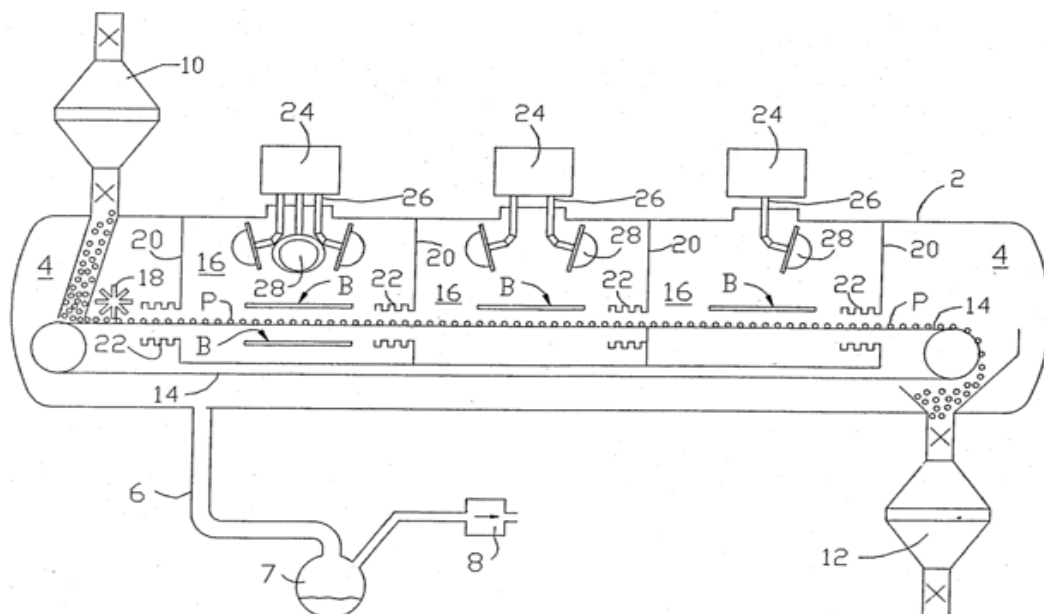


Рисунок 1.7 — Сушарка з вакуумною камерою в якій застосовується застосовуються електромагнітне поле НВЧ діапазону та інфрачервоне випромінювання.

1.5 Основні параметри електромагнітної хвилі при поширенні в середовищі

Різноманітні біологічні матеріали, зокрема зерно, мають різні діелектричні властивості, які залежать від зв'язку молекул та іонів води з вуглеводами та білками. Вода, наявна в біологічних матеріалах у вільному стані, має досить високу діелектричну активність, порівняно з водою, яка знаходиться у зв'язаному стані.

Діелектричні властивості різних матеріалів характеризуються діелектричною проникністю — здатністю біологічного матеріалу до збереження електричної енергії, та коефіцієнтом втрат, за допомогою якого можна визначити кількість енергії, яка була поглинута матеріалом. Значення діелектричної проникності матеріалу та коефіцієнта втрат буде збільшуватись при зменшенні частоти та при збільшенні об'єму води в продукті. Також значення діелектричної сталої може зростати при підвищенні температури, а коефіцієнт втрат від температури залежить непередбачувано і змінюється при збільшенні кількості вологи та частоти.

При зменшенні значення коефіцієнта втрат спостерігається і зменшення кількості поглинутої електромагнітної енергії матеріалом. Діелектричні властивості мають пряму залежність від температури, вологи продукту та від частоти опромінюючих електромагнітних хвиль.

Завдяки селективній абсорбції енергії електромагнітного поля між молекулами води при діелектричному нагріванні матеріалу, тепла енергія утворюється у внутрішніх шарах опромінюваного матеріалу.

Глибина проникнення (1.8) характеризує, на скільки електромагнітне поле прогріває опромінюваний матеріал і є одним з важливих параметрів при сушці зерна, за допомогою якого розрахувати глибину проникнення поля в зерно, на якій значення напруженості електромагнітного поля, складає 36,8% порівняно з поверхневим, початковим значенням напруженості:

$$d = \frac{\lambda_0(\varepsilon')^{0,5}}{2\pi\varepsilon''}. \quad (1.2)$$

де, d — глибина проникнення електромагнітного поля, см;

λ_0 — значення довжини хвилі у вільному середовищі, см.

У вільному середовищі (в повітрі), значення довжини електромагнітної хвилі буде зростати при зниженні частоти. Таким чином можна досягнути кращого проникнення електромагнітного поля в матеріал.

Ефективнішого проникнення електромагнітного поля в матеріал можна досягнути збільшивши діелектричну проникність матеріалу. Значення діелектричної проникності знижується при зменшенні кількості води в матеріалі, через це, під час сушіння матеріалу, зростатиме проникнення електромагнітного поля.

Також важливим параметром в процесі сушки зерна виступає потужність. Значення потужності, яка поглинається матеріалом зростає зі збільшенням частоти, а також залежить від діелектричних властивостей опромінюваного матеріалу та інтенсивності опромінення. Величину розсіяної потужності можна розрахувати:

$$P = 55.63 * 10^{-12} f E^2 \varepsilon'' V. \quad (1.3)$$

де, P — розсіяна потужність, Вт;

f — частота прикладеного поля, Гц;

E — напруженість поля, В/см;

ε'' — коефіцієнт діелектричних втрат;

V — об'єм матеріалу, см³;

З наведеного виразу (1.3) бачимо, що для збільшення розсіяної потужності, необхідно підвищувати частоту опромінення f та напруженість електричного поля E . Збільшувати дані параметри можна до певних значень, щоб уникнути надзвичайних ситуацій, а також щоб не вийшло з ладу обладнання установки.

Послаблення потужності електромагнітної енергії, яка поглинається середовищем, а також величина глибини проникнення при сталій частоті, взаємозв'язана з діелектричними властивостями матеріалу.

Взаємозв'язок між напруженістю електромагнітного поля НВЧ, його частотою, а також діелектричними властивостями матеріалу, під час опромінення досить складний.

Амплітуду та фазу коефіцієнта пропускання найчастіше використовують для характеристики поля, що проникає крізь товщу зерна:

$$T = \exp(-\gamma t) = |\tau| e^{-j\phi}. \quad (1.4)$$

де $|\tau|$ — модуль коефіцієнта передачі;

ϕ — фазовий кут коефіцієнта передачі;

γ — постійна розповсюдження електромагнітної хвилі;

$$\gamma = a + j\beta = \gamma_0 \sqrt{\varepsilon^*} = j \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\varepsilon'} - j\varepsilon'' . \quad (1.5)$$

Де a — постійна згасання;

β — фазова постійна;

ε^* — відносна комплексна діелектрична проникність матеріалу.

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon'' = \varepsilon' - j \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_0} . \quad (1.6)$$

σ — питома провідність матеріалу, См/см;

$\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — діелектрична проникність вакууму;

$\gamma_0 = j(2\pi / \lambda_0)$ — постійна розповсюдження хвилі в повітрі;

λ_0 — довжина хвилі в повітрі, см;

Модуль коефіцієнта передачі $|\tau|$, обчислюють виходячи з початкового та кінцевого вимірювань амплітудного значення при проходженні хвилі крізь об'єм матеріалу та за його відсутності. Відомо, що потужність випромінювання, що проходить крізь шар зерна зменшується згідно з множником e^{2ax} (рис. 1.8). Коли $x = 0$, то потужність P_0 , відповідно коли $x=t$, то прикладене значення потужності, (при відсутньому відбитті) розраховують:

$$P = P_0 e^{-2ax}. \quad (1.7)$$

Згасання характеризує загальне зниження потужності, виражається як:

$$A = -20 \log |\tau| = -10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) = \text{Log}(e^{-2ax}). \quad (1.8)$$

Фазове зміщення у товщі матеріалу розраховують виходячи зі значень початкового та кінцевого вимірювання фазового кута електромагнітної хвилі в площині $x=t$. Вимірювання початкової фази, ϕ_0 , в вільному просторі, через

які проходить електромагнітна хвиля (рис.1.8)[8], зв'язане з фазовою постійною β_0 , та товщиною шару t , згідно:

$$\phi_0 = \beta_0 t. \quad (1.9)$$

Так само, визначають кінцеве значення фазового кута пов'язане зі зміною фази, ϕ_1 , та товщиною шару t :

$$\phi_1 = \beta_1 t. \quad (1.10)$$

Значення зміни фазового кута, при проходженні електромагнітної хвилі через шар матеріалу, можемо подати так:

$$\phi = \phi_1 - \phi_0 = (\beta_1 - \beta_0)t. \quad (1.11)$$

Зміну фазового кута[8] можна подати, врахувавши, що фазова стала розраховується як $\frac{2\pi}{\lambda}$, так:

$$\phi = \left(\frac{2\pi}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda_0}\right)t = 2\pi t \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right). \quad (1.12)$$

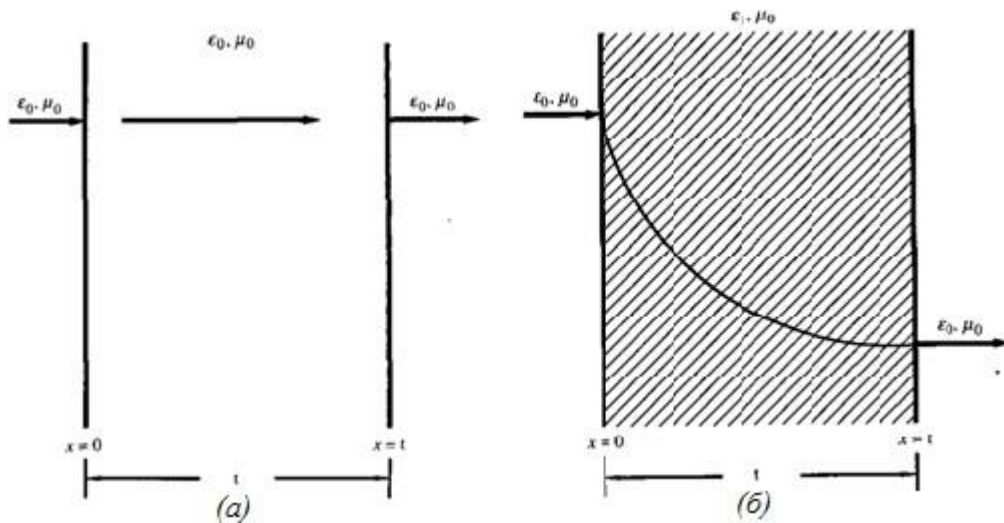


Рисунок 1.8— Поширення плоскої однорідної електромагнітної хвилі у вільному просторі (а) та крізь шар діелектрика(б).

З урахуванням періодичного характеру, фаза електромагнітної хвилі в середовищі з втратами буде кратною π чи $2\pi n$ в фазі, де n ціле значення, та існує для зразка товщина шару якого дорівнює t . Тобто вираз (1.12) можна переписати так:

$$2\pi t \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = \begin{cases} \pm 2\pi n \pm \phi \\ \pm 2\pi n \pm (\pi - \phi) \end{cases} \quad (1.13)$$

Для вирішення двозначності фазового зсуву досліджують декілька зразків з різною товщиною шару, бо існують різні методи розв'язку даного рівняння.

1.6 Зміна вологості зерна при зміні діелектричних властивостей

Кількість наявної води в зерні впливає його якість при його сушінні та зберіганні. Вміст води розраховують за формулою:

$$M = \frac{m_w}{m_w + m_d} * 100\% \quad (1.14)$$

Де m_w - маса вологого матеріалу;

m_d - маса сухого матеріалу.

Залежність швидкості поширення електромагнітних хвиль від частоти (або довжини хвилі), які проникають в товщу зерна, характеризується прямою залежністю від значення відносної діелектричної проникності, а також від розмірів. Вважається, що лінійно-поляризована, однорідна рівномірна електромагнітна хвиля з кутовою частотою ω , падає на плоску нескінченну поверхню однорідного матеріалу. В момент, коли кількість води значно змінюється, це впливає на проникність ϵ , відповідно, на хвильові параметри. Так як значення відносної діелектричної проникності води (у будь-якому стані) суттєво відрізняється від значення сухих матеріалів, ефект води відмінний від ефекту сухих матеріалів. Цю відповідність можна виразити так[9]:

$$k = \Phi_1 \left(\frac{m_w}{u}, \frac{m_d}{u} \right) \text{ і } \eta = \Phi_2 \left(\frac{m_w}{u}, \frac{m_d}{u} \right). \quad (1.15)$$

де k і η представляють два електромагнітні параметри хвилі, яка розглядається.

Зважаючи на складність приведеного рівняння (1.15), його можна розв'язати використавши два рівняння, при цьому врахувавши значення концентрації води та густину сухого матеріалу (зерна) використавши два вимірювані хвильові параметри:

$$\frac{m_w}{u} = \Psi_1(k, \eta) \text{ і } \frac{m_d}{u} = \Psi_2(k, \eta). \quad (1.16)$$

Підставивши відповідні значення з рівнянь 1.15 та 1.16, отримаємо рівняння для визначення вмісту води в опромінюваному матеріалі, яке містить лише хвильові параметри, отримані експериментальним методом, і яке не залежить від густини матеріалу, та товщини шару матеріалу[9]:

$$M = \frac{\Psi_1(k,\eta)}{\Psi_1(k,\eta) + \Psi_2(k,\eta)} * 100\% . \quad (1.16)$$

Густина різних видів зерна різна. Форма ядра зернини, вологість, розмір, температура, структура поверхні та умови зберігання впливають на густину. Зміна щільності в об'ємі зерен впливає на значення хвильових параметрів так само, як викликані змінами в вмісті води, призводячи до виникнення помилок при вимірюванні значення вологи. Тому підтримка постійного значення щільності зерна при вимірюванні вологості є важким завданням.

Для оцінки характеру електромагнітної хвилі та наявності множинних відбиттів, матеріал з деяким вмістом води та заданим значенням об'ємної щільності, переміщують від початкового положення на половину відстані до передавальної, а потім і до приймальної антени. Виміри затухання і фази було проведено для всіх положень. В результаті виявилось, що послаблення та фазовий зсув залишаються без змін при вимірюванні приладом точністю ($\pm 0,25$ дБ при послабленні та $\pm 3,0^\circ$ при фазовому зсуві). Для перевірки поляризації, приймальну антену повільно повертають навколо своєї осі. Суттєве зменшення рівня сигналу було зафіксовано при найменшому куті між початковим положенням та скоригованим одноразово. З цього видно, що після проходження крізь товщу зерна, електромагнітна хвиля здатна зберегти свою початкову поляризацію.

Вимірявши значення модуля $|S_{21}|$ та фази φ , можна визначити затухання та фазове зміщення, ϕ , які характерні для кожного зразка, наступним чином:

$$A = 20 * \log|S_{21}|.$$

$$\phi = \varphi - 2\pi n.$$

де n — ціле число, яке отримують вибравши товщину для потрібної товщини проникнення, провівши вимірювання на двох частотах або шляхом повторних вимірювань зразків зерна з шаром різної товщини. Фазу можна виміряти лише в діапазоні $-180 +180$ градусів.

Можна зробити висновок, що при більшій товщині шару зерна, ніж довжина хвилі, спостерігається фазова неоднозначність.

1.7 Особливості взаємодії НВЧ випромінювання в матеріалі

Різноманітні матеріали, які піддаються опроміненню електромагнітним полем при виникненні володіють певними характеристиками. В матеріалі виникають струми зміщення та провідності. Струми зміщення утворюється коли змінюється електричне поля в часі.

Як відомо, змінне електричне поле породжує таке ж магнітне поле так, як струм сприяє виникненню рухомих заряджених частинок.

Струми провідності виникають в матеріалах і викликані вільними рухомими електричними зарядами. Різні матеріальні середовища мають різну провідність, через це і по різному будуть поводитись в електромагнітному полі.

Відношення щільності струмів провідності та струмів зміщення в матеріалі називається тангенсом кута діелектричних втрат:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{j_{\text{пр}}}{j_{\text{зм}}} = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon_a}$$

де σ — питома провідність речовини, См/см;

$\omega = 2\pi f$ - циклічна частота випромінювання, Гц;

ε_a - абсолютна діелектрична проникність матеріалу.

Для ефективного використання енергії електромагнітного поля, необхідно знати властивості опромінюваного матеріалу, як він поводить себе при впливі випромінювання різної частоти. Якщо в загальному, то достатньо мати дані про магнітні властивості опромінюваної речовини, знати залежність діелектричної проникності матеріалу від частоти опромінення, кількості води в матеріалі і температури t .

Можливість проникнення НВЧ променів дециметрового та сантиметрового діапазонів у внутрішні шари речовини дістало назву об'ємного ефекту і є основною, досить важливою особливістю. Це дозволяє набагато швидше, порівняно з традиційними способами, нагріти весь об'єм потрібного матеріалу. Слід зазначити, що проникнення НВЧ променів викликає не лише теплові, а й зовсім інші явища, наприклад, резонансні. Їх можна спостерігати навіть коли матеріал не піддається нагріву.

Використання електромагнітного поля НВЧ стає більш доступним та поширеним методом нагріву різноманітних матеріалів для більш ширшого кола споживача.

Основними перевагами використання електромагнітного поля в різноманітній господарській діяльності є:

- висока продуктивність (ККД) перетворення електромагнітної енергії в теплову;
- опромінення і подальший нагрів матеріалу відбувається досить рівномірно по всьому об'єму робочої камери;
- можливість миттєво вмикати та вимикати тепловий вплив на речовину, це дозволяє досить точно керувати нагріванням, ця властивість називається без інерційне нагрівання;
- можливість екологічно-чистого нагрівання;
- можливість саморегуляції нагріву під час сушіння вологих матеріалів, а також їх окремих складових (опромінюється та частина камери, де матеріал ще не висушений і припиняється вплив опромінення на сухий матеріал).

1.8 Особливості взаємодії електромагнітного поля НВЧ з водою

Вода входить до складу багатьох речовин. Для неї характерне високе значення діелектричної проникності ϵ , а також тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$. Під час впливу НВЧ поля на воду, спостерігається поглинання енергії водою. Це відбувається завдяки процесу дегідратації. При частоті 1 ГГц, поглинання енергії складає 50% від сумарних затрат, при опроміненні

частотою 10 ГГц, втрати становлять близько 85%, коли ж впливати на воду полем з частотою 30 ГГц, то можна досягнути 95-98% втрат енергії.

Коли електромагнітне поле проникає в товщу матеріалу, відбувається перетворення НВЧ енергії в теплову, що сприятиме значному підвищенню тиску в зернині, після чого вода зсередини буде виходити назовні по мікрокапілярах. Завдяки цьому, сушіння відбувається значно швидше, забезпечуючи високу однорідність зерна. Поле швидко змінюється, виконуючи при цьому «об'ємний струс» речовини, а кінетична енергія, під впливом енергії складових поля підвищує енергію коливання молекул речовини, це призводить до кількісного збільшення вільних носіїв заряду. В результаті даних коливань, температура в об'ємі матеріалу збільшується[10] .

Здатність електромагнітного поля до поглинання енергії НВЧ водою, яка може бути у вільному та знаходитись у складі речовин, використовують в технологічних процесах сушіння великої кількості матеріалів, зокрема в сільському господарстві. Значно більше можливостей можна досягнути, досліджуючи взаємодію електромагнітного поля з матеріалами, якщо розробити спеціальні пристрої, здатні локалізувати випромінювання в певному об'ємі.

Існуючі види пристроїв для сушіння зерна, розрізняють за використанням біжучої та стоячої хвилі, відповідно до розмірів НВЧ камери, методів збудження та характеристики опромінюваного діелектрика.

Для сушіння матеріалу, який погано поглинає електромагнітну енергію застосовують режим стоячої хвилі. Даний тип енергії можна отримати завдяки хвилям, що мають однакову амплітуду та розповсюджуються в протилежні сторони. Для сумарного поля стоячих хвиль характеризується характерне чергування мінімумів (вузлів) та максимумів (пучностей) В сушарках, де застосовується режим стоячих хвиль, нагрівання речовини відбувається неоднорідно, можливе виникнення резонансів, різке збільшення амплітуди коливань. Це призводить до того, що діелектричні матеріали, які погано поглинають електромагнітні хвилі, здатні поглинути всю підведену енергію.

Режим біжучої хвилі застосовують для опромінення матеріалів, які характеризуються сильною здатністю до поглинання електромагнітної енергії. Для режиму біжучої хвилі характерне розповсюдження від області збудження з затухаючою амплітудою в результаті поглинання енергії речовиною. В такому випадку нагрівання речовини відбувається неоднорідно в напрямку розповсюдження хвиль. Для кращого прогрівання оброблювану речовину перемішують в робочій камері.

Щоб матеріал нагрівався рівномірно в робочій камері, його перемішують або завдяки детекторам «переміщують» поле. Також можна змінювати розподілення енергії поля з часом.

Режим змішаних хвиль використовують у пристроях, в яких розповсюдження хвилі відбувається в протилежних напрямках з неоднаковою амплітудою. Для даного режиму характерне розподілення поля як в режимі стоячої хвилі, а в мінімумах спостерігається мінімальне значення енергії, а не повна його відсутність[10].

Сушарки, в основі принципу роботи яких лежить електромагнітне поле НВЧ, складаються з генератора хвиль, системи хвилеводів, а також камери опромінення. НВЧ пристрої потребують налаштування. Для цього використовують спеціальні стенди, за допомогою яких знімають результати досліджень в камері опромінення і в хвилеводах. Стенди дозволяють налаштувати установку, оптимізувати розміри, форму вузлів та їх розміщення. Властивості хвилеводних складових залежать від характеристик металу з якого вони виготовлені, методу його обробки та технології виробництва. Частотні властивості хвилеводу у великій мірі залежать від його розміру.

Доцільно проводити огляд складних вузлів та їх подальше моделювання за допомогою комп'ютера для оптимізації та зменшення розмірів. Розміри зменшують пропорційно до підвищення частоти опромінення, при цьому форма вузла не змінюється. Моделювання вузлів НВЧ установки в подальшому допоможе вирішити проблему з налаштуванням, скоротивши матеріальні та трудові затрати.

Існують електродинамічні характеристики, які не змінюються при зміні потужності, тому їх вимірювання слід виконувати на невисоких рівнях потужності (1-5 мВт), використовуючи при цьому стандартну вимірювальну апаратуру. Такі характеристики, які температура нагріву окремих компонентів установки та електрична міцність, досліджують на високих рівнях потужності. Тому для подальшого конструювання НВЧ пристрою, необхідно створювати спеціальні установки, які дозволяють виконувати дослідження при значних значеннях рівня потужності. Необхідно забезпечити спів падіння потужності по порядку величини, цього вистачатиме для дослідження характеристик температури нагрівання та електричної міцності.

1.9. Способи використання квасолі

Квасоля — рід однорічних і багаторічних трав'янистих рослин родини бобових. У світовій флорі рід налічує близько 240 видів, з яких 20 — культивуються, інші — дикорослі, поширені головним чином в тропічних державах.

Не даремно квасоллю вважають корисним продуктом. Вона є багатю на залізо, необхідне нам для кровотворення, клітковину. А також квасоля містить багато білка. Вміст білка в квасолі вище ніж у більшості інших рослин і може досягати 30%. А це навіть більше, ніж в курячому м'ясі! При цьому світлі сорти квасолі вважаються менш корисними, ніж темні, оскільки вміст корисних речовин і вітамінів в них менше.

Археологи виявили, що люди почали вирощувати квасоллю ще в V тисячолітті до нашої ери. Сталося це на території Південної Америки – корінні місцеві жителі традиційно використовували її для приготування різних страв. Пізніше, після відкриття Нового Світу європейцями, квасоля потрапила в Європу. Її стручки привіз зі своєї експедиції Христофор Колумб, і вона відразу зацікавила вчених того часу.

Археологи стверджують, що люди почали вирощувати квасоллю ще в V тисячолітті до нашої ери. Вони знаходили її насіння на території перу і

Мексика. Місцеві жителі використовували її для приготування різних страв. Пізніше, після відкриття Нового Світу європейцями, квасоля потрапила в Європу. Її стручки привіз зі своєї експедиції Христофор Колумб, і вона відразу зацікавила вчених того часу.

Схоже, що свою назву квасоля отримала від грецького слова (фасеолус) – довгий вузький човен. І дійсно, стручок квасолі нагадує човник.

У світі існує близько двохсот сортів квасолі, але не всі вони вирощуються в промислових масштабах. Перше місце за обсягами виробництва зараз займає Китай, хоча найбільш популярною квасоля є в Південній і Центральній Америці, зокрема, в Мексиці, Перу, Еквадорі і Колумбії. Сумарний світовий урожай оцінюється в 25 мільйонів тонн. А оскільки як вага однієї середньостатистичної квасолини становить близько 1 грама, то можна порахувати, що щорічно в світі вирощується близько 25 трильйонів квасолин.

Деякі сорти цієї рослини є дуже цікавими. Наприклад, зерна сортів “Акіто” і “Ад Рем” мають запах схожий до м’яса. А всі сорти червоного кольору можна вживати в їжу лише після термічної обробки, оскільки в них містяться токсини, які в сирому вигляді становлять загрозу для людського організму.

Лімська квасоля, точніше її листя, є улюбленою стравою гусені певного виду. Квасоля має дуже цікаву оборонну стратегію – як тільки гусінь починає її гризти, рослина виділяє в повітря ферменти, які приваблюють ос, які, в свою чергу, полюють на цю гусінь.

Квасоллю вживають в їжу не лише в звичайному вигляді, тобто у вареному чи тушкованому. У деяких країнах, особливо в Південно-Східній Азії, її висушують і перемелюють на борошно, з якого потім виготовляють найрізноманітнішу випічку. Використовується квасоля і в косметичній промисловості – квасолеві маски для обличчя робили ще в Стародавньому Єгипті.

В епоху правління Наполеона Бонапарта квасоля була неодмінною частиною раціону французької армії. Імператор був упевнений в її мало не

чарівні властивості, стверджуючи, що вона і м'язи зміцнює, і покращує реакцію, а також позитивно впливає на мозок (що, строго кажучи, не зовсім є правдою). Але Наполеон все одно включив квасолю в стандартний солдатський пайок.

Стручкова квасоля має велику популярність в кулінарії. Для вживання в їжу самих стручків вирощують певні сорти цієї рослини, і збираються вони ще до того, як остаточно дозріють. А ще з стручків роблять ліки, в тому числі і призначені для людей, що страждають діабетом.

Кілька століть тому назад, коли квасоля потрапила в Європу, вона не відразу поширилася по різних країнах. У Великобританію, наприклад, квасоля потрапила через Нідерланди, точніше, через Голландію, тому англійці і до цього дня називають її “голландські боби”. Хоча вони скоріше американські, а не голландські.

Деякі сорти квасолі вирощують в декоративних цілях. Наприклад, вогненно-червона квасоля, вона ж багатоквіткова – під час цвітіння виглядає дуже гарно. У їжу її боби вживати можна, але лише тоді, коли вони ще далекі до дозрівання.

Склад і користь квасолі для організму У раціоні кожної людини неодмінно має бути присутня квасоля, користь якої полягає у високому вмісті білка, вітамінів і мінералів. Вітаміни А, РР, В, К, С, Е є природними антиоксидантами, зміцнюють імунну систему людини, налагоджують роботу органів, і підсилюють обмінні процеси. За вмістом білка продукт є рослинним аналогом м'яса (21 гр на 100 гр продукту). Речовина аргінін, яке є в складі квасолі бере участь в азотообмінних процесах, що дозволяє значно знизити рівень цукру у людей з діабетом.

Блюдо з кукурудзи і спаржевої квасолі корисно для людей з діабетом. Мінеральні солі заліза, магнію, фосфору, йоду, калію, сірки і кальцію посилюють боротьбу організму з захворюваннями шлунково-кишкового тракту і бронхів. Квасоля має сечогінний ефект і позитивно впливає на сечостатеву систему. Амінокислоти лізин, тирозин і метіонін сприяють швидкому засвоєнню білка, полегшуючи роботу кишечника. Квасоля містить

до 300 ккал на 100 гр., Але є дієтичним продуктом. Її часто використовують в розвантажувальних дієтах. Завдяки високому вмісту білка, він дуже популярний серед вегетаріанців.

Шкода квасолі і протипоказання при захворюваннях Давно не новина, що сира квасоля містить в собі певну кількість антипоживних речовин. Ні в якому разі не варто вживати в їжу необроблене насіння. В процесі теплової обробки антипоживні речовини та токсини частково руйнуються, і не представляють небезпеки.

Важливо пам'ятати про шкоду квасолі в сирому вигляді Досить часто вживання в їжу бобових призводить до підвищеного газоутворення. Зменшити ефект можна додаючи в блюдо насіння або зелені кропу, листя м'яти.

Вживати в їжу бобові не рекомендується людям, що страждають такими захворюваннями: підвищена кислотність; виразка, коліт, гастрит; холецистит, панкреатит; подагра.

Висновок до 1 розділу

Аналізуючи велику кількість досліджень по взаємодії електромагнітного випромінювання з біологічним матеріалом під час його опромінення, наведених в публікаціях, можна стверджувати, що на процес сушіння впливає багато фізичних параметрів, які залежно від часу, температурних даних мають нелінійний характер. Через це, проведення детальних розрахунків без наукових експериментів виконувати нелегко. Так само проектування сушарок буде неможливим без знань залежностей вологості матеріалу від потужності випромінювачів електромагнітного поля, а також температурних змін в часі і просторі. Також, неможливо буде провести оптимізацію режимів сушіння для проведення якісного та ефективного процесу.

Суттєвий вплив НВЧ обробки на насіння квасолі полягає у зменшенні вмісту антипоживних речовин.

Враховуючи популярність квасолі серед вегетаріанців, доцільно розробити технологію виробництва квасоляних продуктів з попередньою НВЧ обробкою.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до поставленої мети в роботі здійснено вибір об'єкту та предмету досліджень.

Об'єкт дослідження –технологія переробки насіння квасолі.

Предмет дослідження – насіння квасолі.

Для дослідження було обрано два різновиди квасолі Білої:

1. Мавка
2. Щедра.

Експериментальна частина роботи була виконана в лабораторних умовах кафедри технології зберігання і переробки зерна Національного університету харчових технологій. За допомогою експериментальної бази визначено: фізичні та хімічні властивості сировини; та зміни показників якості після впливу на насіння НВЧ променів.

Наукові дослідження проводились на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Національного університету харчових технологій, з використанням стандартизованих методів досліджень.

2.1. Дослідження органолептичних показників зерна та насіння

Органолептичні показники насіння характеризують свіжість та придатність його до переробки, до них відносять колір, запах, смак, зовнішній вигляд.

За цими показниками насіння не повинно мати затхлого, пліснявілого чи солодового запаху, кислого або гіркого смаку. Насіння, яке не відповідає регламентованим показникам, не рекомендується до переробки.

Органолептичний метод оцінки якості харчових продуктів заснований на аналізі сприйняття органами чуття (зору, слуху, нюху, дотику і смаку) без

застосування вимірювальних приладів. Проте в цілому якість харчових продуктів не можна визначати тільки на підставі вимірників або органолептичних методів оцінки; вони повинні доповнювати один одного.

До органолептичних показників, загальних для характеристики майже всіх продуктів, відносять зовнішній вигляд, смак, запах, консистенцію, колір. З них найбільш значущими є зовнішній вигляд, смак і запах, оскільки вони мають вирішальне значення для оцінки якості харчових продуктів.

Органолептична оцінка насіння та зерна має вирішальне значення при проведенні попереднього контролю якості для споживача і не може бути повністю замінена вимірювальними методами.

Визначення зовнішнього виду проводили візуально, запах та колір – згідно з ГОСТ 10967-90 «Зерно. Методы определения запаха и цвета» [15], зараженість шкідниками хлібних запасів – згідно з ГОСТ 13496.13-75 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов» [16]

Колір. Дослідний зразок порівнюють за кольором із наявним еталонним зразком.

Запах. Визначення запаху в цілому зерні: з ретельно перемішаного зразка зерна відбирають наважку 100 г зволожують диханням, висипають на білий аркуш паперу і визначають запах зерна. Якщо зерно має не яскраво виражений запах зразок поміщають на сітку і протягом 2 ... 3 хв пропарюють над киплячим посудиною, після чого висипають на аркуш паперу й визначають запах. Визначення запаху розмеленого зерна: у конічну колбу місткістю 100 см³ засипають наважку розмеленого зерна, щільно закривають пробкою і витримують протягом 30 хв при температурі 35 ... 40 0С, використовуючи будь-яке джерело тепла. Потім, відкриваючи на короткий час колбу, встановлюють запах.

Смак. З ретельно перемішаного зразка виділяють 100 г зерна, очищають його від смітної домішки і розмелюють його на лабораторному млині. З розмеленого зерна виділяють наважку масою 50 г і змішують її з 100 см³ питної води. Отриману суспензію виливають у посудину з 100 см³ води,

нагрітої до кипіння, ретельно перемішують вміст посудини і закривають скляною чашкою. Посудину з киплячою водою перед тим, як влити в нього суспензію, повинен бути знятий з нагрівального приладу. Визначення смаку роблять після того, як суміш охолідитися до 30 ... 40 0С..

2.2. Дослідження фізико – технологічних показників насіння

Методи визначення маси 1000 насінин. Для аналізування використовують всю пробу або її частину. Якщо використовують всю пробу, то відраховують кількість насінин у ній і зважують з точністю. Маса 1000 насінин обраховують діленням загальної маси проби на кількість насінин у ній і множенням результату на 1000.

За умов використання певної кількості насіння, відібраного від проби, застосовують один з двох методів: - вісім повторів по 100 насінин; - два повтори по 500 насінин. Від насіння основної культури відраховують вісім повторів по 100 насінин (без вибирання), які зважують з точністю, передбаченою під час аналізування чистоти. Маса 1000 насінин обчислюють множенням на 10 середньоарифметичної маси (x) 100 шт. Від насіння основної культури відраховують без вибирання два повтори по 500 насінин і зважують кожне з потрібною точністю. Недостатню кількість насінин беруть з аналізування чистоти, або з середньої проби.

Обчислюють середньоарифметичне мас обох повторів, їхню суму, а також фактичну розбіжність між ними. Остання не повинна перевищувати 3 % від середньоарифметичного. Якщо фактична розбіжність перебуває у межах допустимого, аналіз вважають достовірним за його результат вважають суму мас двох повторів, заокруглену до першого десяткового знака, а для дрібнонасінних культур (маса 1000 насінин менше 10 г) результат заокруглюють до другого знаку. У разі, коли фактична розбіжність перевищує допустиму, беруть третій повтор кінцевий результат обчислюють за тими двома повторами, фактичні розбіжності між якими перебувають у допустимих межах.

У разі, коли значення всіх повторів виходить за межі допустимих відхилів, середньоарифметичне обраховують з усіх повторів (за умови відсутності помилок).

Об'ємну масу визначали згідно ГОСТ 28254-89 «Комбикорма, сир'є. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса» [22].

Кут природного нахилу зернових мас та інших сипких матеріалів (кути внутрішнього тертя матеріалів) визначали за допомогою спеціального приладу для вимірювання внутрішніх кутів тертя (рис 2.1).

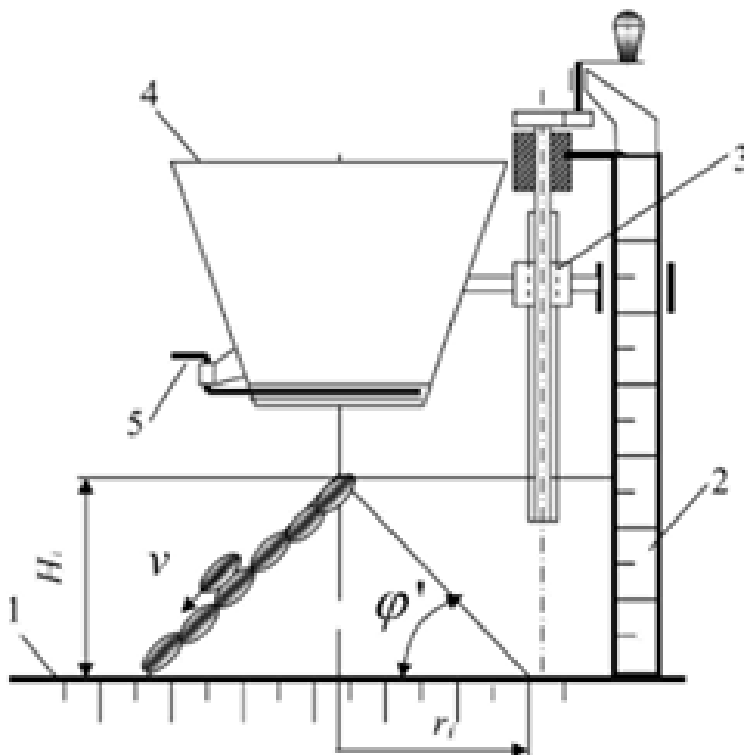


Рис. 2.1 - Схема приладу для вимірювання внутрішніх кутів тертя зернопродуктів:

1 – плоска плита, 2 – шкала, 3 – гвинтовий механізм, 4 – конічна місткість, 5 – заслінка.

Основною структурою для вимірювання внутрішніх кутів тертя є плоска плита 1, на якій нанесена радіально розміщена міліметрова шкала у вигляді концентричних кіл з центром посередині, напрямної 2, на якій нанесена шкала з початком відліку від площини плити 1, та гвинтового механізму піднімання 3 конічної місткості 4 із заслінкою 5. При повільному

підніманні місткості із зерном з відкритою заслінкою, зерно витікає із місткості на плиту 1, формується купа зерна у вигляді конуса висотою h , радіусом основи r і кутом нахилу твірної конуса до основи φ . Як тільки припиняється рух поверхневого шару зерна ($v \approx 0$), тобто настає рівноважний стан масиву зерна, кут при основі конуса стає рівним куту внутрішнього тертя ($\varphi_i = \varphi'_i$). Для цього стану записують значення величин h_i , r_i в i -тому досліді. Коефіцієнти і кути внутрішнього тертя ковзання обчислюють за формулами:

$$f'_i = \operatorname{tg} \varphi_i = \frac{h_i}{r_i} \quad (2.1)$$

$$\varphi'_i = \operatorname{arctg} f'_i \quad (2.2)$$

За даними серій дослідів обчислюють середнє значення коефіцієнта і кута внутрішнього тертя ковзання. [23]

Крупність визначали згідно ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси» [24]. Модуль крупності зерна визначали за результатами вивчення залишків на ситах (ГОСТ 13496.8-92) [25]. Для цього використовували лабораторний класифікатор і сита з круглими отворами діаметром 5,0; 4,0; 3,0; 2,0; 1,0 мм.

З проби подрібненого продукту відбиралася наважка вагою 100 г. Потім на лабораторному класифікаторі проводили його розсів протягом 5 хв. на вагах зважували залишки з кожного сита і збірного дна з точністю 0,01 г.

2.3. Дослідження хімічного складу сировини

Аналіз хімічного складу дає змогу уявлення про харчову цінність продукту, а також дає змогу спрогнозувати технологічні властивості насіння [12].

Масова частка вологи. Вологість визначається згідно ГОСТ 13586.5-93.

У попередньо просушені бюкси зважують 5 г подрібненої квасолі. Поміщають у сушильну шафу при температурі 130°C на 40 хв. Після висушування бюкси поміщають у ексікатор на час від 20хв до 2 годин.

Вологість W , розраховується за формулою (3.1)

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_0} * 100\%, \quad (3.1)$$

де, m_1 – маса бюкси з наважкою до висушування, г;

m_2 – маса бюкси з наважкою після висушування, г;

m_0 – маса наважки, г.

Квасоля сорту Мавка

$$W_1 = \frac{18,53 - 18,03}{5} = 10 \%,$$

$$W_2 = \frac{18,91 - 18,41}{5} = 10 \%,$$

$$W_3 = \frac{18,92 - 18,45}{5} = 9,4 \%,$$

$$W_4 = \frac{18,62 - 18,15}{5} = 9,4 \%,$$

$$W_{\text{сер.}} = \frac{10 + 10 + 9,4 + 9,4}{4} = 9,75 \%.$$

Початкова вологість квасолі сорту Мавка 9,75 %.

Квасоля сорту Щедра

$$W_1 = \frac{18,63 - 18,15}{5} = 9,6\%,$$

$$W_2 = \frac{18,93 - 18,43}{5} = 10 \%,$$

$$W_3 = \frac{18,78 - 18,28}{5} = 10 \%,$$

$$W_4 = \frac{18,78 - 18,28}{5} = 10\%,$$

$$W_{\text{сер.}} = \frac{9,6 + 10 + 10 + 10}{4} = 9,9 \%.$$

Початкова вологість квасолі сорту Щедра 9,9 %.

Масову частку сирого жиру визначають, знежирюючи наважку корму органічними розчинниками – ефіром, тетрахлоретиленом, спеціальним (чистим) бензином тощо, як різницю між абсолютно сухою наважкою до і після знежирення. До його складу, крім тригліцеридів жирних кислот, входять смоли, віск, пігменти тощо, які не є справжніми жирами. У ряді кормів екстракція жиру можлива лише після кислотного гідролізу, адже жир у них оточений білковою мембраною (молочні корми, сухі дріжджі, барда).

Масову частку сиріи золи. 5 г зразку відважують на вагах, із записом результату до четвертого знака в попередньо прожарений, зважений тигель і спалюють до повного озолення.

Спалювання необхідно робити дуже обережно. Переносять у муфельну піч і, поступово підвищуючи температуру озольють залишок у тиглі при температурі не вище 600°C протягом 1 год. Потім тигель виймають з муфельної печі, злегка прохолоджують, ставлять у ексікатор і через 20—30 хв. зважують. Прожарювання повторюють до досягнення постійної маси.

Кінцевий результат виражається як середнє арифметичне двох паралельних визначень.

Розбіжності між двома паралельними визначеннями не повинні перевищувати 0,02%.

Масову частку крохмалю. В колбу на 100 мл зважують 2,5 г тонко помеленого повітряно-сухого зразка з точністю до 0,01. Додати 50 мл 1% HCl при постійному розмішуванні, бажано це робити коли колба з наважкою знаходиться на магнітній мішалці (запобігти появі комків). Колбу ставимо на киплячу баню на 15 хв. До ще гарячого містимого колби додати 30 мл теплої дистильованої води. Колбу з розчином охолоджуємо до кімнатної температури і в неї додається 10 мл 4% розчину фосфору вольфрамокислого (для осаджування білків). Містиме колби доводимо до мітки. Відстоюємо розчин протягом 15 хв., після цього фільтруємо. Фільтрат може бути забарвленим, але має бути прозорим (перефільтрувати або додати активованого вугілля). Містиме колби виливаємо в проточну кювету

поляриметра, де обертання площини поляризованого світла заміряється при $T = 20^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок здійснюють за формулою:

Крохмаль, % = $L \cdot 100 \cdot 100 / (l)^* \cdot 200$ в 2,8885;

L – заміряний кут обертання;

$(l)^*$ – питома обертова здатність по Еверсу крохмалю і дослідної проби при $20^{\circ}\text{C} = 1,837$;

• – довжина поляриметричної трубки;

v – наважка.

2.4. Замочування квасолі

Перед початком роботи квасолі попередньо замочили у воді на 24 години, для підвищення вологості насіння. Ефективність НВЧ обробки залежить від технологічних параметрів насіння, безпосередньо від масової частки води. Чим більша вологість насіння або зерна тим ефективніше проходить процес обробка НВЧ променями.

Кількість води розраховували за формулою (3.2)

$$G = C_2 \frac{B_2 - B_1}{100 - B_2}, \quad (3.2)$$

де, C_2 - маса наважки, г.

B_2 – волога після сушки (16), %;

B_1 – волога до сушки, %.

Висновки до розділу 2

Даний розділ дає можливість вивчити, дослідити, оптимізувати та досягти вирішення поставлених завдань у даній магістерській роботі.

Дослідження органолептичних, фізико-технологічних показників та хімічного складу були проведені за стандартизованими методами.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Дослідження органолептичних та фізико-технологічних властивостей і хімічного складу квасолі

Завдяки багатому хімічному складу насіння квасолі використовується для виробництва різних продуктів: борошно, консервовані салати з квасолею, консервна квасоля, супи для вегетеріанців у сохому вигляді.

Білок, що міститься в квасолі легкозасвоюваний, і має у своєму складі лізин аргінін, тирозин, метіонін, триптофан. Ці речовини благотворно впливають на здоров'я людини, покращуючи імунітет і загальний стан організму.

Насіння квасолі містить таку речовину, як фолацин або вітамін В9, який застосовують при лікуванні анемії. Тому її вживання стане відмінною профілактикою цього захворювання.

Також вони містять кальцій, магній, залізо, цинк. Ці речовини беруть участь в мінералізації кісток, підтримують здоров'я серцево-судинної системи, покращують настрій, підтримують гостроту зору, знижують рівень інсуліну. Ось чому квасоля така корисна для вагітних жінок, адже ці проблеми, а особливо дефіцит кальцію часто турбують їх в такому положенні.

Квасоля бобова культура яка може містити антипоживні білки-ферменти бобових трипсин - інгібітори.

Для боротьби з антипоживними білками у Національному Університеті Харчових Технологій (м.Київ) на кафедрі технології зберігання та переробки зерна розробили новий вид борошна з екструдату квасолі.

Білки підчас екструдкування, структурно розвертаються, частково денатурують, відбувається збільшення їх перетворюваність, а антипоживні білки – ферменти бобових трипсин - інгібітори повністю втрачають свою активність – денатурують. Ліпіди підчас екструзії зберігають свої

властивості, оскільки відбувається інактивація окислювальних ферментів (ліпаз і ліпоксигеназ), які сприяють окисненню ліпідів.

Схожих результатів можна досягти і НВЧ обробкою насіння квасолі. Під дією інфрачервоних променів білки частково денатурують, анти поживні білки втрачають свою активність та денатурують.

Визначення органолептичних показників насіння квасолі проводили для двох сортів – Мавка та Щедра. Результати досліджень наведено в табл.3.1

Таблиця 3.1 – Результати визначення органолептичних показників квасолі

Показники	Сорт Мавка	Сорт Щедра
Зовнішній вигляд	Ниркоподібне зерно	Кулясте зерно
Колір	Білий з кремовим відтінком	Світло- бежевий
Запах	Слабкий відтінок аромату сирого зерна	Відсутній запах
Смак	Властивий насінню квасолі	Властивий насінню квасолі

Визначення фізико-технологічних показників насіння квасолі проводили для тих же двох сортів – Мавка та Щедра. Результати досліджень наведено в табл.3.2

Таблиця 3.2 – Результати визначення фізико-технологічних показників квасолі

Показники	Сорт Мавка	Сорт Щедра
Розмір зерен, мм		
довжина	14,1±0,66	10,1±0,51
ширина	7,2±0,36	6,2±0,31
товщина	5,1±0,26	5,0±0,22
Об'ємна маса, г/л	910	890
Кут природнього нахилу	38-40	38-44
Маса 1000 зерен, г	604,00±30,2	353,44±17,37

Аналіз даних таблиці 3.1. свідчить, що сорти квасолі відрізняються досить суттєво як за розміром, так і за кольором. Так довжина зерна варіюється в межах від 10.1 (сорт Щедра) до 14,1 (сорт Мавка), ширина зерна - від 6,2 до 7,2, а товщина - від 5,0 до 5,2мм. Також відрізнялася

квасоля за формою. Квасоля сорту Мавка мала форму зерна ниркоподібну, а сорт Щедра – кулясте зерно.

Друга група показників, на які зверталась увага – це зовнішній вигляд, колір і запах. У смаку та запаху проявлявся тільки слабкий відтінок сирого крохмалю або він був взагалі відсутній. Також зерна квасолі відрізнялись і за масою і варіювалися на 1000 зерен від 353,44(сорт Щедра) до 604,00 г (сорт Мавка).

Хімічний склад і енергетична цінність квасолі зернової білої з даних сортів представленні в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати визначення хімічного складу насіння квасолі

Показники,%	За нормативним документом	Сорт Мавка	Сорт Щедра
Масова частка вологи,% не більше	23	9,9	9,75
Масова частка білків, в тому числі:	20-30	22,03±0,89	20,93±0,72
альбуміни	-	8,89±0,33	8,51±0,28
глобуліни	-	9,69±0,48	9,16±0,34
глютеліни	-	3,45±0,13	3,26±0,11
Масова частка жиру, не більше	3,5	1,35±0,05	1,94±0,11
Масова частка крохмалю	40-60	45,4±2,23	45,0±2,11
Моно- і дисахариди	3,11	3,2±0,14	3,52±0,14
Масова частка сирोї клітковини	3,3	6,29±0,18	5,82±0,18
Масова частка сирої золи	3,53	5,13±0,19	4,99±0,17
БЕР	19,8±1,3	19,8±1,3	21,32±1,3
Енергетична цінність 100г,ккал	300	298,57	299,06

Аналіз отриманих результатів показав, що основну частину сухих речовин квасолі складають вуглеводи, представленні в основному крохмалем, клітковиною, геміцелюлозою та пектином. Вміст крохмалю від

45,0 до 45,4%. Також усі сорти багаті на харчові волокна, які виводять з організму метаболіти їжі і забруднювачі.

До основних фракцій зернової квасолі відносять глобулінову та альбумінову, найменший вміст – глютелінової фракції [4,5].

Вміст білка і квасолі коливається від 20,93 до 22,03%. Фракційний склад білків їх загальної кількості складають: глобуліни – 43,76-44,93%, альбуміни – 40,35%, глютеліни – 13,02 – 15,6%.

Жири необхідні в харчуванні як енергетичний та структурний матеріал. Вони беруть участь в обміні інших харчових речовин. В квасолі вміст жирів складає 1,3-1,94%.

Провідними зольними елементами квасолі є калій, фосфор, сірка та кальцій. Зола в сортах квасолі складає від 4,99-5,13%.

Значний вміст вуглеводів визначає високу енергетичну цінність, енергетична цінність квасолі не надто розрізняється за сортами та складає 298,57-299,06 ккал.

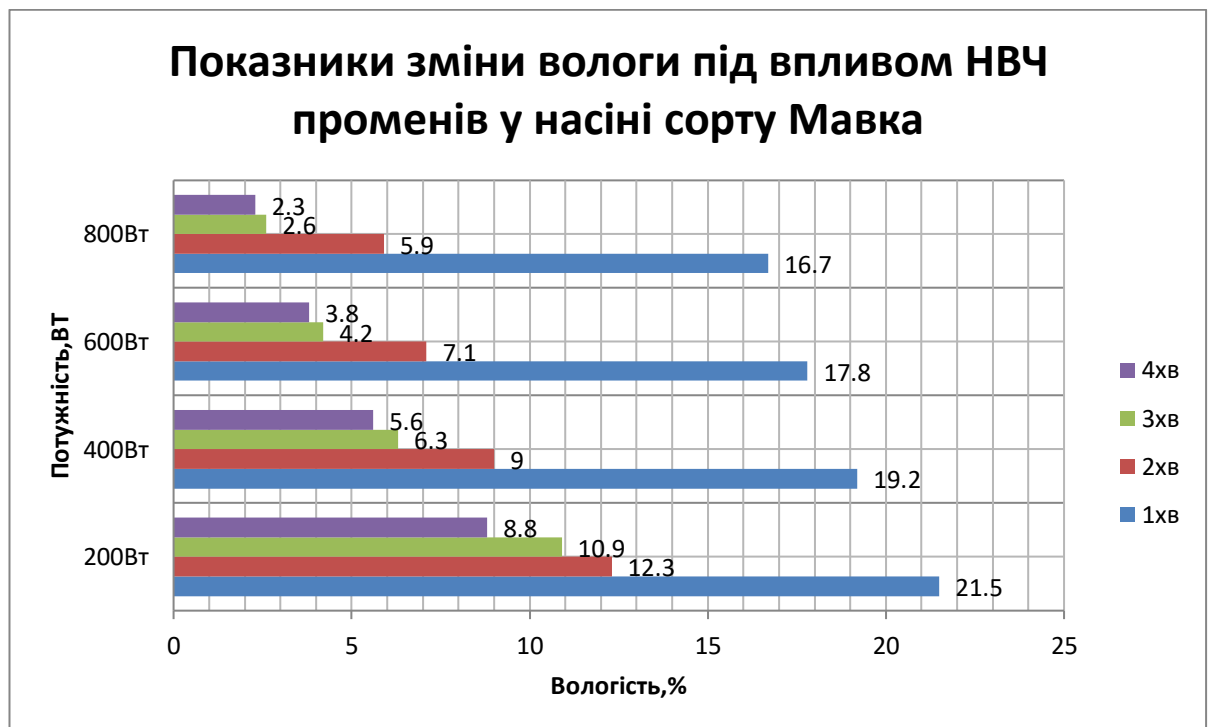
3.2 Визначення впливу НВЧ променів на якість насіння кvasолі

Для визначення впливу НВЧ променів на насіння кvasолі проводили обробку кvasолі НВЧ променями різної хвилі та протягом різного часу. Результати досліджень наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати обробки НВЧ променями насіння сорту Мавка

Потужність Вт	Час обробки, хв			
	1	2	3	4
200	21,5	12,3	10,9	8,8
400	19,2	9	6,3	5,6
600	17,8	7,1	4,2	3,8
800	16,7	5,9	2,6	2,3

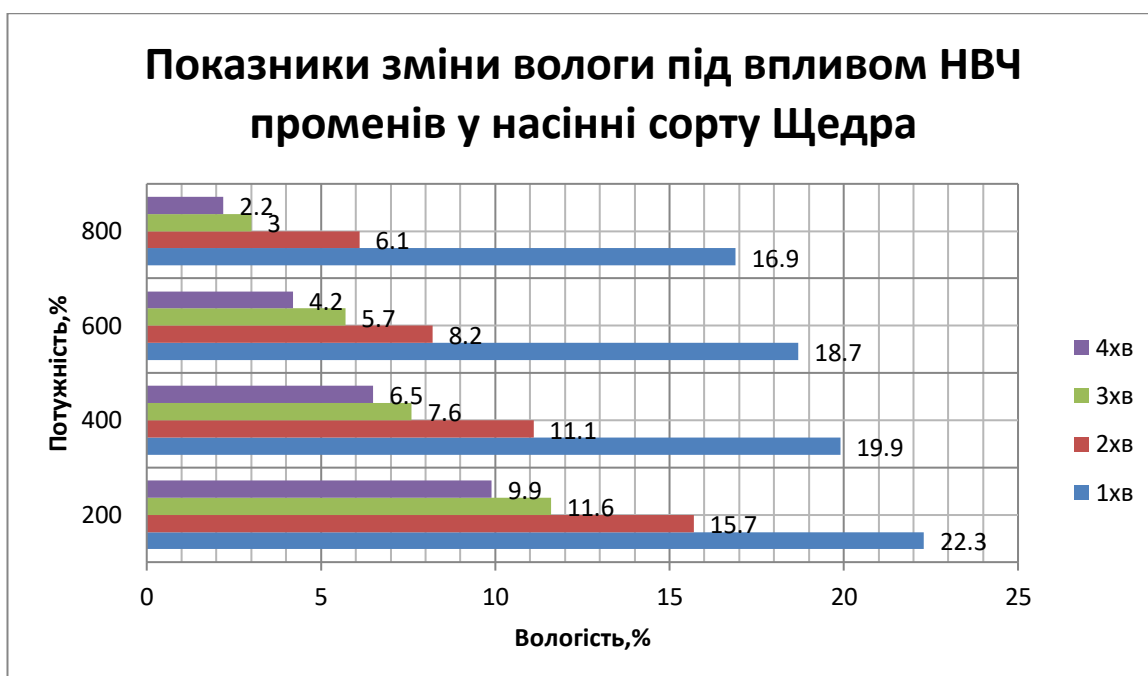
Діаграма 1 – Показники зміни вологи під впливом НВЧ променів у насінні кvasолі сорту Мавка



Таблиця 3.2 - Результати випробовування квасолі сорту Щедра

Потужність, Вт	Час обробки,хв			
	1	2	3	4
200	22,3	15,7	11,6	9,9
400	19,9	11,1	7,6	6,5
600	18,7	8,2	5,7	4,2
800	16,9	6,1	3	2,2

Діаграма 2 - Показники зміни вологи під впливом НВЧ променів у насінні сорту Щедра



Висновок до розділу 3:

1. За результатами експериментальних досліджень визначено органолептичні показники насіння квасолі та встановлено, що обидва зразки за даними показниками відповідають вимогам стандарту.
2. Визначення фізико-технологічних властивостей та аналіз одержаних результатів дає підстави стверджувати, що насіння квасолі має відносно великі розміри довжину від 10,1 до 14,1 мм, ширину від 6,2

до 7,2 мм об'ємну масу 890-910 г/л, що буде мати суттєвий вплив на технологічний процес переробки насіння.

3. Дослідження хімічного складу насіння квасолі свідчить про те, що квасоля має багатий склад- білку до від 20,93% до 22,03%, жиру – від 1,35 до 1,94%, крохмалю від 45,0% до 45,4%, а також містить значну кількість мінеральних речовин та мікро і макро елементів.
4. В результаті визначення впливу НВЧ променів на насіння квасолі встановлено зміну показника масової частки вологіна в залежності від потужності приладу для обробки та часу обробки. Максимальна зміна масової частки вологи спостерігається при потужності 400Вт на 2хв обробки.

РОЗДІЛ 4

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для встановлення оптимальних параметрів НВЧ променів обробки насіння квасолі необхідно розробити математичну модель процесу, за допомогою повного факторного експерименту.

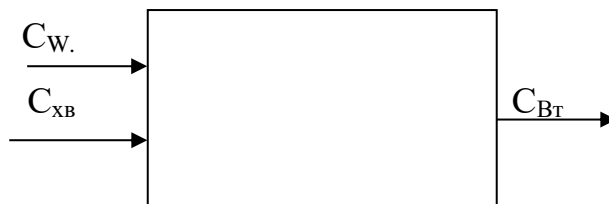


Рис. 4.1 – Загальна схема математико-статистичної моделі

Математична модель має вигляд рівняння регресії, для оцінки якого застосовували наступні критерії:

- критерій Кохрена;
- критерій Стьюдента;
- критерій Фішера.

Вибір змінної стану. В якості змінної стану вибрано оптимальну потужність мікрохвильової печі.

Вибір факторів (параметрів). На потужність мікрохвильової печі впливають наступні показники:

Вхідні:

- вологість обробленого насіння квасолі;
- час робки, хв.;

Вихідні:

- потужність мікрохвильової печі.

Попередній експеримент. Було проведено декілька дослідів двох факторного експерименту.

$$C_{\text{Вт}} = f(C_{\text{W}}, C_{\text{хв.}}) \quad (4.1)$$

$C_{\text{Вт}}$ – потужність мікрохвильової печі;

C_{W} – 2,2-22.3 – вологість обробленої квасолі;

$C_{\text{хв.}}$ – 1-4хв – час обробки насіння квасолі.

Складання математичної моделі

Вибираємо вид поліноміальної функції:

$$Y = f(X_1, X_2,), \quad (4.2)$$

де Y – потужність мікрохвильової печі; X_1 – вологість обробленого насіння квасолі; X_2 – час обробки насіння в мікрохвильовій печі.

Постановка задачі оптимізації. Знайти оптимальну потужність мікрохвильової печі. Математично це можна виразити у вигляді отримання математичної моделі:

$$Y = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_{12} \times X_1 \times X_2 \quad (4.3)$$

де Y – потужність мікрохвильової печі; X_1 – вологість обробленого насіння квасолі; X_2 – час обробки насіння квасолі; b_0, b_1, b_2, b_{12} , – коефіцієнти рівняння математичної моделі.

Вибір нульових рівнів. Пропонується центр плану помістити в точку з координатами:

$$X_1 = 12,25;$$

$$X_2 = 2,5;$$

Вибір інтервалів варіювання факторів. Для реалізації цього етапу планування експерименту у факторному просторі вибирається область проведення експерименту з наступними інтервалами варіювання відносно нульових рівнів:

$$\Delta X_1 = 10,05;$$

$$\Delta X_2 = 1,5;$$

Методом планування вибрано повний факторний експеримент (ПФЕ), виду $N = 2^3 = 8$.

Проводились паралельні дослід (у₁, у₂, у₃)

Складаємо матрицю рівнів варіювання (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Матриця рівнів варіювання

Найменування рівнів варіювання	Позначення	Вологість обробленого насіння, W%	Час обробки насіння, хв
		С _{швидк.очищ.} (X ₁)	С _{луж.води} (X ₂)
Верхній	+	22,3	4
Середній	0	12,25	2,5
Нижній	-	2,2	1
Крок	Δ	10,05	1,5

Нормалізуємо рівняння (4.3), яке буде мати вигляд:

$$Y = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_{12} \times X_1 \times X_2 \quad (4.4)$$

Складаємо матрицю плану (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Матриця планування

№ N=8	z ₀	Фактори				Вихідна функція		S _u ²
		z ₁	z ₂	z ₁ z ₂	y _{u1}	y _{u2}	y _u	
1	+	+	+	+	0,4	0,6	0,5	0,2
2	+	+	+	+	0,42	0,48	0,45	0,0018
3	+	+	-	-	0,41	0,53	0,46	0,005
4	+	+	-	-	0,38	0,5	0,44	0,0072

Здійснюємо експеримент у відповідності з матрицею плану.

Дисперсія вибіркова – дисперсія, обчислена за даними вибірки.

Перевіряємо однорідність дисперсій:

а) розраховуємо дисперсію паралельних дослідів для кожного рядка матриці плану, за рівнянням:

$$S_{\text{одн}_i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m=2} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad (4.5)$$

де m – кількість паралельних дослідів, $m = 3$;

i – поточний номер паралельного дослідження, $i = 1 \dots m$;

y_i – експериментальні значення вихідного параметру за результатами

i -го паралельного дослідження;

\bar{y}_i – середня значення вихідного параметру за результатами паралельних досліджень.

$$S_{\text{одн}_1}^2 = \frac{(0,4 - 0,5)^2 + (0,6 - 0,5)^2}{2 - 1} = 0,02$$

$$S_{\text{одн}_2}^2 = \frac{(0,42 - 0,45)^2 + (0,48 - 0,45)^2}{2 - 1} = 0,0018$$

$$S_{\text{одн}_3}^2 = \frac{(0,41 - 0,46)^2 + (0,53 - 0,46)^2}{2 - 1} = 0,005$$

$$S_{\text{одн}_4}^2 = \frac{(0,38 - 0,44)^2 + (0,5 - 0,44)^2}{2 - 1} = 0,0072$$

Визначаємо найбільше значення $S_{\text{одн.max}}^2$ з усіх розрахованих:

$$S_{\text{одн.max}}^2 = S_{\text{одн}_6}^2 = 0,02$$

Розраховуємо суму розрахованих дисперсій:

$$\sum_{i=1}^N S_{\text{одн}_i}^2 = 0,034$$

Розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S_{\text{одн.max}}^2}{\sum_{i=1}^N S_{\text{одн}_i}^2} \quad (4.6)$$

де $S_{одн. \max}^2$ - найбільша рядкова дисперсія (в рядках плану дослідів);

$$G_p = \frac{0,02}{0,034} = 0,5882$$

д) вибираємо табличне значення критерія Кохрена G_m для значень ступенів вільності $f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ та $f_2 = N = 4$ та для рівня значущості $\alpha = 0,05$.

$$G_m = f_{1, f_2} = 0,9065;$$

е) перевіряємо виконання умови:

$$G_p < G_m, \text{ а саме: } G_p = 0,5882 < G_m = 0,9065.$$

є) робимо висновок, що дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто отримані експериментальні дані є відтворюваними.

Дисперсія відтворюваності – дисперсія, що характеризує відтворюваність експерименту; обчислюється як середнє арифметичне вибірових дисперсій результатів паралельних (дублюючих) дослідів, якщо зазначені дисперсії однорідні.

Розраховуємо загальну похибку дослідів (всього експерименту), а саме, середнє арифметичне значення дисперсій $S_{від}^2$ в $N = 8$ точках факторного простору:

$$S_{від}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{одн_i}^2}{N} \quad (4.7)$$

$$S_{від}^2 = \frac{0,034}{4} = 0,0085$$

Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії

$$B_i = \frac{\sum_{i=1}^N z_{xi} \tilde{y}_i}{N} \quad (4.8)$$

$$B_0 = \frac{0,5 * (+1) + 0,45 * (+1) + 0,46 * (+1) + 0,44 * (+1)}{4} = 0,4625$$

$$B_1 = \frac{0,5 * (+1) + 0,45 * (+1) + 0,46 * (-1) + 0,44 * (-1)}{4} = 0,0125$$

$$B_2 = \frac{0,5 * (+1) + 0,45 * (-1) + 0,46 * (+1) + 0,44 * (-1)}{4} = 0,0175$$

$$B_{12} = \frac{0,5 * (+1) + 0,45 * (-1) + 0,46 * (-1) + 0,44 * (+1)}{4} = 0,0075$$

Перевірка на значущість коефіцієнтів регресії:

Критерій Стьюдента характеризує відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій по паралельних дослідах; застосовується для перевірки однорідності вибірових дисперсій результатів паралельних дослідів.

Коефіцієнт Стьюдента:

$$S_k = \sqrt{S_k^2} \quad (4.9)$$

$$S_k^2 = \frac{S_{\text{відт}}^2}{N} \quad (4.10)$$

$$S_k^2 = \frac{0,0085}{4} = 0,021$$

$$S_k = \sqrt{0,021} = 0,291$$

$$t_{b0} = \frac{|0,4625|}{0,291} = 1,589$$

$$t_{b1} = \frac{|0,0125|}{0,291} = 0,042$$

$$t_{b2} = \frac{|0,0175|}{0,291} = 0,005$$

$$t_{b12} = \frac{|0,0075|}{0,291} = 0,025$$

Знаходимо табличне значення коефіцієнта Стьюдента – $t_{\tau}=2,78$ ($\alpha=0,05$; $f=4$).

Потім перевіряємо умову значущості кожного з коефіцієнтів регресії, а саме $t_{bk}>t_{\tau}$, якщо ця умова не виконується – то коефіцієнт є незначущим і ним можна знехтувати.

Записуємо в остаточному вигляді отримане рівняння регресії:

$$\hat{Y} = 0,4625 + 0,0125 \cdot X_1 + 0,0175 \cdot X_2$$

Перевірка рівняння регресії на адекватність

Адекватність рівняння регресії – відповідність рівняння регресії дослідним даним. Зазвичай, відповідність оцінюють у межах помилки відтворюваності.

Перевіряємо адекватність отриманого рівняння регресії на адекватність дійсному процесу:

а) розраховуємо залишкову дисперсію:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} \quad (4.11)$$

$$S_{ад}^2 = S_{зал}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \hat{Y}_i)^2}{N-1} \quad (4.12)$$

$$\hat{Y}_1 = 0,4625 * (+1) + 0,0125 * (+1) + 0,0175 * (+1) = 0,4925;$$

$$\hat{Y}_2 = 0,4625 * (+1) + 0,0125 * (+1) + 0,0175 * (-1) = 0,4575;$$

$$\hat{Y}_3 = 0,4625 * (+1) + 0,0125 * (-1) + 0,0175 * (+1) = 0,4675;$$

$$\hat{Y}_4 = 0,4625 * (+1) + 0,0125 * (-1) + 0,0175 * (-1) = 0,4325;$$

$$S_{ад}^2 = \frac{2}{4} \cdot \left[(0,4925 - 0,5)^2 + (0,4575 - 0,45)^2 + (0,4675 - 0,46)^2 + (0,4325 - 0,44)^2 \right] = 0,01125$$

Розрахунковий критерій Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} = \frac{0,01125}{0,021} = 0,5357$$

За таблицями, для степенів свободи $f_1 = N - 1 = 4 - 2 = 2$ для чисельника та $f_2 = N \cdot (m - 1) = 4 \cdot (2 - 1) = 4$ для знаменника, та для рівня значущості $\alpha = 0,05$, вибираємо значення критерія Фішера.

Якщо $F_p < F_T$ то рівняння адекватне.

Табличне значення критерію Фішера $F_T = 6,94$.

$F_p < F_T$, тому рівняння регресії вважається адекватним.

$$X_1 = \frac{C_{W.} - 12,25}{10,05}$$

$$X_2 = \frac{C_{XB.} - 2,5}{1,5}$$

$$Y = 0,4625 + 0,0125 \cdot \left(\frac{C_{W.} - 12,25}{10,05} \right) + 0,0175 \cdot \left(\frac{C_{XB.} - 2,5}{1,5} \right) =$$

$$= 0,3565 + 0,0076 \cdot C_{W.} + 0,0085 \cdot C_{XB.}$$

Отримана математична модель:

$$Y = 0,3565 + 0,0076 \cdot C_{W.} + 0,0085 \cdot C_{XB.}$$

Тепер, підставляємо в отриману математичну модель значення заданих вхідних параметрів та отримуємо математичні розрахунки оптимальної потужності:

$$C_{\text{Вт}} = 0,3565 + 0,0076 * 2,2 + 0,0085 * 1 = 0,3817$$

$$C_{\text{Вт}} = 0,3565 + 0,0076 * 22,3 + 0,0085 * 5 = 0,5685$$

$$C_{\text{Вт}} = 0,3565 + 0,0076 * 2,2 + 0,0085 * 5 = 0,4157$$

$$C_{\text{Вт}} = 0,3565 + 0,0076 * 22,3 + 0,0085 * 1 = 0,5345$$

Розраховуємо загальну похибку експерименту:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \hat{M}_i - \bar{y}_i \right|}{N} \quad (4.13)$$

Похибка окремо взятого дослідження становить:

$$\Delta_1 = \frac{|0,5 - 0,3817|}{0,5} = 0,236 \%$$

$$\Delta_2 = \frac{|0,45 - 0,5685|}{0,45} = 0,263 \%$$

$$\Delta_3 = \frac{|0,46 - 0,4157|}{0,46} = 0,096 \%$$

$$\Delta_4 = \frac{|0,44 - 0,5345|}{0,44} = 0,214 \%$$

Загальна похибка експерименту:

$$\Delta = 0,809\%.$$

Висновок: оптимальною потужністю мікрохвильової печі є 460 Вт, так як похибка є найменшою 0,096%.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Опис технології обробки насіння квасолі НВЧ променями

Блок схема технологічної – лінії обробки насіння НВЧ променями



Насіння квасолі після приймання подається на просіювання для виділення грубих домішок. Потім надходить в приймальні місткості, з яких подається на очищення через метало-магнітний захист та каменевідбірник.

Після очищення попередньо насіння потрапляє на замочування (замосування насіння здійснюється для підвищення вологості квасолі та покращання ефективності технологічного процесу обробки променями НВЧ.

Для насіння з високим вмістом води обробка НВЧ променями буде проходити більш ефективно ніж для насіння з низькою масовою часткою води. Що підтверджено змінами хімічного складу та вологовмістом. Після замочування квасоля потрапляє на мікрохвильову установку де безпосередньо відбувається обробка НВЧ променями. Оброблене насіння подається на подрібнення, або на інше виробництво.

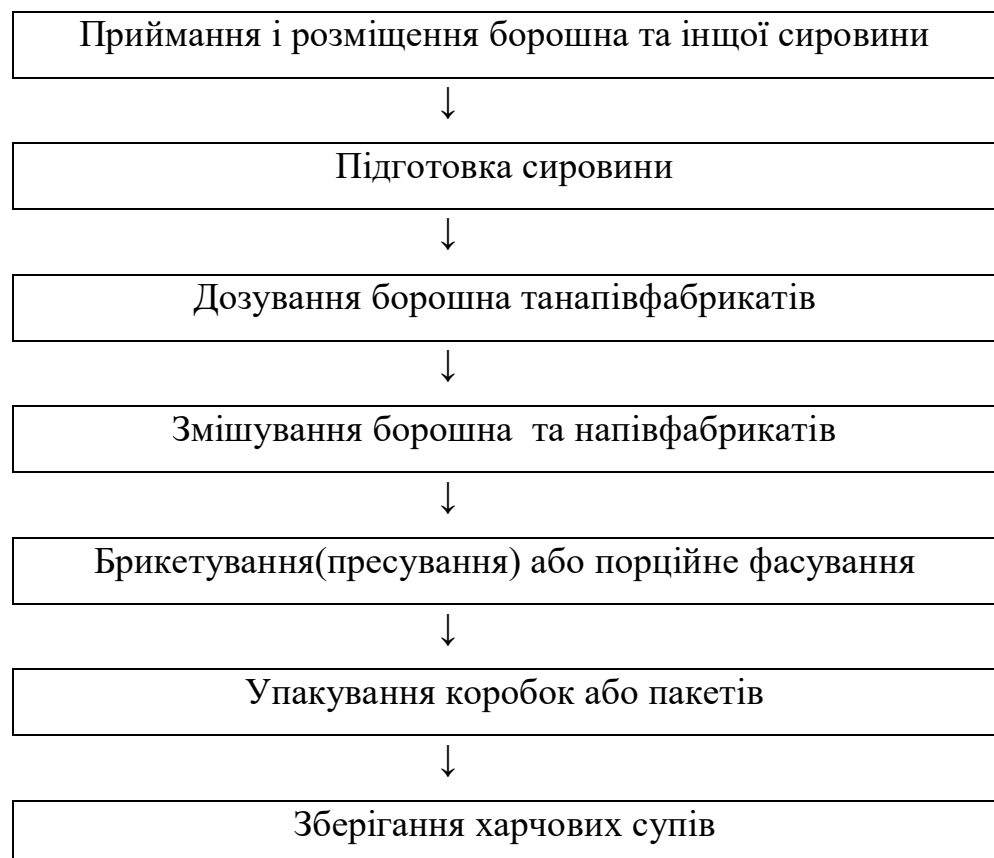
5.2 Розробка технології продуктів швидкого приготування на основі насіння кvasолі

Процес подрібнення насіння кvasолі, яке пройшло обробку НВЧ променями здійснюють у чотири етапи з проміжним просіюванням. На першому етапі встановлюють полотно решітне з розмірами отворів \varnothing 4мм, на другому етапі – \varnothing 1,5мм, на третьому етапі та четвертому етапах – \varnothing 0,8мм. Після кожного етапу подрібнення продукту просіюють на ситах.

Зольність борошна, отриманого з насіння великої кvasолі при вологості 9,9%, поступово зростає з 5,13% до 5,45%, а після подрібненні кvasолі з тією ж вологістю спостерігається збільшення зольності з 5,13% до 5,34%.

Нами встановлено, що подрібнення насіння кvasолі із проміжним просіюванням дає можливість отримати в середньому на 10% більше борошна, ніж при подрібненні без проміжного просіювання. Зниження крупності насіння кvasолі та підвищення його вологості приводить до збільшення загального виходу.

Технологія продуктів швидкого приготування на основі насіння кvasолі



Дозування підготовлених напівфабрикатів, в основному проводиться по масі. Для рідин постійною густиною і для добре сипучих зернових матеріалів дозування проводиться об'ємним способом за допомогою спеціальних дозуючих пристроїв. Зважені по рецептурі напівфабрикати направляються на змішування.

Для змішування напівфабрикатів використовують змішувальні машини періодичної дії. Широке поширення одержали змішувачі періодичної дії. Змішувальна машина періодичної дії складається зі сталеві ємності напівциліндричної форми, у якій обертаються два вали, що виконують роль мішалки. Робочий механізм мішалки являє собою дві гвинтові лопати, що обертаються назустріч один одному з різним числом обертів (200 і 130 об/хв). Завантаження напівфабрикатів у певній послідовності виконують зверху. Вивантажують готову суміш через бокову стінку при відкриванні заслінки.

Змішування компонентів ведеться в протягом 5...10 хв. (залежно від виду продукту) до утворення однорідної суміші. Суміш вважається однорідною, якщо кожна невелика порція має однаковий хімічний склад і має однакові фізичні властивості. Для визначення однорідності суміші використовують ключовий компонент, на підставі якого розраховують коефіцієнт однорідності.

Отриману концентратну суміш брикетують у міцні брикети певної форми, розмірів і маси. Для брикетування харчових концентратів (сухих супів), за винятком овочевих, використовують механічні преса.

Для брикетування овочевих концентратів придатні тільки гідравлічні преси, тому що на цих пресах можна одержати досить великі брикети масою не менш 1 кг. Перевагою цих пресів є також можливість регулювання тиску на 1 см² пресуємої поверхні й підігріву матриці, що дозволяє робити пресування при мінімальному подрібнюванні сушеного продукту. Брикети після пресування інспектують. Вони повинні мати правильну форму, однакову товщину, масу, рівні гладкі поверхні гострі, не зламані грані, добре зберігати свою форму, при загортанні не розсипатися.

Концентрати, спресовані в брикети загортають у два шари пакувального матеріалу: внутрішній – для концентратів з жиром з пергаменту, для концентратів без жиру з підпергаменту або парафінованого паперу, просоченої парафіном; зовнішній – літографовану барвисту етикетку з етикеточного паперу. Шви обгортки і етикетки не повинні збігатися. Склеюють декстриновим клеєм, крохмалем або полівінілацетатною емульсією.

Брикетовані концентрати випускають (залежно від виду) масою нетто від 50 до 500 г, а по замовленню споживачів можуть бути випущені масою нетто не більше 2,5 кг.

Концентрати в насипний виді розфасовують розсипом у пакети і пачки з термозварюємих матеріалів і в подвійні пакети – зовнішній пакет з етикеточного паперу, внутрішній – для концентратів з жиром з пергаменту, для концентратів без жиру з підпергаменту або парафінованого паперу.

Пакети, пачки і брикети повинні бути оформлені барвистими малюнками з написами, нанесеними безпосередньо на пакувальні матеріали або етикетку. Етикетки повинні бути цілими, чистими і без плям, на етикетці кожної одиниці впакування повинні бути зазначені:

- товарний знак або найменування підприємства-виробника;
- найменування продукту;
- склад концентрату;
- спосіб готування і кулінарні рекомендації по вживанню;
- маса нетто;
- дата вироблення;
- строк зберігання;
- напис “Зберігати в сухому прохолодному місці”;
- позначення стандарту.

Пакети, пачки і брикети з концентратами впаковують у фанерні, дощаті ящики або в ящики з гофрованого картону з вкладишами. Дощаті і фанерні ящики повинні бути вистелені усередині пакувальним папером. Маса нетто ящика повинна бути не більше 16 кг.

Тара повинна бути міцною, чистою, сухою, без сторонніх запахів. Транспортна тара маркірується з позначкою:

- товарного знака або найменування підприємства-виробника;
- найменування продукту;
- маси нетто і кількості пакетів, пачок або брикетів;
- дати вироблення і номера зміни;
- строку зберігання;
- напис “Зберігати в сухому прохолодному місці”.

У кожному тарну одиницю вкладаю талон з номером укладальника. Приготовлені концентрати направляють на склад готової продукції.

Концентрати зберігають у сухому чистому, добре вентильованому приміщенні, не зараженому комірними шкідниками. При необхідності проводять дезінсекцію складського приміщення. У складські приміщення не повинні проникати сонячні промені. Відносна вологість повітря в складському приміщенні повинна бути не більше 75 %, температура – не вище 20 °С. При зберіганні продукції ящики з концентратами встановлюють на стелажі і піддони штабелями по висоті не більше восьми ящиків. Відстань між штабелями, а також штабелями і стінами повинна бути не менш 0,7 м. Не допускається укладання продукції поблизу водопровідних і каналізаційних труб і опалювальних приладів. Не допускається провітрювання складських приміщень у сиру погоду і після дощу.

Порушення повітряного режиму складських приміщень (температура, відносна вологість, циркуляція повітря) і їхнього санітарно-технічного стану (наявність гризунів, комах-шкідників і т.п.) може викликати псування концентратів, тобто змінити їхнього хімічного складу і фізичних властивостей, а також сприяти розвитку небажаних мікробіологічних процесів (пліснявіння, закисання, бродіння і ін.). Так, при порушенні повітряного режиму зберігання спостерігаються явища сорбції (зволоження) і десорбції (усушки) концентратів. При зберіганні концентратів у складських приміщеннях з відносною вологістю повітря вище 75%, вони звожуються. Круп'яні і овочеві концентрати пліснявіють, а цукристі – зброджуються і

закисають. Брикети розм'якшуються, стають пухкими, а порошкоподібні концентрати комкуються, втрачають свою сипкість.

При зберіганні концентратів у приміщеннях з низькою відносною вологістю повітря концентрати висихають, брикети твердіють, втрачають свою масу, погіршуються споживчі властивості. Зіткнення концентратів з киснем повітря, особливо на світлі, викликає псування жиру що входить по рецептурі. Продукти окиснювання (перекиси, окискислоти, альдегіди, кетони і ін.) надають концентратам неприємний смак і запах.

Щоб уникнути псування концентратів (сухих супів) режим зберігання повинні систематично контролювати, регулярно перевіряти санітарний стан складських приміщень, температуру та відносну вологість повітря.

Висновки до розділу 5

1. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію виробництва сухих супів на основі обробленого НВЧ променями борошна квасолі.

2. Встановлено послідовність виконання технологічних процесів під час розробки технологічної лінії.

3. Запропоновано технологічні параметри обробки насіння квасолі, а саме потужність приладу для обробки 400Вт протягом 4 хв.

6 РОЗДІЛ

РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Нині для оптимізації технологічного процесу та впровадження технологій виробництва харчових продуктів виконують головну роль критерії, які надають змогу визначити та оцінити безпечність та якість даної продукції. Відповідно до Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [17] підприємства запевняють про якість та безпечність харчовим продуктам та тим самим знижують рівень небезпеки здоров'ю споживачів та забезпечують інтереси споживачів.

Враховуючи інтенсивний розвиток в сфері технічного оснащення, виникненням великої кількості методів та способів виробництва підприємства, щоб придержуватись даного закону, концентрують свою увагу на пошуках комбінованих варіантів виробництва, які б поєднували альтернативні новітні технології та раціональні умови використання інгредієнтів, сировини, способів, напівфабрикатів тощо.

Для задоволення всіма необхідними складовими, втілення ідей, пропозицій, використання усіх технологічних процесів і способів підприємству необхідно мати певний бюджет. Не дивлячись на додаткові витрати на утримання обладнання та на відповідні матеріали збільшити прибутковість підприємства можна за допомогою розробці ефективно-діючої маркетингової системи, яка буде посилювати попит на продукцію та робити конкурентоспроможність підприємства.

6.1 Розрахунок виробничої програми підприємства

Виробнича програма підприємства за даними якого виконується проект, розраховується в натуральному виразі по основному асортименту продукції, що виробляється та у вартісному виразі у діючих оптових цінах.

Для розрахунку виробничої програми використовують дані по вартості тонни сировини, які розраховані у відповідному співвідношенні. Коефіцієнт використання потужності приймається на рівні 0,8.

Таблиця 6.1 - Розрахунок річного обсягу переробки сировини

Найменування продукції	Добовий обсяг виробництва, т	Коефіцієнт використання потужності	Фактичний добовий обсяг виробництва, т	Річний обсяг виробленої продукції, т
Насіння квасолі	7,2	0,8	5,76	1756,8

Добова потужність визначається по провідному обладнанню, вибір якого обґрунтовується у технологічній частині дипломного проекту і розраховується за формулою:

$$\Pi_{\text{доб}} = \Pi_{\text{г}} * T_{\text{змін}} * K_{\text{змін}} \quad (7.1)$$

де $\Pi_{\text{г}}$ - годинна потужність провідного обладнання;

$T_{\text{змін}}$ - тривалість зміни;

$K_{\text{змін}}$ - кількість змін на добу.

$$\Pi_{\text{доб}} = 0,3 * 12 * 2 = 7,2 \text{ т/добу}$$

6.2 Розрахунок собівартості 1т обробленого насіння квасолі

1) Продуктивність лінії за зміну:

$$N_{\text{зм}} = P \cdot t, \text{ т/зміну} \quad (7.2)$$

де P – продуктивність установки для НВЧ обробки, т/год;

t – кількість годин у зміні.

$$N_{\text{зм}} = 0,3 \cdot 12 = 3,6 \text{ т/зміну.}$$

2) Витрати на сировину за годину роботи лінії:

$$P_{\text{год}} = P \cdot P_1 \text{ грн/год} \quad (7.3)$$

де P – продуктивність НВЧ установки, т/год;

P_1 – ціна на насіння квасолі;

$$P_{\text{год}} = 0,3 \cdot 22500 = 6750$$

3) Витрати на сировину за зміну:

$$P_{\text{зм}} = P_{\text{год}} \cdot 12 = 6750 \cdot 12 = 81\,000 \text{ грн/зміну}$$

4) Витрати електроенергії за час роботи лінії:

$$W = N_{\text{спож}} * N_{\text{зм}} * k * p, \text{ грн/зміну} \quad (7.4)$$

де $N_{\text{спож}}$ – споживана потужність, кВт·год/т;

$N_{\text{зм}}$ – продуктивність лінії, т/зміну;

k – коефіцієнт використання обладнання;

p – вартість 1 кВт електроенергії, грн.

$$W = 150 * 7,2 * 0,8 * 5,6 = 4838,4 \text{ грн/зміну}$$

5) Заробітна плата робітникам (грн./зміну):

$$S = n * t_{\text{ст}} * t, \text{ грн/зміну} \quad (7.5)$$

де n – кількість працівників;

$t_{\text{ст}}$ – середня погодинна тарифна ставка працівника, грн/год;

t – кількість годин у зміні.

$$S = 3 * 77,76 * 12 = 2799,36 \text{ грн/зміну}$$

6) Загальні виробничі затрати за 1 робочу зміну:

$$P_{\text{заг}} = S + W + P_{\text{зм}} + A_{\text{м}}, \text{ грн/зміну} \quad (7.6)$$

де $A_{\text{м}} = 100000/750 = 133,3$ – витрати на амортизацію, грн/зміну.

$$P_{\text{заг}} = 2799,36 + 4838,4 + 81000 + 133 = 88770,76 \text{ грн/зміну}$$

7) Загальні виробничі витрати на 1 тону сировини:

$$P_{\text{заг}} = \frac{P_{\text{заг}}}{N_{\text{зм}}} = \frac{88770,76}{240} = 369,88 \text{ грн/т}$$

Розрахунок виконаний без урахування фінансового навантаження на дисконтування банківського кредиту і лізингу.

6.3 Розрахунок ціни продукції

Таблиця 6.2 - Розрахунок виробничої програми у вартісному виразі

Найменування продукції	Річний обсяг виробленої продукції, т	Відпускна ціна підприємства (без ПДВ), грн./т	Вартість річного обсягу виробництва, грн.
Насіння квасолі	1756,8	369,88	511316,64

Для визначення показників економічної ефективності виробництва та реалізації продукції необхідно розрахувати виробничу собівартість одиниці продукції, повні витрати на виробництво одиниці продукції, величину

очікуваного прибутку, виходячи із встановленої ціни. Сума всіх перерахованих статей витрат, за врахуванням зворотніх відходів, буде становити повні витрати на виробництво продукції.

План загального комплексного вантажообігу передбачає встановлення обсягів основних операцій з зерновими. Основні операції включають наступні види робіт: змішування, екструдкування, охолодження, подрібнення.

Обсяг загального комплексного вантажообігу включає всі розглянуті операції, що приводиться до єдиного вимірювання за наступними коефіцієнтами:

- комплексний вантажообіг (1 т) – 1,0;
- обробка (1 планова тонна) – 0,3;
- сушіння (1 планова тонна) – 0,75.

Необхідно визначити, чому повинна дорівнювати *відпускна ціна товару дорівнює*:

- **виробнича собівартість тонни продукції** підприємства становить 369,88 грн.;
- **комерційні витрати** аналізованого підприємства складають 4%;
- **рентабельність продукції підприємства** дорівнює 25%;
- **ставка ПДВ** в державі дорівнює величині в 20%.

1. **Комерційні витрати** = Виробнича собівартість × Комерційні витрати коефіцієнт *звідси*:

$$\text{Комерційні витрати} = 369,88 * 0,04 = 14,8 \text{ грн.}$$

2. **Повна собівартість** = Виробнича собівартість + Комерційні витрати *отримуємо суму*:

$$\text{Повна собівартість продукції} = 369,88 + 14,8 = 384,68 \text{ грн.}$$

3. **Прибуток підприємства** = Повна собівартість × Рентабельність продукції *сума складе*:

$$\text{Прибуток підприємства} = 369,88 * 0,25 = 92,47 \text{ грн.}$$

4. **Відпускна ціна без ПДВ** = Повна собівартість продукції + Прибуток підприємства, *отже*:

Відпускна ціна без ПДВ = 369,88 + 92,47 = 462,35 грн.

5. **Сума ПДВ** = Відпускна ціна без ПДВ × Ставка ПДВ / 100

Сума ПДВ = 369,88 * 0,2 = 73,98 грн.

6. **Відпускна ціна з ПДВ** = Відпускна ціна без ПДВ + Сума ПДВ

Відпускна ціна з ПДВ = 369,88 + 73,98 = 443,86 грн.

Висновки до розділу 7

1. У соціально-економічній частині роботи були розраховані витрати на виготовлення 1 тонни продукту -369,88 грн.

2. Розрахована **відпускна ціна з ПДВ, яка становить 443,86 грн.**

Загальний висновок

1. За результатами експериментальних досліджень визначено органолептичні показники насіння квасолі та встановлено, що обидва зразки за даними показниками відповідають вимогам стандарту.

Визначення фізико-технологічних властивостей та аналіз одержаних результатів дає підстави стверджувати, що насіння квасолі має відносно великі розміри довжину від 10,1 до 14,1 мм, ширину від 6,2 до 7,2 мм об'ємну масу 890-910 г/л, що буде мати суттєвий вплив на технологічний процес переробки насіння.

Дослідження хімічного складу насіння квасолі свідчить про те, що квасоля має багатий склад- білку до від 20,93% до 22,03%, жиру – від 1,35 до 1,94%, крохмалю від 45,0% до 45,4%, а також містить значну кількість мінеральних речовин та мікро і макро елементів.

2. В результаті визначення впливу НВЧ променів на насіння квасолі встановлено зміну показника масової частки вологіна в залежності від потужності приладу для обробки та часу обробки. Максимальна зміна масової частки вологи спостерігається при потужності 400Вт на 2хв обробки.

3. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію виробництва сухих супів на основі обробленого НВЧ променями борошна квасолі.

4. У соціально-економічній частині роботи були розраховані витрати на виготовлення 1 тонни продукту - 369,88 грн.

Розрахована **відпускна ціна з ПДВ, яка становить - 443,86 грн.**

Список використаної літератури

1. ДСТУ 8672-2016 Квасоля продовольча. Технічні умови
2. Буянов В.А. Применение СВЧ энергии для сушки зерна / Буянов В.А. // Мех. и электр. с. -х. - 1982. - № 1. - С. 55-56.
3. Васильев А.Н. Использование теории подобия для описания СВЧ сушки зерна/ Васильев А.Н., Будников Д.А., Смирнов Б.Г.// Электротехнологии и электрооборудование сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. / АЧГАА. - зерноград, 2007. - С.72-77.
4. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С.. - М.: Колос , 1982. - 239 с.
5. Grothaus, H.-P. Einsatz thermischer Verfahren zur Abtötung von Phoma betae in Zuckerrubensaatgut unter besonderer Berücksichtigung von Mikrowellenenergie: Diss. Gottingen, 1997. - 139 p.
6. Ленкова Т. М. Эффективность СВЧ-обработки зерна / Ленкова Т., Паньков П. // Комбикорма. - 2000. - № 4. - С. 31- 32.
7. Пат. 4430806 США, МПК А24В 1/00 .Microwave agricultural drying and curingapparatus [Text] / Hopkins H.;- 06/319900; заяв. 10.11.1981; опубл. 14.02.1984.
8. Nelson S.O.Determination of moister content and bulk density of corn/ A.W. Kraszewski, S.O.Nelson// Transactions of the ASAE. — 1994. — Vol.58. —P. 37—44.
9. Nelson S.O.Effects of natural and added water on prediction of Moisture content and density of corn from microwave dielectric properties/ S.Trabelsi, S. O. Nelson //Transactions of the«Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy». — 2010. — Vol.44. — No.2. — P. 72—80.
10. Nelson S.O. RF and microwave dielectric properties of shelled, yellow-dent field corn/ S.O.Nelson//Transactions of the ASAE.—1979. — Vol.22. — No.6. — P.1451-1457.
11. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции/Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М. : Пищепромиздат, 2001. – 528 с.

12. Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий/И.М.Скурихин, З.Н.Соснина, В.А. Шатерников. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984-с.6-15.
13. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов/Е.Д.Казаков. Г.П.Каниленко – СПб.:2005 – 512с.
14. Клименко В.Г. Растительные белки и их биосинтез/В.Г.Клименко. – М.:Наука 1975. – с. 120-126.
15. Зерно. Метод определения кислотности по болтушке: ГОСТ 10844-74. — [Введ. в дей 01.07.1975]. — М.: Стандартинформ, 1978. — 4 с. — (Национальный стандарт Российской Федерации).
16. Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов: ГОСТ 13496.13-75. — [Введ. в дей 01.01.1976]. — М. : Стандартинформ, 2011. — 3 с. — (Национальный стандарт Российской Федерации).
17. Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини. Закон України № 771/97—ВР від 23 грудня 1997 р. *Відомості Верховної Ради*. 1998.№ 19. с. 98.
18. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов [Текст]. Введ. впервые 01.01.95. — М.:Изд-во стандартов, 1994. — 14 с.
19. Шаповаленко, О. І. Екструдвання зерна з додаванням овочевих компонентів корму / О. І. Шаповаленко, І. Ф. Улянич, О. О. Євтушенко // Зберігання і переробка зерна. – 2012. - № 11. – С. 62 – 63.
20. Лихочвор, В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор. – 2-е видання, виправлене. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
21. Атаназевич, В.И. Сушка зерна / В.И. Атаназевич. - М.: Агропромиздат, 1989. - 240 с.

- 22.Корма. Отбор проб: ГОСТ ISO 6497-2014. — [Введ. в дей 01.07.2017].
— М. : Стандартиформ, 2014. — 6 с. — (Национальный стандарт Российской Федерации).
- 23.Єгоров Б. В., Шаповаленко О. І., Макаринська А. В. Технологія виробництва преміксів: підруч. Київ: Центр учбової літератури. - 2007. - 288 с.
- 24.Єгоров, Б. В. Технологія виробництва комбікормів [Текст] : підручник / Б. В. Єгоров. — О. : Друкарський дім, 2011. — 448 с.
- 25.Коротков В. Г. Измельчение и охлаждение сырья при получении экструдированных кормов и добавок / Коротков В. Г. д-р техн. наук, профессор, Кишкилев С. В. Аспирант, Антимонов С. В. канд. техн. наук, Попов В. П. канд. техн. наук. // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2013. - №3. — с. 17-20.