

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра технологічних процесів та обладнання
переробних і харчових виробництв

Допущений до захисту:
завідувач кафедри
д.т.н., професор Севостьянов І.В.

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« 10 » _____ грудня _____ 2019 р.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ СУХОЇ ЗАКВАСКИ НА
ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Виконав: студент групи 61-МП
Дира Богдан Юрійович

Керівник: д.т.н., професор
Севостьянов Іван Вячеславович

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра технологічних процесів
та обладнання переробних і
харчових виробництв

Інженерно-технологічний
факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТПОПХВ

д.т.н., професор _____ Севостьянов І.В.

« ___ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

студенту _____ Дирі Богдану Юрійовичу _____

на тему

«Дослідження процесу приготування сухої закваски на основі рослинної сировини для виробництва хлібобулочних виробів функціонального _____ призначення»

затверджену Наказом від 20 травня 2019 року № 106м

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи.
2. План-проспект магістерської роботи.
3. Підручники та навчально-методичні посібники, статистичні дані.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, матеріали ЦНТІ).
5. Методика економічної оцінки результатів досліджень.
6. Дані власних досліджень, одержаних за попередній період.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи		Обсяг, стор.	Термін підготовки	Підпис керівника
Анотація		2	листопад 2019 року	
Вступ		4	листопад 2019 року	
Розділ 1	Аналіз технологій і засобів приготування закваски	22	листопад 2019 року	
Розділ 2	Теоретичні дослідження процесу приготування хміле- гарбузової закваски	27	листопад 2019 року	
Розділ 3	Програма та методика експериментальних досліджень	13	листопад 2019 року	
Розділ 4	Експериментальні дослідження технології виробництва сухої хміле- гарбузової закваски	14	листопад 2019 року	
Розділ 5	Техніко-економічне обґрунтування ефективності виробництва сухої хміле- гарбузової закваски	7	листопад 2019 року	
Висновки		3	листопад 2019 року	
Список використаної літератури		6	Квітень 2019 року – листопад 2019 р.	

Термін подання роботи на кафедру

для попереднього захисту «10» _____ грудня _____ 2019 р.

Завдання видано _____ «14» _____ березня _____ 2019 р.

Завдання прийняв до виконання _____

Керівник _____ І.В. Севостьнов д.т.н., професор

(підпис)

АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглядається технологічний процес одержання сухої хмільо-гарбузової закваски (ХГЗ) і засоби, що його забезпечують. Зокрема, визначається вплив дозування гарбуза, хмелю та висівок на якість закваски і готового продукту. Аналізується залежність показників збереження життєдіяльності дріжджових кліток і біологічно-активних речовин від режимів сушіння. В результаті в роботі була розроблена й обґрунтована біотехнологічна система одержання сухої ХГЗ; теоретично обґрунтована й експериментально підтверджена доцільність використання гарбуза сорту Мічурінський при одержанні хлібопекарської закваски; виявлено раціональні режими і параметри сушіння ХГЗ. У роботі також розроблені й обґрунтовані біотехнологічної системи одержання сухої ХГЗ, визначенні оптимальних режимів сушіння ХГЗ і мікронутрієнтного балансу виробу хлібобулочний хліб "Український новий", підготовленого на основі використання отриманої сухої ХГЗ. Практичну значимість має також розроблена технологія і лінія одержання сухої ХГЗ для виробництва виробу хлібобулочного "Хліб Український новий". Результати теоретичних і експериментальних досліджень мають велику практичну значимість для конструкторських, проектних організацій, підприємств суспільного харчування, хлібопекарської галузі і навчальних закладів.

SUMMARY

In the master's qualification work the technological process of obtaining dry hop-pumpkin starter (HPS) and the means providing it are considered. In particular, the influence of the dosage of pumpkin, hops and bran on the quality of the yeast and the finished product is determined. The dependence of indicators of preservation of activity of yeast cells and biologically active substances on the drying regimes is analyzed. As a result, a biotechnological system for obtaining dry HPS was developed and substantiated; it is theoretically substantiated and experimentally confirmed the expediency of using the pumpkin of the Michurinsky variety in the production of baker's leaven; The rational modes and parameters of drying of HPS are revealed. The work also elaborates and substantiates biotechnological systems for obtaining dry HPS, determining the optimal modes of drying HPS and micronutrient balance of the product Ukrainian New Bread, prepared on the basis of the obtained dry HPS. The developed technology and production line of dry HPS for the production of bakery "Bread Ukrainian New" is also of practical importance. The results of theoretical and experimental research are of great practical importance for design, design organizations, catering, bakery and educational institutions.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗАСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ ЗАКВАСКИ.....	11
1.1. Огляд ринку хлібобулочних виробів в Україні. Функціональні продукти харчування.....	12
1.2 Нетрадиційна сировина, використовувана в хлібопеченні.....	17
1.3 Технології й устаткування для виробництва хлібопекарської закваски.....	26
1.4 Сушка як метод консервування.....	28
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ХМІЛЄ-ГАРБУЗОВОЇ ЗАКВАСКИ.....	33
2.1 Обґрунтування біотехнологічної системи виробництва хмілє-гарбузової закваски.....	33
2.2 Схема виробництва закваски спонтанного бродіння.....	43
2.3 Теоретичні дослідження двоступінчастої конвективної вакуум- імпульсної сушки хмілє-гарбузової закваски.....	45
2.3.1 Опис будови і принципу дії двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушарки.....	47
2.3.2 Основні вимоги пред'являються до процесу сушіння хмілє-гарбузової закваски.....	48
2.3.3 Хмілє- гарбузова закваска як об'єкт сушіння.....	49
2.3.4 Математична модель процесу двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки, її графічний розв'язок і аналіз.....	49
2.3.5 Матеріальний і тепловий баланс двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки.....	54
2.3.6 Теоретичне визначення тривалості сушіння.....	56
3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	60
3.1 Програма експериментальних досліджень виробництва	

сухої хміле- гарбузової закваски	60
3.2 Методика експериментальних досліджень готування хміле-гарбузової закваски	61
3.3 Методика проведення експериментальних досліджень сушіння хміле-гарбузової закваски й обробка результатів.....	66
3.4 Методика експериментальних досліджень аналізу хліба "Український новий" з використанням сухої ХГЗ.....	70
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СУХОЇ ХМІЛЕ- ГАРБУЗОВОЇ ЗАКВАСКИ.....	73
4.1 Фізико-хімічні властивості сировини, використовуваної для виробництва хміле-гарбузової закваски	73
4.2 Вплив різних інгредієнтів на якість хміле-гарбузової закваски.....	75
4.3 Результати мікробіологічного аналізу хміле-гарбузової закваски.....	76
4.4 Дослідження показників якості і безпеки хліба, отриманого з використанням сухий хмелю-гарбузової закваски	78
4.5 Визначення терміну збереження сухої ХГЗ	79
4.6 Результати експериментальних досліджень двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки хміле-гарбузової закваски	80
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА СУХОЇ ХМЕЛЮ- ГАРБУЗОВОЇ ЗАКВАСКИ.....	87
5.1 Технологічна лінія для виробництва сухої хміле-гарбузової закваски	87
5.2 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження	91
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

ВСТУП

Актуальність проблеми. Одним із пріоритетних напрямків розвитку хлібопекарської галузі є збагачення хлібопродуктів різними харчовими добавками, що дозволяють поліпшити їх вітамінно - мінеральний склад.

В даний час покупець поступово переходить від споживання традиційних сортів хліба до функціональних, що включають в себе різні добавки у виді насіннячок, борошна грубого помелу і т.д., збагачені вітамінами і мікронутриєнтами.

Основами державної політики України в області здорового харчування населення передбачене збільшення частки виробництва продуктів масового споживання, збагачених вітамінами і мінеральними речовинами, включаючи масові сорти хлібобулочних виробів, а також молочні продукти - до 40 - 50% загального обсягу виробництва.

У зв'язку з цим, робота спрямована на розробку технології виробництва сухої закваски з використанням нових рослинних інгредієнтів - хмелю і гарбуза, що дозволяють збагатити хлібопекарську продукцію вітамінами і мінеральними речовинами.

Задачею представленої наукової праці є одержання сухої хмельо-гарбузової закваски (ХГЗ) для використання її при виробництві хлібобулочних виробів функціонального призначення великими хлібозаводами, міні-пекарнями і підприємствами суспільного харчування. Виконання поставленої задачі має істотне значення в області здорового харчування населення країни.

Пропонується гіпотеза, що удосконалювати технологію виробництва хлібобулочних виробів можна за рахунок застосування закваски приготовленої на основі рослинних інгредієнтів: хмелю і гарбуза сорту "Мічурінська", що володіють високими якістю і безпекою, що повною мірою відповідає основам державної політики України в області здорового харчування населення на період до 2020 р. Продовжити термін збереження

закваски можливо при її висушуванні на двоступінчастій конвективній вакуум - імпульсній сушарці (ДКВИС).

Мета досліджень - підвищення показників якості сухої закваски для виробництва житньо-пшеничного хліба функціонального призначення.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі основні задачі:

- виконати огляд ринку хлібобулочних виробів в Україні, аналіз функціональних продуктів харчування, нетрадиційної сировини, що використовується у хлібопеченні, технологій та обладнання для виробництва хлібопекарної закваски, розглянути сушку як метод консервування;

- виконати теоретичне дослідження процесу приготування хмельо-гарбузової закваски, в тому числі обґрунтування біотехнологічної схеми та схеми виробництва закваски спонтанного бродіння, розробку та дослідження математичної моделі двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушарки, розробку вимог до процесу сушки закваски;

- провести експериментальні дослідження виробництва сухої хмельо-гарбузової закваски з розробкою програми та методики досліджень процесів приготування та сушки закваски, з визначенням фізико-хімічних властивостей сировини для закваски, впливу різних інгредієнтів на її якість, дослідженням мікробіологічних показників закваски, показників якості та безпеки хлібу, виробленого з її використанням;

- провести експериментальні дослідження двоступінчастої конвективної вакуум- імпульсної сушарки хмельо-гарбузової закваски;

- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності та ефективності виробництва сухої хмель-гарбузової закваски.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Проблеми, розв'язанню яких присвячена МКР впливають із задач у сфері науки і техніки, сформульованих у законі України №2519-VI від 09.09.2010 р. «Про внесення змін до закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки»».

Методи дослідження. При проведенні теоретичних досліджень використовувалися відомі закони фізики, термодинаміки, теоретичної механіки і математики.

При проведенні експериментальних досліджень застосовувалися загальновідомі методики і розроблені на їхній базі - частки. Лабораторні і виробничі дослідження проводилися з використанням сучасних електронних і механічних установок і приладів. Обробка експериментальних даних проводилася методом математичної статистики, з використанням програм Microsoft Excel 2013 "Statistic 10".

Об'єкт дослідження - технологічний процес одержання сухої хмільо-гарбузової закваски і засоби, що його забезпечують.

Предмет дослідження - вплив дозування гарбуза, хмелю та висівок на якість закваски і готового продукту. Залежність показників збереження життєдіяльності дріжджових кліток і БАВ від режимів сушіння.

Наукова новизна результатів дослідження:

- розроблено й обґрунтована БТС одержання сухої ХГЗ;
- теоретично обґрунтована й експериментально підтверджена доцільність використання гарбуза сорту Мічурінський при одержанні хлібопекарської закваски;
- виявлено раціональні режими і параметри сушіння ХГЗ.

Практична значимість результатів роботи.

Полягає в розробці й обґрунтуванні біотехнологічної системи одержання сухої хмельо - гарбузової закваски, визначенні оптимальних режимів сушіння ХГЗ і мікронутрієнтного балансу виробу хлібобулочний хліб "Український новий", підготовленого на основі використання отриманої сухої ХГЗ. Практичну значимість має також розроблена технологія і лінія одержання сухої ХГЗ для виробництва виробу хлібобулочного "Хліб Український новий". Розроблено проект СТО "Закваска хлібопекарська". Результати теоретичних і експериментальних досліджень мають велику практичну значимість для конструкторських, проектних організацій,

підприємств суспільного харчування, хлібопекарської галузі і навчальних закладів.

Особистий внесок автора складається: у проведенні аналізу літературних джерел по темі роботи, в особистій участі в одержанні вихідних даних і наукових експериментах, обробці теоретичних і експериментальних результатів досліджень, розробці й обґрунтуванні схеми БТС для виробництва ХГЗ, лінії одержання сухої ХГЗ і циклограм раціонального використання робочого часу, розрахунку техніко-економічної ефективності запропонованих технічних рішень

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗАСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ ЗАКВАСКИ

1.1. Огляд ринку хлібобулочних виробів в Україні. Функціональні продукти харчування

Хліб - один з найстарших продуктів харчування, що з'явився ще в неоліті. Перший хліб являв собою подобу запеченої кашки, приготовленої з крупи і води. Нащадки такого раннього хліба виробляються в даний час з різної крупи по усьому світу. Наприклад, мексиканська тортилья, шотландський вівсяний корж, північноамериканський кукурудзяний корж і ефіопська інжера [1].

Вважається, що хліб із дріжджового тіста вперше з'явився в Єгипті в зв'язку з місцевими сприятливими умовами для росту пшениці.

Для перших видів хліба було багато способів заквашування тіста. Можна було використовувати як дріжджі бактерії, що є в повітрі. Для цього потрібно було тільки залишити тісто на відкритому повітрі на якийсь час перед випічкою. Також як закваску використовували суміш з виноградного соку і борошна, які дозволяли забовтати, або пшеничні висівки, просочені вином [1].

Сьогодні хліб також займає чільне місце в нашому раціоні. Найбільш популярними видами хліба в Україні вважаються його житні сорти наприклад, дарницький, бородінський, ризький.

Асортимент хлібобулочних виробів в Україні відрізняється значним різноманіттям і нараховує приблизно 1000 сортів і різновидів.

У зв'язку з тим, що хліб є продуктом повсякденного попиту в населення, а також має гарну засвоюваність, одним із пріоритетних напрямків розвитку даної галузі стало збагачення хлібопродуктів різними харчовими добавками, що дозволяють поліпшити вітамінно-мінеральний склад виробу.

Основами державної політики України в області здорового харчування населення на період до 2020 року передбачене збільшення частки

виробництва продуктів масового споживання, збагачених вітамінами і мінеральними речовинами, включаючи масові сорти хлібобулочних виробів, а також молочні продукти, - до 40 - 50% від загального обсягу виробництва.

За даними Інституту продовольчих ресурсів НААН, рівень споживання хліба в нашій країні в першу чергу залежить від економічної ситуації і рівня доходів населення. В даний час покупець поступово переходить від традиційних сортів хліба до преміальних - збагаченим вітамінами, мікронутрієнтами, що включає в себе різні добавки у вигляді насіннячок, борошна грубого помелу і т.д.

Питання про збагачення продуктів повсякденного попиту додатковими вітамінами і мікронутрієнтами давно вивчається за кордоном [2].

Родиної поняття фізіологічно-функціональних продуктів харчування є Японія, що у 1991 р. прийняла закон про поліпшення харчування. Нова система була спрямована на те, щоб розвивати виробництво продуктів харчування, націлених на рішення серйозних проблем зі здоров'ям. Розвиток ФП у Японії почалося з кисломолочних продуктів. У 1955 р. під гаслом "гарна мікрофлора кишечника забезпечує здоровий організм" був випущений перший ферментований кисломолочний продукт на основі лактобацил.

У 1991 р. на законодавчому рівні розроблена концепція ФП "харчові продукти, спеціально використовувані для підтримки здоров'я" [3].

Закон про поліпшення харчування в Японії містить у собі п'ять категорій продуктів харчування спеціального дієтичного використання:

- 1) сухе молоко для вагітних і жінок, що годують;
- 2) сухе молоко по особливому рецепту для дітей;
- 3) продукти харчування для людей літнього віку, яким важко пережовувати і ковтати;
- 4) одиничні продукти харчування для хворих (які містять у собі продукти з натрієм, протеїном, лактозою і протиалергенні) і групи продуктів

для дієт з низьким вмістом натрію, для діабетиків, для осіб із хворобами печінки і старечою тучністю;

5) продукти харчування спеціального використання для оздоровлення або FOSHU.

Продукти, які відносяться до категорії FOSHU, являють собою продукти харчування, у які додаються корисні й ефективні інгредієнти. При цьому функціональні інгредієнти повинні довести свою медичну і живильну перевагу [3].

У Європі у 1995-1998 рр. розроблена "Наукова концепція функціональних продуктів харчування в Європі", відповідно до якої для виробництва ФП використовується високотехнологічне виробництво, екологічно чистий і генетично не модифікований матеріал [3].

ФП повинні містити не менш 30% добової дози біологічно активних речовин, до яких відносяться: молочнокислі бактерії, вітаміни, олігосахариди, ейкосапентаноїкова кислота, харчові волокна, биофлавоноїди, антиоксиданти, поліненасичені жирні кислоти, мінерали, незамінні амінокислоти, пептиди, протеїни, холіни, гликозиди [3].

У 1972 р. в СРСР був розроблений препарат на основі живих бифидобактерій і встановлена його ефективність для профілактики і лікування гострих кишкових інфекцій у дітей [3].

Термін ФП ввійшов в українську літературу лише в 1993 р., а в 1998 р. була схвалена "Концепція державної політики в області здорового харчування населення України" [3].

Після прийняття "Концепції державної політики в області здорового харчування населення України" у нашій країні став активно розвиватися асортимент продуктів ФП.

Згідно проведеного опитування, населення самим популярним продуктом ФП є молочні напої, у той час як хліб стоїть на 3 місці за популярністю, поступаючись місцем безалкогольним напоям (рис. 1.1) [4].

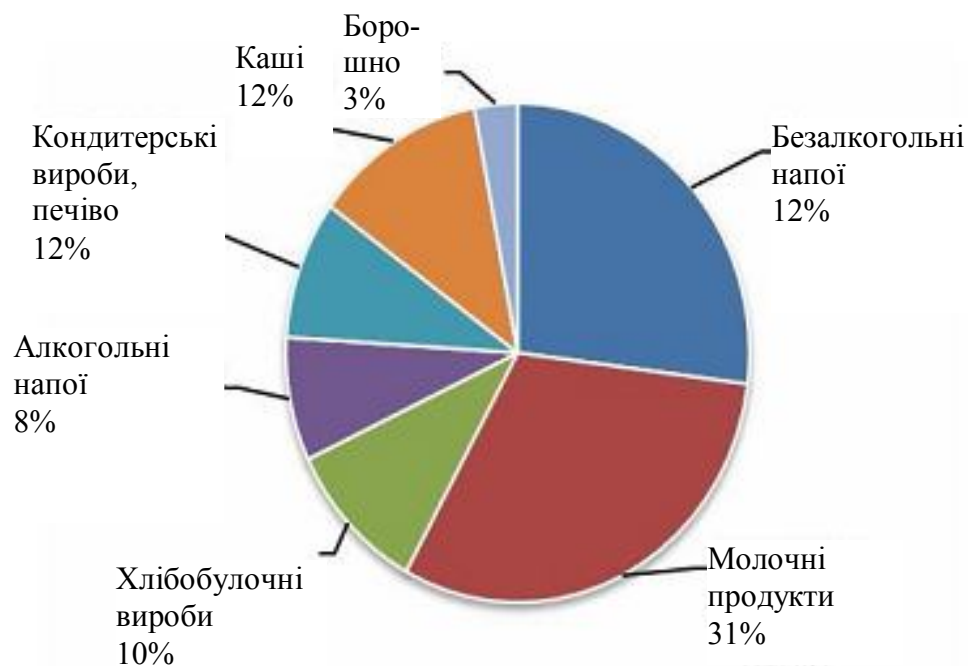


Рисунок 1.1 - Дані опитування населення про продукти

На думку респондентів, алкоголь і вітаміни - це два несумісних продукти. Аналіз розподілу респондентів по статі виявив велику інформативність жінок про функціональні продукти харчування, що свідчить про їхній підвищений інтерес до власного здоров'я і здоров'я своєї родини [4].

На жаль, виробництво хліба і хлібобулочних виробів з корисними добавками, у тому числі "елітних" сортів, у даний час в Україні розвинуте недостатньо, що у визначеній мері, зв'язано з вузьким асортиментом інгредієнтів і рецептур, які дозволяють збагатити хлібну продукцію і при цьому, незначно вплинути на кінцеву ціну продукту. Крім того, перед виробниками встає питання за допомогою яких речовин доцільно збагачувати продукти, що випускаються?

Д. Поттер виділив сім основних видів функціональних інгредієнтів, що додають продуктам позитивного харчування функціональні властивості [5, 6, 7]:

- харчові волокна (розчинні і нерозчинні);

- вітаміни (А, група В, Д і т.д.);
- мінеральні речовини (кальцій, залізо);
- поліненасичені жири (рослинні олії, омега-3-жирні кислоти);
- антиоксиданти: каротин і вітаміни (аскорбінова кислота-вітамін С і альфа-токоферол - вітамін Е); - олігосахариди (субстрат для корисних бактерій);
- група, що включає мікроелементи, лактобактерії, біфідобактерії й інші.

Останнім часом цей список помітно розширився. На європейській конференції за технологією нутрицевтиків тільки як інгредієнти для виробництва продуктів функціонального харчування виділено вже 54 позиції, у тому числі молочнокислі бактерії і різні закваски [5].

Зокрема, пропонують при замісі хлібопекарського тіста вносити сочевичне борошно в кількості 5-15% до маси пшеничного борошна, що сприяє збагаченню готового виробу найбільшою кількістю корисних речовин, необхідних для організму: легкозасвоюваний білок - 24-35 %, вуглеводи - 48-53 %, мінеральні речовини - 2,3-4,4 %, вітаміни 18 групи В, РР, фолієва кислота. Також спосіб дозволяє спростити і знизити тривалість технологічного процесу виробництва хліба [8].

Досліджувалася можливість внесення соєвого білкового концентрату "Аркон S" у кількості 6-9% до маси борошна, що дозволяє поліпшити фізико-хімічні й органолептичні показники якості виробу, підвищити його біологічну і харчову цінності, інтенсифікувати процес дозрівання тіста, розширити асортимент хлібобулочних виробів функціонального призначення [9].

Учені також пропонують поліпшити склад тіста для виробництва заварного хліба, реологічні характеристики тіста, підвищити фізико-хімічні показники, терміни збереження свіжості хліба, розширити сировинну базу, шляхом внесення рисового борошна і солоду [10] або внесенням суміші

компонентів у виді мелених злаків, настою насіння льону в соняшниковій олії і смаковій добавці, що містить кунжут білий, кунжут чорний і тмин [11].

Інтерес викликає використання нетрадиційної сировини - продуктів переробки насіння чіа [12].

Розроблений вітамінно-мінеральний премікс, що дозволяє підвищити показники якості і харчову цінність хлібобулочних виробів. До складу даного премікса входять вітаміни А, Е, β -каротин і мінеральні речовини мідь, цинк, селен, що дозволяє розширити асортимент хлібобулочних виробів функціонального призначення [13].

Г.В. Шабурова й інші пропонують збагачувати хлібобулочні вироби борошном з цільного зерна екструдованої гречки, що дозволяє знижувати втрати сировини в технологічному процесі, а також одержувати готовий продукт більш високої якості [14].

Також існує спосіб готування хліба з використанням суміші на основі пшеничного борошна, збагаченого зерновими добавками, зокрема насінням соняшника, гарбуза. Дана суміш рекомендується для профілактичного харчування при захворюваннях раку і простати. Суміш містить у якості основи борошно хлібопекарське, а також комплексний збагачувач у виді зернової суміші [15] і покращувач [16].

Дана добавка до рецептури дозволяє поліпшити органолептичні і структурно-механічні показники якості кексів, а також збагатити харчовими волокнами, мінеральними речовинами, вітамінами і знизити їх калорійність [17].

Крім того, пропонується додавати в здобні хлібобулочні вироби продукти переробки горобини. Виробляється порошок з горобинових вижимок, висушених у сушарках вакуумного типу при температурі 55 – 65 °С до вологості 5 – 10 %, що додається при замісі тіста в кількості 3 - 7% від маси борошна, що дозволяє підвищувати харчову і біологічну цінність виробів, а також питомий обсяг і формостійкість, поліпшити колір, смак, аромат і структуру пористості м'якушки, скоротити цикл готування тіста,

збільшити термін збереження готових здобних хлібобулочних виробів, підвищити їхню мікробіологічну безпеку [18].

Розроблено ряд рецептур для виробництва желейних цукерок з використанням фітодобавок з листів кропиви дводомної, чорної смородини і квітів липи, що дозволило не тільки підвищити рівень БАВ, але і мінімізувати або цілком виключити з рецептури желейних цукерок синтетичні смакоароматичні речовини [19].

Одним з головних напрямків розвитку харчової галузі України є використання натуральних нетрадиційних інгредієнтів, наприклад, 20 рослинної сировини. А якщо говорити про можливості збагачення хлібобулочних виробів у Харківській області те, безсумнівно, дана сировина повинна бути вирощена на території України. Однією з таких рослин є гарбуз.

1.2 Нетрадиційна сировина, використовувана в хлібопеченні

Одним із пріоритетних напрямків розвитку харчової промисловості в даний час є розробка і використання продуктів функціональної і лікувально-профілактичної дії.

Способи підвищення харчової цінності хліби досить різноманітні. Найбільш раціональним з них є введення в рецептуру необхідних додаткових компонентів, або виключення небажаних.

Досить перспективним напрямком є введення в рецептуру хліба натуральних продуктів рослинного походження нетрадиційних для хлібопечення, але утримуючих значну кількість білків, незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон. Одним з таких продуктів, вирощуваних в Україні є гарбуз.

Гарбуз - коштовний дієтичний продукт. У ньому утримуються вітаміни С, В1 В2, В6, Е, каротин (до 20 мг на 100 г), солі калію, кальцію, фосфору, заліза, міді, цинку й ін. Він багатий фолієвою кислотою (вітамін В9), що грає важливу роль у кровотворенні; пантотеновою кислотою (вітамін В3), брак

якої приводить до порушення обміну речовин. У гарбузі у великій концентрації (0,07-0,08 мг на 100 г) утримується вітамін Д, що сприяє більш інтенсивному засвоєнню їжі, прискорює ріст і всі життєві процеси [20].

Живильна і лікувальна цінність гарбуза залежить від видів і сортів. Виділяють сорти трьох видів: твердо кірковий, великоплідний і мускатний.

Мускатний гарбуз вирощують, як правило, на півдні країни, тому що в північних широтах він не завжди виріває. Обробляють твердокірковий гарбуз сорту Мигдальний 35, Мозолеєвський 49 і Вітамінний (рис. 1.2). З великоплідних видів найбільше поширення одержали такі сорти, як Зимовий солодкий, Мічурінський, Крокус.



Рисунок 1.2 - Гарбуз сорту Вітамінний

Цінність сортів Мигдальний і Мозолеєвський полягає в їх транспортабельності і лежкоздатності. Обидва сорти рекомендовано використовувати для домашньої кулінарії і переробки. При цьому товарна врожайність сорту Мигдальний становить 22,4 - 43,9 т / га, а сорту Мозолеєвський - 19,9 - 41,8 т / га [20].

Гарбуз Мигдальний володіє прекрасними смаковими якостями, ошатною забарвленням плодів оранжево-червоного кольору з чіткими позовжніми смугами. Середня маса одного дозрілого гарбуза - 5-6 кг. Через 4 місяці після появи сходів плоди дозрівають, і їх можна збирати. Вчасно зібрані гарбуза мають високе збереження в зимовий час. Сорт стійкий до

гнилей плодів, в середній мірі уражається борошнистою росою і бактеріальної плямистістю. Даний сорт допущений до використання в Україні [21].

Зимовий солодкий - пізньостиглий сорт гарбуза (108-141 днів від сходів до дозрівання), кора тонка, на розрізі зеленувато-жовта. М'якоть помаранчева або яєчно-жовта, товста, щільна. Смак хороший і відмінний. Вміст сухої речовини 12, цукрів 6,1%, вітаміну С 12,5, каротину 0,91 мг / %. Накопичує нітратів в 5 разів менше, ніж в середньому. Урожайність 14-24 т / га, вихід товарної продукції 92-97%, сорт стійкий до антракнозу, середньо стійкий до борошнистої роси. Цінність сорту - посухостійкість, високі смакові якості, низький вміст нітратів, можливість тривалого зберігання [22].

Крокус - сорт гарбуза, що переносить зниження температури до мінус 1-2 градусів. Середньостиглий (108-112 днів від сходів до збирання плодів) сорт, універсального призначення. М'якоть товста, яскраво-жовта, щільна, соковита, мало солодка. Урожай 16,8-17,5 т / га. Смакові якості добрі [22].

Мічурінський (рисунок 1.3) - сорт селекції столового призначення, ранньостиглий районований в 16 регіонах України. Гарбуз придатний для виготовлення пюре, соків, цукатів та інших консервів. Період від повних сходів до збирання 96-106 днів. М'якоть помаранчева, середньої товщини, щільна, дуже ніжна, солодка. Смакові якості хороші і відмінні. Вміст сухої речовини 12,6-16,3, загального цукру 5,8-9,5%, каротину 5,2-7,7 мг на 100 г сирого речовини.



Рисунок 1.3 - Гарбуз сорту Мічурінський

Максимальна цукристість плодів настає після 30-60 днів зберігання. Товарна врожайність плодів 24,3-51,9 т / га. Цінність сорту: раннє дозрівання плодів, висока врожайність і поживна цінність, високі смакові якості, посухостійкість, придатність до механізованого обробітку [23].

З огляду на швидкість дозрівання плодів, їх врожайність, смакові якості, а також регіони можливого обробітку вважаємо найбільш оптимальним для використання гарбуза сортів Мигдальний (рисунок 1.4), Мичуринський і Вітамінний.



Рисунок 1.4 - Гарбуз сорту Мигдальний

На базі кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних та харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету проводились фізико – хімічні дослідження даних сортів гарбуза. Отримані дані свідчать про те, що всі три досліджуваних сорти містять іони важких металів, але в концентрації значно меншій, ніж їх гранично допустимі концентрації, відповідно до чого, кожна з них придатна для використання в якості рослинного інгредієнта для продуктів харчування повсякденного попиту, в тому числі для хлібобулочних виробів [24].

У таблиці 1.1 наведено порівняльну характеристику вмісту різних вітамінів в гарбузах сорти Мигдальний 35, Вітамінний і Мичуринський [24].

З даних таблиці 1.1 видно, що за всіма показниками плоди гарбуза сорту «Мичуринський» найбільш високої якості. Незначно за вітамінним складом від них відрізняються плоди гарбуза сорту «Вітамінний». Найбільш низькоякісними за аналізованими показниками серед вивчених, виявилися плоди гарбуза сорту «Мигдальний 35». Так, вміст каротину в них більш ніж в чотири рази нижчий, ніж в плодах сорту «Мичуринський». Однак, саме каротин є попередником вітаміну А, з наявністю якого пов'язана здатність харчових продуктів впливати на зорові функції ока, і зокрема на підвищення гостроти зору і поліпшення нічного зору.

Таблиця 1.1 - Вміст вітамінів в аналізованій біомасі (мг%)

Визначений показник	Найменування сорту гарбуза			Добова норма споживання
	Вітамінний	Мичуринський	Мигдальний	
Каротин	7,23 ± 0,05	7,92 ± 0,05	1,81 ± 0,05	2-8
Вітамін С	15,61 ± 0,05	27,24 ± 0,05	14,33 ± 0,05	50-100
Вітамін В1	0,52 ± 0,05	0,48 ± 0,05	0,20 ± 0,05	1,1-1,24
Вітамін В2	0,07 ± 0,05	0,08 ± 0,05	0,06 ± 0,05	1,2-3,0
Вітамін В9	0,06 ± 0,05	0,07 ± 0,05	0,05 ± 0,05	180-400
Вітамін Е	0,46 ± 0,05	0,58 ± 0,05	0,32 ± 0,05	30-40
Вітамін РР	0,76 ± 0,05	0,82 ± 0,05	0,54 ± 0,05	14-18

За вмістом вітаміну С безперечним лідером серед вивчених зразків є плоди гарбуза сорту «Мичуринський». У них вміст аскорбінової кислоти майже в два рази вищий, ніж в сортах «Вітамінний» та «Мигдальний 35». Відомо, що вітамін С є одним з життєво важливих БАВ, оскільки бере участь в окисно-відновних процесах, позитивно діє на центральну нервову систему, підвищує опірність організму людини до екстремальних впливів. При нестачі цього мікронутрієнту порушується обмін в сполучній тканині, підвищується проникність капілярів, що, в свою чергу, може бути причиною крововиливів і

цинги. Тому надзвичайно важливо поєднання в їжі аскорбінової кислоти з Р-активними речовинами, що характеризується високою капіляроукріплювальною здатністю. Слід зазначити, що зразки аналізованої біомаси за вмістом вітаміну РР відрізняються незначно.

Плоди сорту «Мигдальний 35» майже в два рази менше містять і вітамін Е в порівнянні з сортами «Мичуринський» і «Вітамінний», що також знижує їх біохімічну цінність, оскільки саме токофероли забезпечують сталий стан нервової і ендокринної систем, нормалізують процеси обміну речовин в скелетних і серцевих м'язах, печінки; сприяють зміцненню імунної системи.

Таким чином, нами, на основі вивчених даних зроблено однозначний висновок про доцільність використання в якості збагачувача хлібобулочних виробів БАВ гарбуз сорту Мичуринський.

Основною сировиною при виробництві хліба і хлібобулочних виробів є борошно, вода і, звичайно, дріжджі. Якщо розглядати можливість заміни будь-якого компонента рецептури на сировину дозволяє поліпшити вітамінно-мінеральний склад, або показники якості готового продукту, то тут на перше місце постає питання про вибір розпушувача для тіста. Класичний варіант - використання пресованих хлібопекарських дріжджів або закваски.

Закваска - це густий або рідкий напівфабрикат, приготований з житнього, житньо-пшеничного і пшеничного шпалерного борошна шляхом замісу і бродіння, який використовується частково для приготування тіста або опари і відновлення закваски шляхом її освіження.

Приготування закваски складається з двох циклів: розводочного і виробничого. Розводочний цикл полягає в розмноженні і нарощуванні маси молочнокислих бактерій і дріжджових клітин.

До збудників бродіння житніх заквасок відносяться молочнокислі бактерії *Streptobacterium Peantarum*, *Thermobacterium*, *Betabacterium* і дріжджові клітини - *S.cerevisiae*, *S.minor* і ін.

У борошні та іншій хлібопекарській сировині міститься велика кількість різних мікроорганізмів, здатних до активного розвитку в певних умовах. Такі умови створюються при змішуванні основної і додаткової сировини з водою.

В заквасках і тісті міститься не тільки корисна бродильна мікрофлора, а й інші мікроорганізми, здатні вплинути на характер бродіння і погіршити, або навіть зіпсувати, готовий продукт. Деякі мікроорганізми не надають помітного впливу на якість хліба, але внаслідок їх життєдіяльності відбувається збільшення витрат сировини, що також небажано.

Мікроорганізми, що не належать до продуктивної бродильної мікрофлори, називають сторонньою мікрофлорою. Розвиток сторонньої мікрофлори в заквасках або в тісті вкрай небажано.

Існує цілий ряд захворювань хліба, викликаних різними мікроорганізмами. Картопляна хвороба хліба викликається картопляною паличкою *Bacillus mesentericus*, яка дуже поширена в природі. Спори її витримують температуру 100 °С протягом декількох годин. Тому потрапляючи в тісто з борошном, мочкою чи крихтою хліба вони залишаються життєздатними в випеченому хлібі. Оптимальні умови для розвитку картопляної палички: вологе середовище, температура 35 – 40 °С і рН = 7. При підвищенні кислотності до рН = 5 бактерії не розвиваються. Хліб уражається при його зберіганні в охолодженому вигляді і в теплому приміщенні. Найчастіше хворіє пшеничний хліб внаслідок низької кислотності м'якушки. Утворюються бактеріальні клітини своїми амілолітичними і протеолітичними ферментами розкладають крохмаль і білки хліба. Крохмаль перетворюється в декстрини, а білки на амінокислоти, пептони і аміді. У хворому хлібі різко зростає кількість діацетіла, інших альдегідів та інших сполук, що викликає запах гнилі [25]. М'якуш стає липким, поступово ослизняється і при розриві тягнеться нитками (тому хвороба також називають «тягучою»). У хлібі з'являються жовто-коричневі плями, а при сильному захворюванні він темніє [26].

Для запобігання картопляної хвороби рекомендується вводити оцтову кислоту в кількості 0,1-0,2% до борошна (розрахунок на 100% кислоту), а оцтовий кальцій в кількості 0,2-0,4%. Рекомендується додавати в тісто оцтовий кальцій, оскільки оцтова кислота надає хлібу гострокіслый смак, а її солі не впливають на кислотність хліба. Також можна використовувати пропіонат натрію або кальцію, ацетат або формиат натрію, сорбінову кислоту [26].

Були проведені експерименти в ході яких встановлено, що CO₂-екстракт хмелю проявляє бактеріостатичну дію проти низки хвороботворних мікроорганізмів. Відповідно при внесення CO₂-екстракту хмелю в хлібобулочні вироби можливо забезпечити мікробіологічну безпеку [27]. Таким чином, хміль і продукти його переробки здатні надавати гнітючу дію на розвиток сторонньої мікрофлори закваски і хліба в цілому.

Останнім часом вивчаються і альтернативні способи розпушення. Так, існує спосіб розпушення тіста при тиску в 4-5 атм і з додаванням води, попередньо газованої діоксидом вуглецю [28]. Недоліком даного способу виробництва є використання специфічного обладнання, що не дозволяє використовувати повсюдно дану технологію, крім того при примусовому механічному розпушуванні не відбувається накопичення смакоароматичних речовин, що призводить до погіршення якості готового продукту.

Відомий спосіб виробництва дріжджового хліба, за яким для виробництва хліба замішують тісто з пшеничним борошном першого сорту, борошна з цільнозмолотого зерна гороху, лимонної кислоти і ферментного препарату [29]. При цьому заміс тіста здійснюють в два етапи: на першому етапі перемішують рецептурні компоненти в змішувачі, потім гомогенну масу транспортують в збивальній машину. На другому етапі здійснюють процес збивання - в камеру подають атмосферне повітря під тиском і збивають тісто. По завершенні процесу збивання формують тістові заготовки та виробляють випічку. Ферментний препарат прискорює гідроліз крохмалю, що призводить до накопичення декстринів в збивному бездріжджовому тісті,

які сприяють збереженню свіжості хлібобулочних виробів. Під дією ферментного препарату відбувається розщеплення макромолекул білка, що призводить до підвищення піноутворення тіста. Тобто піноутворення (розпушення) досягається хімічним способом. Хімічний спосіб передбачає розпушення тіста під дією діоксиду вуглецю, що виділяється в результаті спиртового і частково молочнокислого бродіння. Для розпушення тіста цим способом потрібно досить тривалий час від 1 до 5 год [29]. Недоліком даного методу є використання ферментативних препаратів і лимонної кислоти.

Також існує можливість заміни пресованих дріжджів на закваску.

Відомий спосіб приготування хмільової закваски шляхом змішування шишок хмелю з водою у співвідношенні 1: (150 - 200), кип'ятіння отриманої суміші протягом 55 - 70 хвилин з додаванням в процесі кип'ятіння води, вистоювання і додавання борошна [30].

Недоліками відомого способу є тривалий час кип'ятіння даної закваски, необхідність у постійному її підживленні борошном, заваркою з борошна або іншою поживною сумішшю, а також нетривалий час зберігання даного напівфабрикату.

Таким чином, встановлено, що питання отримання хлібопродуктів функціонального призначення активно досліджується, в результаті чого запропоновані варіанти отримання хлібопекарської закваски із заміною пресованих дріжджів на відвар хмелю. Вивчалось питання використання нетрадиційної рослинної сировини: сочевичної, рисової муки, гречки, різних зернових і злакових добавок. Однак, не вивчене питання про внесення даної сировини на стадії виробництва закваски та вплив рослинної сировини на хлібопекарські властивості закваски. У зв'язку з цим, актуальним напрямком розвитку науки в хлібопекарській галузі є вдосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів, на основі рослинних інгредієнтів, що володіють високою якістю і безпекою, з внесенням продуктів переробки хмелю і гарбуза, що в повній мірі відповідає основам державної політики України в сфері здорового харчування населення на період до 2020 року.

1.3 Технології й устаткування для виробництва хлібопекарської закваски

Найважливішою операцією в технологічному процесі виробництва хлібобулочних виробів є заміс тіста. Від фізичних, хімічних і реологічних властивостей тіста прямо залежать усі наступні операції і якість готового виробу. Тому в процесі тістоприготування прагнуть створити найкращі умови для нагромадження продуктів шумування (кислот, спирту, ароматичних з'єднань і ін). У залежності від виду і сорту борошна, його хлібопекарських властивостей тісто може бути виготовлено різними способами.

Незважаючи на це, першою фазою завжди є готування густої опари і закваски або рідкого напівфабрикату. Пшеничне тісто, прийнято готувати на густих і рідких опарах, але можливий безопарний заміс. Безопарний спосіб готування тіста на пресованих дріжджах застосовують при переробці пшеничного борошна першого або вищого сортів, тому що кислотність виробів з борошна цих сортів більш низька. Для борошна другого сорту безопарний спосіб краще не використовувати. Для технологічного процесу приготування житнього тіста характерна висока кислотність усіх фаз. Якщо кислотність тіста з пшеничного борошна наприкінці шумування досягає 7°T , то для тіста з житнього шпалерного борошна $10-12^{\circ}\text{T}$. В умовах високої кислотності середовища тіста загальмовується дія амілолітичних ферментів і в той же час обмежується ферментативне розщеплення білкових речовин. Якщо не вживати заходів для підвищення кислотності житнього тіста, то клейстеризований крохмаль буде розщеплений при випічці активною α -амілазою з утворенням великої кількості декстринів, і м'якушка хліба вийде дефектною (липкою на дотик і такою, що заминається) [31]. У зв'язку з цим, житнє тісто готують тільки на заквасках, що здатні забезпечити інтенсивне кислотоутворення тіста. Закваска - це витратний і безупинно поновлюваний напівфабрикат (фаза виробництва), що у різних технологічних схемах може називатися по - різному: головка, квас, рідка закваска. Готують закваску з

деякої кількості спілої закваски, у яку додають борошно і воду. Спілу закваску частково використовують для замісу тіста, а частину, що залишилася - для поновлення нової закваски. Таким чином, на виробництві повинна завжди утримуватись достатня кількість закваски, необхідна для підтримки технологічного циклу виробництва. Такий скорочений двофазний спосіб приготування житнього тіста називається виробничим циклом і, у даний час, найбільш широко застосовується на діючих виробництвах. Однак, закваску необхідно відбирати і відновляти кожні 4-5 годин, що робить даний спосіб придатним тільки для безупинно працюючих підприємств. Тому житні сорти хліба, як правило, роблять великі заводи, а не дискретно працюючі виробництва і пекарні при супермаркетах. При правильному тістоведенні в заквасках утворюються як дріжджові клітини, так і молочнокислі бактерії. Дріжджові клітини відповідають за розпушення тіста, виділяючи спирт і вуглекислий газ в процесі своєї життєдіяльності. Молочнокислі бактерії, в більшій мірі, сприяють накопиченню кислотності. Справжні молочнокислі бактерії утворюють в заквасці молочну і, в незначній мірі, оцтову кислоти. Ці бактерії не розпушують заквасок і тіста, так як не утворюють вуглекислого газу. Крім того, у заквасках присутні й інші бактерії (типу *Bact. coli*), що вносяться з борошном при освіженні закваски, але вони не грають істотної ролі, тому що при правильному тістоведенні витісняються основними групами молочнокислих бактерій. Смак хліба значною мірою залежить від співвідношення різних типів молочнокислих бактерій і дріжджів. Надлишок оцтової кислоти здатний додати хлібові різко кислий смак, а її недолік робить хліб прісним. Тому основною задачею тістоприготування є така організація технологічного циклу, при якій будуть створені найкращі умови для гарного розпушення тіста і нагромадження кислот в оптимальному співвідношенні. Рідкі закваски застосовують у виробництві хліба з житнього, шпалерного й обдирного борошна, а також із пшеничного борошна в суміші з житнім. У промисловості застосовується понад 10 різних схеми тістоведення заквасок.

Так само існують цілі лінії для виробництва заквасок і тесту на їх основі.

На рисунку 1.5 представлена схема порційного приготування рідкої закваски без заварки і безперервного приготування тіста [34].

При такому апаратурному оформленні в якості поживного середовища застосовують водно - борошняну суміш. Цикли відборів і освіження закваски проводять кожні 3-4 год після досягнення кислотності в 9-13 ° Т.

Недоліками даної технології є неможливість приготування закваски з запареної борошном або оцукрованої заварки, в зв'язку з чим, якість отриманої закваски буде низькою.

Для консервування закваски використовують спеціальне обладнання - сушарки, холодильники.

1.4 Сушка як метод консервування

В даний час існує досить багато способів приготування хлібобулочних виробів з додаванням гарбуза або з використанням заквасок на основі хмелю, але у кожного з них є один основний недолік - використання свіжих плодів гарбуза, що передбачає зберігання їх протягом цілого року на складських приміщеннях виробника, що часто є вельми скрутним, або навіть не можливим, через відсутність складських приміщень і складністю створення сприятливих умов для зберігання гарбуза.

Використання заквасок передбачає їх постійне оновлення і приготування різних поживних середовищ. Таким чином, в умовах виробництва доцільно використовувати консервовані рослинні продукти - у вигляді порошку [35].

Сушені продукти мають меншу масу, займають значно менший обсяг, мають більш високу енергетичну цінність в порівнянні з продуктами свіжими або консервованими іншими способами. Це в значній мірі полегшує їх транспортування і зберігання. Крім того, спрощення технологічного циклу і

зручність в транспортуванні дає можливість використання сухої закваски в домашньому підсобному господарстві.

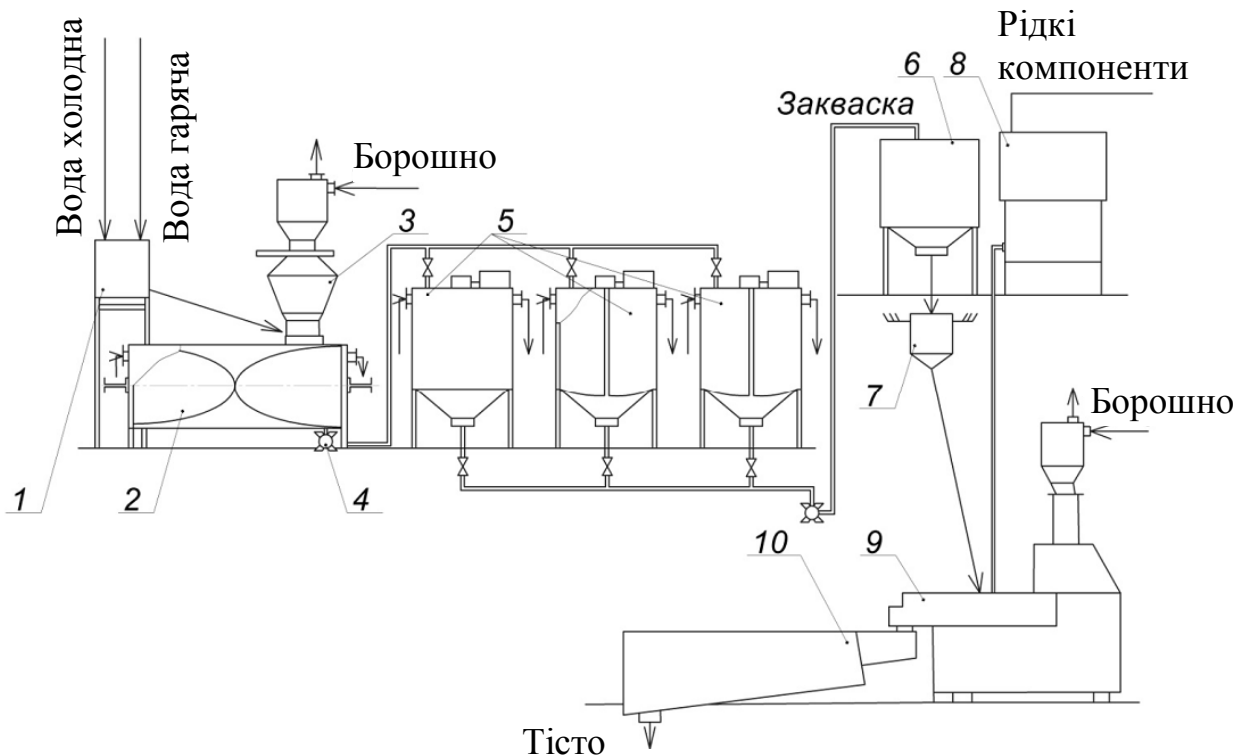


Рисунок 1.5 - Схема порційного приготування рідкої закваски без заварки і безперервного приготування тіста: 1 - бак для підготовки води, 2 - запарювальна машина, 3 - дозатор для сипких компонентів, 4 - насос для перекачування поживної суміші і закваски, 5 - чани дріжджові з мішалкою і водяною сорочкою, 6 - витратний чан, 7 - дозатор для рідких компонентів черпакового типу, 8 - дозувальна станція, 9 - тістомісильна машина, 10 бродильна ємність ХТР для бродіння тіста.

Сучасні напрямки сушки рослинних матеріалів пов'язані з вакуумними технологіями [49, 50], з новими видами нагріву матеріалу (СВЧ [51], ІЧ випромінювання [52]), проте, вплив даних видів нагрівання на рослинні продукти до кінця не досліджений. Існує думка, що вакуум, СВЧ і ІЧ випромінювання справляє негативний вплив на БАВ і живі клітини. З іншого боку, витримка під вакуумом без сильного теплового впливу призводить до

загибелі тільки бактерій – прокаріотів й, тим самим, до дезінфекції висушеного матеріалу [53].

Розвитку теорії двоступеневої КВІ сушки рослинних матеріалів спрямованих на максимальне збереження всіх БАР присвячена робота [54], однак, запропонована технологічна схема і встановлені режими неможливо використовувати для сушки полідисперсних багатокомпонентних матеріалів.

Відомо кілька способів видалення вологи з продуктів - конвективний, контактний, сублімаційний, обробка термовипромінюванням і ін.

Найбільшого поширення набула сушка продуктів нагрітим повітрям – конвективна (температура 80 - 120 °С), в сушильних установках, що складаються з сушильної камери і калорифера. Недоліком даного виду сушарок є втрата і злипання БАВ.

В результаті була запропонована двоступенева конвективна вакуум - імпульсна сушка, яка дозволяє видаляти вологу з урахуванням особливостей будови і складу рослинних продуктів [55]. У загальному випадку сушка представляє собою процес, здійснюваний в два періоди:

- 1) конвективна сушка у закритому шарі;
- 2) вакуум-імпульсна сушка, розділена на стадію вакуумування і стадію продувки, причому, їх тимчасове співвідношення змінюється, в залежності від одержуваного вологовмісту.

У першому періоді, як правило, відбувається видалення незв'язаної вологи, що характеризується постійністю температури на поверхні сировини, коли теплота витрачається на нагрів сировини від початкової температури до температури мокрого термометра, а також на випаровування вологи. Даний період характеризується постійністю температури матеріалу і постійністю зміни швидкості сушіння. Тривалість першого періоду незначна в порівнянні з другим.

Під час другого періоду проводиться «досушування» овочевої сировини при температурі теплоносія не більше 50 °С з метою збереження вихідних поживних речовин. Створення наростаючого вакууму 23 ... 13 кПа в

сушильній ємності дозволяє уникнути розбризкування поживних речовин за рахунок виникнення різкого перепаду тиску.

Таким чином, проведення сушки в два етапи дозволяє швидко видалити поверхневу вологу, а потім з використанням вакууму провести ощадне досушування матеріалу і, тим самим, зберегти значну частину вітамінів і мікронутрієнтів.

Всі вологі матеріали, в залежності від їх основних колоїдно-фізичних властивостей, можна розділити на три види:

1) типові колоїдні тіла (еластичні гелі). При видаленні рідини ці тіла значно змінюють свої розміри (стискаються), але зберігають свої еластичні властивості (желатин, агар-агар, пресоване борошняне тісто і т.д.);

2) капілярно-пористі тіла (крихкі гелі). При видаленні рідини ці тіла стають крихкими, мало стискаються і можуть бути перетворені в порошок (слабо обпалені керамічні матеріали, зволожені у воді, вологий кварцовий пісок, деревне вугілля і т. д.);

3) капілярно-пористі колоїдні тіла, що володіють властивостями тіл перших двох видів. Стінки їх капілярів еластичні і при поглинанні рідини набухають. До числа цих тіл належить більшість матеріалів, що піддаються сушці і застосовуються у будівельній техніці (торф, деревина, картон, тканини, вугілля, зерно, шкіра, глина, ґрунти і т. д.).

Колоїдні тіла (еластичні гелі) поглинають мають найтісніший контакт з рідиною. При цьому вони збільшують свої розміри - набухають. Капілярно пористі тіла вбирають будь-яку рідину, що їх змочує незалежно від її хімічного складу [57].

Одним з головних критеріїв при виборі сушильної машини для харчових продуктів є можливість збереження максимальної кількості біологічно активних речовин, що містяться в первісному продукті.

На основі аналізу науково - технічної і патентної літератури, засобів і технологій отримання продуктів харчування, збагачених різними БАР, можна зробити наступні висновки:

1) необхідно розширювати асортимент хлібобулочних виробів, збагачених рослинними інгредієнтами;

2) хлібобулочні вироби, вироблені з використанням закваски, мають безсумнівні переваги, але закваска не використовується повсюдно через складності технології її ведення, низького терміну збереження і складності транспортування;

3) використання в технології тістоприготування хмелю і гарбуза сприятливо позначається на органолептичних та фізико – хімічних показниках якості готових виробів, збільшує термін зберігання продукту;

4) існуючі способи сушіння закваски енергоємні, в зв'язку з чим, використовувати їх в реальному виробництві не доцільно.

Актуальним є вирішення питань про використання нетрадиційної сировини (хміль, гарбуз сорту «Мичуринський»), здатної підвищити нутрієнтний баланс, енергетичну і харчову цінність хлібобулочних виробів, яку можна легко транспортувати і використовувати на дискретно і безупинно діючих підприємствах.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ХМІЛЕ-ГАРБУЗОВОЇ ЗАКВАСКИ

2.1 Обґрунтування біотехнологічної системи виробництва хміле-гарбузової закваски

Будь-яка біотехнологічна система (БТС) включає в себе біотехнологічний агент, субстрат, технологічний режим, обладнання для здійснення біотехнологічних процесів і сам продукт БТС (рисунок 2.1).

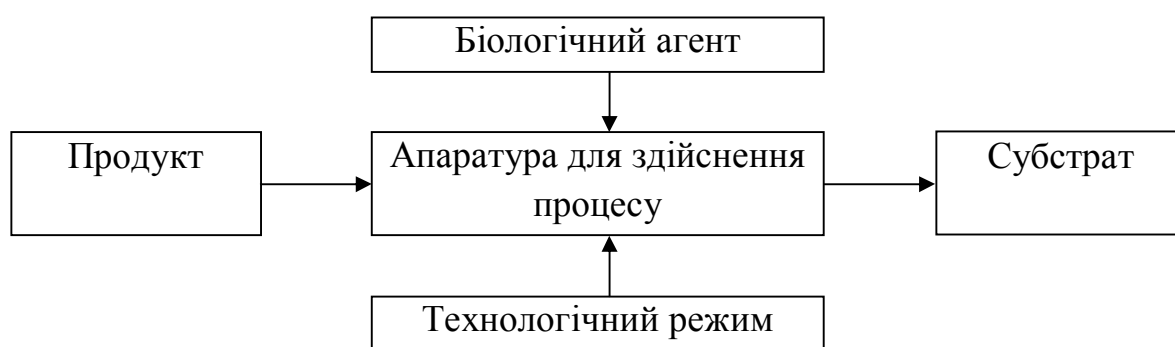


Рисунок 2.1 - Схема біотехнологічної системи отримання сухої ХГЗ

Стосовно до виробництва сухої ХГЗ в якості біологічного агента може бути розглянута дріжджова клітина, субстрат - поживна суміш у вигляді борошна, води і м'якоті гарбуза, продукт - хміле-гарбузова закваска, технологічний режим - параметри роботи обладнання, що дозволяють отримати продукт здатний максимально задовольнити вимоги споживача.

В результаті аналізу існуючих способів виробництва хлібопекарських заквасок розроблено три варіанти БТС для виробництва сухої ХГЗ [59].

Перший варіант. Для отримання хлібопекарської закваски готується гірка заварка: борошно заливають хмельовим відваром (при температурі 95-100 ° С) у співвідношенні 1: 3. Причому, для приготування хмелевого відвару шишки хмелю заливають водою при співвідношенні 1:40 і кип'ятять протягом 45-60 хвилин, потім проціджують [60]. Через кілька годин починається бродіння отриманої суміші. При досягненні кислотності в 9-12 град в дану закваску додають висівки. У такому вигляді закваска подається

на ДКВІ - сушку для видалення надмірної вологи. Отриманий таким чином порошок хмелевого напівфабрикату, змішується з порошком гарбуза.

Другий варіант передбачає приготування двох видів заварки: гіркої і солодкої (рисунок 2.2). Гірка заварка виробляється як й при реалізації

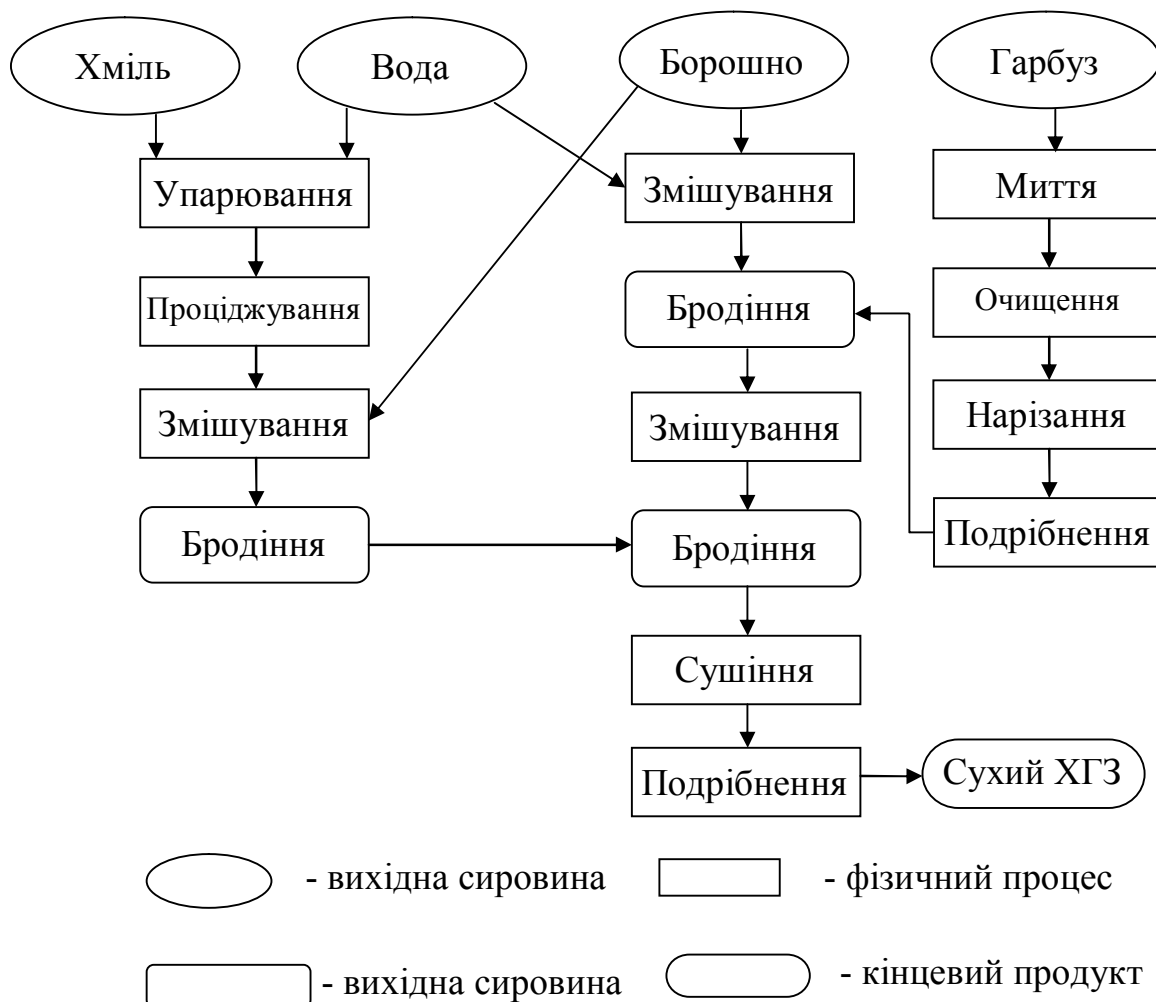


Рисунок 2.2 – Технологічна схема БТС для виробництва сухої ХГЗ (за другим варіантом)

першого способу. Для отримання солодкої заварки борошно заливають гарячою водою і в оцукровану заварку додають подрібнений гарбуз. Два види заварки перемішуються і направляються в термостат до досягнення кислотності 9-12 ° Т (таблиця 2.1). Наявні в гарбузі сорту «Мичуринський» біологічно активні речовини (БАР), а також комплекс ферментів (ліпаза і ліпоксегіназа) дозволяють збільшити підйомну силу закваски і скоротити час її приготування [61]. Після чого, в дану закваску так само додаються висівки

і в такому вигляді закваска подається на сушку. Залежно від ступеня попереднього подрібнення, вибирається спосіб сушіння.

Таблиця 2.1

Найменування сировини, напівфабрикатів та показників процесу	Витрати сировини та параметри процесу приготування тіста на заквасці	
	закваска	тісто
Закваска, кг	23,8	47,6
Борошно в заквасці на тісто, кг	-	15
Борошно житнє обдирне, кг	5	45
Борошно пшеничне хлібопекарне другого гатунку, кг	-	40
Заварка (1 : 2,5)	9	-
Сіль поварена харчова, кг	-	1,5
Вода, кг	7	За розрахунком
Гарбуз, кг	2,8	-
Гарбуза в заквасці на тісто, кг	-	5,6
Вологість, %	65-70	46-47
Температура початкова, °С	31-33	28-30
Тривалість бродіння, хв	180-300	90-120
Кислотність кінцева, град.	9-12	8-12

Третій варіант. Закваска готується аналогічно другому способу, але замість висівок напівфабрикат змішується з попередньо висушеним порошком гарбуза. Після чого закваска також висушується.

Оскільки другий варіант БТС має переваги по продуктивності і енергоефективності, його використання є найдоцільнішим.

Запропонований спосіб отримання сухої закваски можна розділити на два етапи: підготовчий етап - підготовка хмільо-гарбузової закваски і основний етап - її сушка. Кожен із циклів складається з ряду операцій, які діляться на основні – що лімітують час виробництва і допоміжні.

При цьому важливо правильно обґрунтувати і вибрати необхідне обладнання для виробництва сухої ХГЗ.

При виборі обладнання використані критерії [63]:

1) продуктивність;

- 2) надійність;
- 3) матеріаломісткість;
- 4) енергоємність;

5) критерій технологічності, що характеризує доступність і витрати на виготовлення основного обладнання. При проектуванні технології виробництва сухої ХГЗ необхідно враховувати можливості місцевих машинобудівних підприємств з використанням вітчизняних комплектуючих.

6) критерій якості кінцевого продукту, який характеризує збереження БАВ, ступінь помелу, очищення і визначається відношенням розглянутого параметра до і після проведення операції;

7) ступінь інтелектуалізації, що характеризує автоматизацію процесу, дозволяє швидко контролювати і регулювати параметри процесу і сприяє збільшенню продуктивності і якості продукту.

Продуктивність обладнання для БТС визначається на основі технологічного розрахунку. Вихідними даними, при цьому є рецептура виробництва хліба та характеристика сировини, тобто витрати борошна житнього, гарбуза і води в кг, а також вологість сировини - борошна, гарбуза, висівок (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для технологічного розрахунку

Найменування сировини або н/ф	СР, %	Кількість на 100 кг борошна, кг	Кількість СР, %
Закваска	30	23,8	7,14
Борошно	85,5	7,5	6,413
Гарбуз	22	2,8	0,616
Висівки	86	$Q_{отр}$	$0,86 X_{отр}$
Загалом		$34, + Q_{отр}$	$14,169+0,86 Q_{отр}$

Середньозважена вологість сировини визначається за формулою:

$$C_c = \frac{Q_M \cdot C_M + Q_T \cdot C_T}{Q_M + Q_T} \quad (2.1)$$

Вихід тіста зі 100 кг борошна становить [64]:

$$Q_T = (Q_M + Q_T) \cdot \frac{100 - C_C}{100 - C_T}, \quad (2.2)$$

де C_T -масова частка вологи тіста, після замісу, %

Необхідна кількість води на заміс тіста з 100 кг борошна визначається за виразом [65]:

$$Q_B = Q_T - (Q_M + Q_T). \quad (2.3)$$

Кількість борошна на 100 кг закваски визначається за формулою:

$$Q_{M/з} = \frac{Q_M(100 - C_з)}{100 - C_M}. \quad (2.4)$$

де $C_з$ вологість закваски, %.

Тоді кількість води на приготування 100 кг закваски складе:

$$Q_{B/з} = 100 - Q_{M/з}. \quad (2.5)$$

Кількість закваски $Q_з$, що містить Q_B води визначається за формулою:

$$Q_з = \frac{100 \cdot Q_B}{Q_{B/з}}. \quad (2.6)$$

Кількість борошна на заміс закваски складе:

$$Q_{M/з} = Q_з - Q_B. \quad (2.7)$$

Потрібна кількість борошна на заміс тіста:

$$Q_{M/T} = 100 - Q_{M/з}. \quad (2.8)$$

Після закінчення процесу третину закваски відбирають для наступного циклу виробництва, а дві третини змішують з висівками для зменшення вологості, що сприяє інтенсифікації процесу сушіння. Після змішування закваски з висівками вологість маси повинна складати C_H %, тоді, кількість води в тісті можна визначити за формулою:

$$Q_B = \frac{(14,169 + 0,86Q_{отр}) \cdot 100}{100 - C_H} - (34,1 + Q_{отр}) \quad (2.9)$$

$$Q_{отр} = \frac{(100 - C_H) \cdot Q_B + 1993,1 - 34,1C_H}{C_H - 14} \quad (2.10)$$

При вологості закваски $C_n = 60\%$ формула (2.10) буде мати вигляд:

$$Q_{отр} = \frac{40 \cdot Q_B - 52,9}{46}$$

Ємність, необхідна для процесу бродіння визначається формулою [65]:

$$V_e = \frac{Q_3 \cdot T_3 \cdot K \cdot 1,5}{\rho \cdot 100}, \quad (2.11)$$

де T_3 - тривалість бродіння закваски, год; K - коефіцієнт, що враховує необхідність збільшення обсягу чана з урахуванням піноутворення (1,1 - 1,4); 1,5 - коефіцієнт, що враховує відбір стиглої закваски.

Відповідно до технологічної схеми виробництва сухої ХТЗ необхідно розрахувати і підібрати таке обладнання: випаровувач; машину для мийки, очищення, подрібнення гарбуза; змішувач (тістозамішувач); бродильний чан (ферментатор); сушарку; подрібнювач висушеної закваски; пакувальну машину.

Залежно від ступеня попереднього подрібнення, сушіння може бути двоступеневим конвективним вакуум-імпульсним (ДКВІ) або конвективним у псевдозрідженому шарі. При великому подрібненні гарбуза раціонально використовувати ДКВІ сушку. Тоді в першому ступені конвективного сушіння нерухомим шаром відбувається видалення вільної вологи шляхом передачі тепла продукту перпендикулярним обтіканням нагрітим сушильним агентом - 51

повітрям. Після чого, частково висушений напівфабрикат подається на конвективного вакуум-імпульсну щабель сушки.

Вихідні дані для розрахунку необхідного обладнання для виробництва сухий ХТЗ:

- 1) характеристики вихідної сировини;
- 2) обсяг виробництва сухої ХТЗ;
- 3) час роботи виробництва (цілодобове виробництво - 300 днів);
- 4) початкова вологість ХТЗ;
- 5) кінцева вологість сухої ХТЗ.

Для ефективної організації роботи виробництва і дотримання потокового режиму роботи лінії слід визначити один з процесів, або одну операцію як лімітуючу, тобто це операція, яка обмежує в цілому виробництво в часі [59]. У нашому випадку такою операцією є процес бродіння закваски. Час протікання цієї операції - 48 годин. Для усунення простою обладнання і доцільного ефективного використання робочого часу можна скоротити ці витрати, шляхом установлення n бродильних чанів, тоді час одного циклу виробництва буде $48 / n$ години. При цьому доцільно організувати роботу таким чином, щоб за $48 / n$ годин виконувалися всі операції, паралельно з операцією, що лімітує цикл виробництва. Це наочно представлено на циклограмі раціонального використання робочого часу (рисунок 2.3).

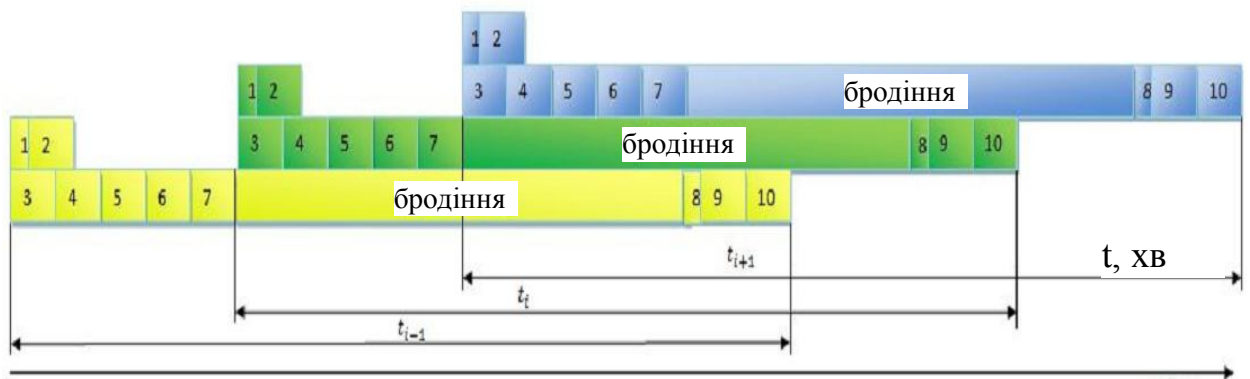


Рисунок 2.3 – Циклограма раціонального використання робочого часу БТС: t_i – час по i -го циклу; 1 – випарювання; 2 – проціджування; 3 – миття; 4 – очищення; 5 – нарізання; 6 – подрібнення; 7 – змішування; 8 – сушіння; 9 – подрібнення; 10 - упаковка

Виходячи з раціонального використання робочого часу обладнання, час кожної операцій визначається як [59]:

упарювання $0,2 t$;

проціджування $(0,05 \dots 0,07) t$;

змішування $(0,05 \dots 0,07) t$;

мийка $(0,05 \dots 0,07) t$;

очищення $(0,05 \dots 0,07) t$;

нарізка (0,05 ... 0,07) t;

подрібнення гарбуза (0,05 ... 0,07) t;

сушка (0,4 ... 0,6) t;

подрібнення сухої ХТЗ (0,05 ... 0,07) t;

упаковка готового продукту (0,05 ... 0,07) t.

Для сушіння вибираємо ДКВІ, як найбільш ефективну за критеріями надійності, матеріаломісткості, енергоємності, якості матеріалу, що висушується, інтелектуалізації та продуктивності.

Продуктивність (П) ДКВІ сушки визначається за формулою:

$$П = \frac{Q_{ХТЗ}}{0,5t} . \quad (2.12)$$

Кількість вологи, що видаляється визначається за виразом:

$$\Delta W = C_H - C_K , \quad (2.13)$$

де ΔW - кількість вологи, що видаляється під час сушіння, кг.

З урахуванням енергоємності та якості підготовленого матеріалу, для подрібнення висушеного продукту вибираємо молоткову дробарку.

Продуктивність дробарки визначається за формулою:

$$П_{изм} \geq \frac{Q_{ХТЗ}}{0,05t} . \quad (2.14)$$

Для отримання хмелевого екстракту вибираємо вакуумний випаровувач, оскільки він відповідає вимогам критеріїв якості підготовлюваного продукту.

Використання вакууму дозволяє провести максимально щадну термообробку шишок хмелю, при цьому, порівнюємо аналоги за критеріями матеріаломісткості та енергоємності.

Загальний матеріальний баланс випарювання визначається за рівнянням:

$$\Delta W_{вип} = Q_H - Q_K , \quad (2.15)$$

де $\Delta W_{\text{вип}}$ - кількість вологи, що видаляється (випаровується), кг; $Q_{\text{н}}$ - кількість розчину до випарювання, кг; $Q_{\text{к}}$ - кількість розчину після випарювання, кг.

Кількість води, яка споживається на виробництво закваски, замінюється екстрактом хмелю, тобто $Q_{\text{к}} = Q_{\text{в}}$. Співвідношення хмелю і води 1:40 [60], тоді кількість хмелю складе

$$Q_{\text{хмелю}} = 0,025 Q_{\text{в}}. \quad (2.16)$$

Розчин слід упарювати до зменшення об'єму в два рази, тобто до $Q_{\text{н}} = 2 \cdot Q_{\text{в}}$, тоді формула 2.15 матиме вигляд:

$$Q_{\text{в}} = 2Q_{\text{в}} - \Delta W_{\text{вип}}, \quad (2.17)$$

$$\Delta W_{\text{вип}} = Q_{\text{в}}. \quad (2.18)$$

Продуктивність сушарки визначається, як

$$P_s = \frac{Q_{\text{ХГЗ}}}{\tau}, \quad (2.19)$$

$$Q'_{\text{ХГЗ}} = \frac{Q_{\text{ХГЗ}}}{1 - \Delta W}. \quad (2.20)$$

Для виробництва сухої ХГЗ необхідно підібрати і, якщо буде потрібно, розрахувати і виготовити таке обладнання:

- 1) обладнання для підготовки гарбуза: мийку, овочерізку, подрібнювач, дозатор;
- 2) обладнання для приготування закваски: дозатори, чани / бункера для бродіння закваски з місильний органом;
- 3) обладнання для сушіння ХГЗ: сушильну машину, дозатори, дробарку.

Для організації безперервної потокової роботи виробництва ХГЗ обладнання основних процесів має бути підібрано таким чином, щоб при завершенні одного процесу починався інший, або щоб за один цикл роботи обладнання виконувалося кілька повних циклів роботи іншого обладнання [59]. Така організація виробництва можлива при точному розрахунку

продуктивності обладнання і його надійності, тобто з усіх критеріїв продуктивність основного обладнання стає головною. При цьому для допоміжного обладнання найбільш важливими критеріями є якість, надійність енергетичні та матеріальні витрати.

Для підготовчого етапу основним процесом є бродіння, для якого потрібно підібрати бродильний чан. Необхідну місткість ємності розраховуємо за формулою (2.11).

При цьому ємність повинна мати місильний орган і теплову сорочку, крім того повинні бути враховані критерії надійності, енергоємності, якості [63].

Випаровувач підбираємо виходячи з його продуктивності, яка розраховується за формулою (2.15), з урахуванням критеріїв інтелектуалізації, продуктивності, надійності, енергоємності, якості [66]. Допоміжні процеси на цьому етапі - миття, очищення, подрібнення.

Мийну машину вибираємо виходячи з критеріїв продуктивності, надійності, енергоємності, технологічності [66]. При цьому найбільш важливим є критерій якості, що характеризує ступінь очищення продукту.

Для основного етапу виробництва лімітуючим процесом є сушка закваски. Устаткування для сушіння підбирається виходячи з продуктивності, яка розраховується за формулою (2.19) і критеріїв: продуктивності, матеріаломісткості, енергоємності, технологічності, якості, інтелектуалізації [66]. При цьому основним критерієм є якість готового продукту, тобто можливість максимально зберегти біологічно активні речовини (БАР), що містяться в гарбузі і не пригнічуючи життєдіяльності дріжджових клітин.

До допоміжних операцій належить подрібнення. Подрібнювач вибираємо виходячи з критеріїв продуктивності, надійності, енергоємності, якості, інтелектуалізації [66]. Основним критерієм є якість, тобто ступінь помелу, що характеризується середнім розміром частинок і, враховує

можливість збереження БАР, які можуть руйнуватися при перевищенні допустимої температури матеріалу, що подрібнюється.

2.2 Схема виробництва закваски спонтанного бродіння

Для отримання закваски застосовують два види борошна: пшеничне другого сорту і житнє обдирне. Частина води замінюють на відвар хмелю. Для збагачення закваски БАР використовують перетерту м'якоть гарбуза. Для створення оптимальної температури використовується термостат.

Пропонована схема виробництва закваски передбачає використання двох видів заварки: гіркої і солодкої (рисунок 2.4). Для приготування гіркої заварки попередньо готують хмелеве сусло. Хміль заварюють водою (на 200

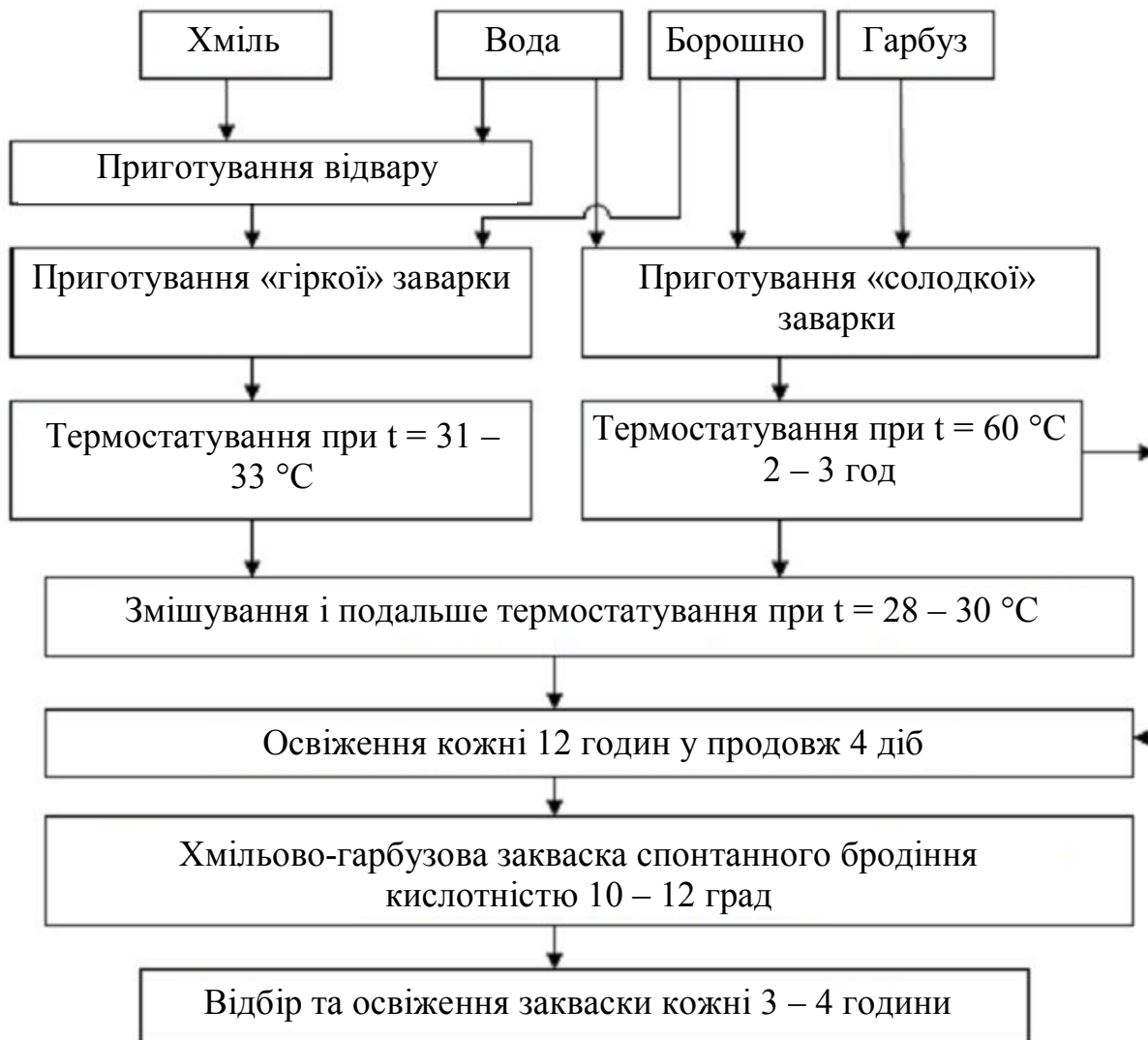


Рисунок 2.4 - Схема процесу виробництва закваски, збагаченої хмелем

г -36 л води) температурою 93-95 °С, кип'ятять протягом 1 год і проціджують. Потім 5 кг борошна заварюють 15 л киплячого хмелевого відвару, охолоджують до 30-32°С і термостатують.

Паралельно з цим готується солодка заварка. 75 кг борошна заливають при перемішуванні 220 л води температурою 70 °С і охолоджують до 60°С.

Тривалість оцукрювання 2-3 ч при температурі 60°С. Після охолодження до 30 ° в заварку додають подрібнену м'якоть гарбуза в кількості 3, 5, 7% від маси борошна. Потім отриману кількість гіркої і солодкої заварки змішують і направляють в термостат.

Отриману масу освіжають кожні 12 год солодкої заваркою з гарбузом до накопичення кислотності 9-12 град. Готову закваску необхідно відбирати і освіжати кожні 3-4 години.

Додаткове введення в цикли виробництва закваски хмелю і гарбуза безсумнівно сприяють нормалізації бродильної мікрофлори і сприяє отриманню закваски з більш стабільними мікробіологічними та хлібопекарськими характеристиками. Хміль є джерелом гірких речовин, які при нагріванні переходять у водний екстракт у вигляді ізогумулонов [33], які при концентрації більше 90 мг / л відвару здатні виявляти властивості антисептика [67]. Вважається, що максимальна екстракція лупулон, ізогумулон та інших гірких речовин хмелю відбувається при нагріванні розчину до температури 90 ° С протягом 90 хв [68].

За наявності біологічно активних речовин гарбуз є цінним продуктом. Він містить такі мікроелементи, як залізо, цинк, мідь, марганець; макроелементи - калій, кальцій, фосфор, магній; крім того, гарбуз є джерелом вітамінів РР, бета - каротину, тіаміну, рибофлавіну, фолієвої і пантотенової кислот. Такий багатий склад мікронутрієнтів, високий вміст вуглеводів робить можливим використання гарбуза в якості живильного середовища при виведенні закваски.

Як зазначалося, отримана закваска має вологість 65-70%, освіжати таку закваску необхідно кожні 3-4 години, що в умовах періодично працюючих

підприємств неможливо, в зв'язку з чим, необхідно висушити закваску, що дозволить не тільки зберігати її тривалий період, але і сприяти більш зручному транспортуванню на далекі відстані.

Для висушування закваски на конвективній сушарці з сітчастим дном її вологість повинна бути не більше 60%, в іншому випадку сушка буде неможлива.

У таблиці 2.2 наведені дані розрахунку нутрієнтного балансу виходячи з вмісту БАР у вихідній сировині і житньо-пшеничному хлібі, зробленому за класичною рецептурою [69].

Аналізуючи отримані дані, можна зробити однозначний висновок про те, що введення в рецептуру хмелю, гарбуза і висівок дозволяє підвищити вміст вітамінів: А на 23,3, Е - 11, РР - 9, В1 - 8%; фосфору - 19, магнію - 18, заліза - 13, калію - 8%. Хліб, вироблений згідно з отриманою рецептурою, може бути рекомендований для дієтичного харчування (схуднення), так як введення висівок сприяє підвищенню кількості харчових волокон на 29%, що вимагає додаткових витрат енергії для перетравлення [70].

2.3 Теоретичні дослідження двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки хмельо-гарбузової закваски

Для того, щоб описати дійсний процес масо-і теплообміну ХГЗ з навколишнім середовищем необхідно знати основні закономірності протікання процесу сушіння. Для технологічних розрахунків виробництва сухої ХГЗ необхідно визначити наближені співвідношення між середнім вологовмістом C і часом сушки τ , а також скласти рівняння матеріального балансу і витрат тепла.

Конструкція сушильної установки і метод сушіння визначається раціональним режимом для ХГЗ, з використанням законів волого- і теплоперенесення.

Таблиця 2.2 – Підвищення харчової цінності житньо-пшеничного хліба

Елемент	Хліб житньо-пшеничний 220 гр		Висівки 12% від маси борошна		Гарбуз 5% від маси борошна		Хліб житньо-пшеничний на основі ХГЗ	
	Кількість	% від доб. норми	Кількість	% від доб. норми	Кількість	% від доб. норми	Кількість	% від доб. норми
Вода, гр	30,8	1	2,5		10,4		43,7	2
Харчові волокна, гр	0,7	2,8	7,2	29	0,2	0,8	8	32
Моно- та дицукри-ди, гр.	4,4	5,87	0,8	1	0,3	0,4	5,6	7,4
Крохмаль, гр	110	34,4	1,9	1	0,2	0,06	112,1	35
Макро-елементи:								
Калій, мг	660	26	206,6	8	19,8	1	886,5	35
Кальцій, мг	550	55	24,6	2	3,7		578,3	58
Магній, мг	110	28	73,5	8	1,6		185,1	46
Натрій, мг	55	4	1,3		0,5		56,8	4
Сірка, мг	220	22			2,2		222,2	22
Фосфор, мг	550	69	155,8	19	3,8		709,6	89
Хлор, мг	66	3			2		68	3
Вітаміни:								
А, мкг	22	2			147	16	169	19
В1, мг	0,4	29	1	8			0,6	38
В2, мг	1,1	61					1,1	64
В3, мг	2,2	44					2,2	45
В4, мг								
В6, мг								
В9, мг								
Е, мг								
Н, мг								
РР (нікотинова кислота), мг								
РР (ніциновий еквівалент), мг								
С, мг								
Мікро-елементи:								
Бор, мкг								
Залізо, мг								
Йод, мкг								
Молібден, мкг								
Нікель, мкг								
Селен, мкг								
Титан, мкг								
Цинк, мг								
Фтор, мкг								

2.3.1 Опис будови і принципу дії двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушарки

ДКВІ сушильна установка складається з двох ступенів (рисунок 2.5):

- перший ступінь - лінія конвективних лоткових сушарок 1.
- другий ступінь - лінія вакуум - імпульсних шаф 2 з допоміжним обладнанням.

Лотковий ступінь (рисунок 2.6) складається з відкритої сушильної камери 3, лотка 4, вентилятора 1 для створення напору теплоносія, калорифера 2 для нагріву теплоносія. У лотку встановлені датчики температури ХГЗ і швидкості теплоносія.

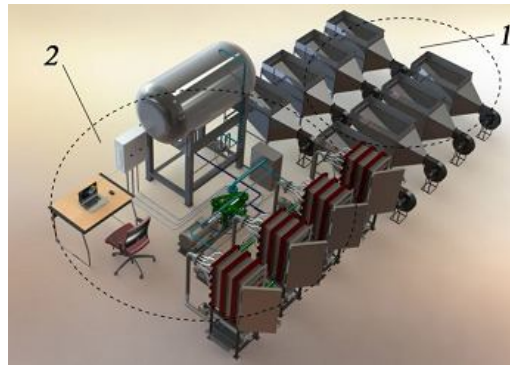


Рисунок 2.5 - Модель ДКВІС: 1 - перший ступінь - лінія конвективних лоткових сушарок, 2 – лінія вакуум - імпульсних шаф з допоміжним обладнанням

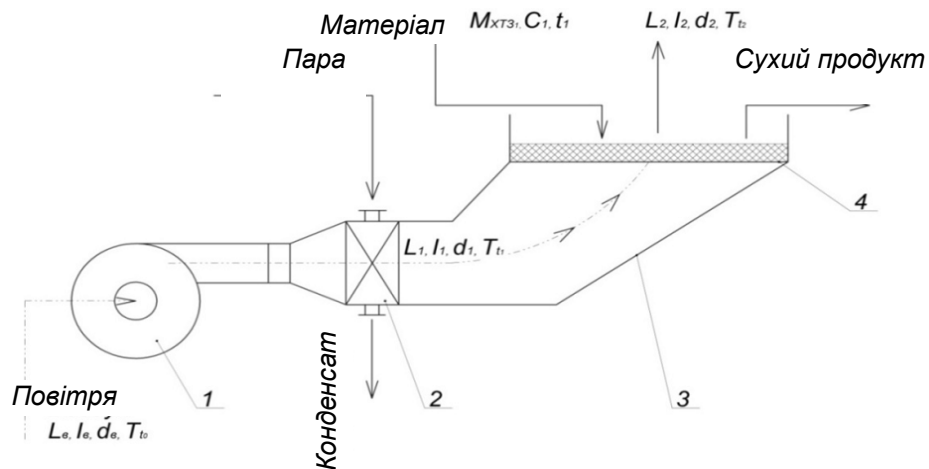


Рисунок 2.6 - Технологічна схема першого ступеня ДКВІС – лоткової конвективної сушарки: 1 – вентилятор; 2 – калорифер; 3 – корпус; 4 - лоток

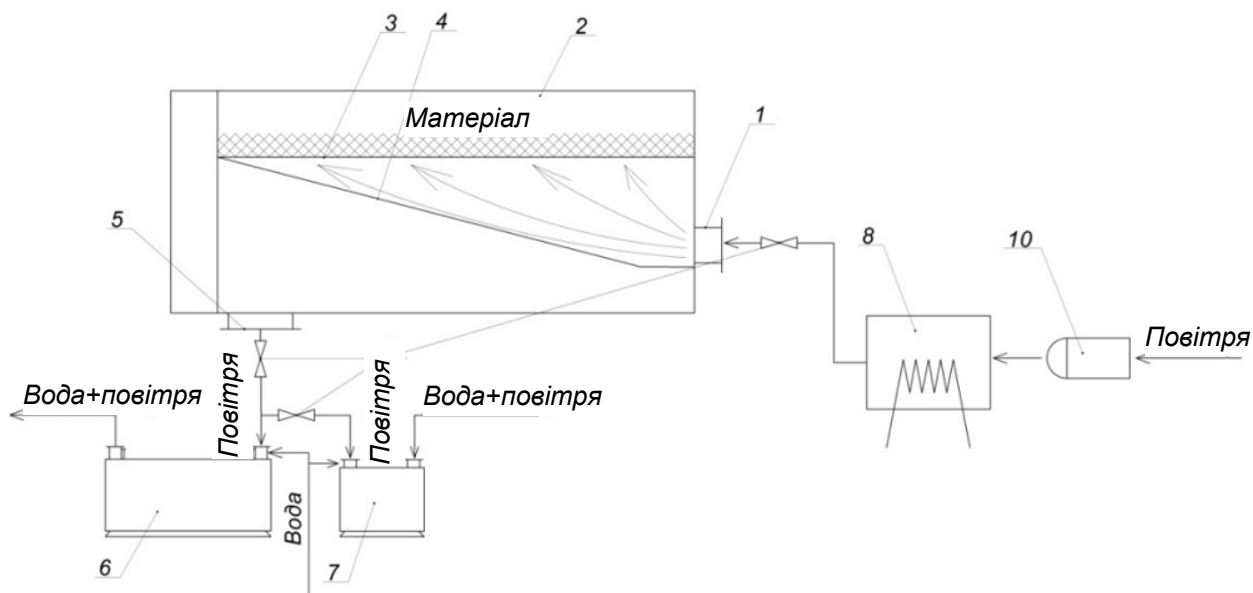


Рисунок 2.7 - Технологічна схема другого ступеня ДКВІС - КВІ сушарка:

КВІ сушарка складається з корпусу сушильної шафи 2, в якому розміщений лоток 4. Подача теплоносія до матеріалу 3 здійснюється двоступінчастим ЖВН 6 в режимі газодувки через фільтр 10, корпус з тенами 8. Створення стадії продувки / вакуумування здійснюється за допомогою кранів 9. Для видалення парогазової фази в момент сушіння під вакуумом в систему введений одноступінчатий ЖВН з регульованим вікном 7.

2.3.2 Основні вимоги пред'являються до процесу сушіння хміле-гарбузової закваски

Підставою при виборі двоступеневого конвективного вакуум імпульсного способу сушіння прийнятий згідно критеріям якості (див. п. 2.1), тобто збереження якості ХГЗ і життєдіяльності дріжджових клітин за рахунок використання низької температури теплоносія, особливо в другому періоді сушіння при збереженні інтенсивного випаровування. Застосування у другому періоді періодичного обдування також є фактором інтенсифікації, від якого залежить тривалість сушіння, що впливає на максимальне збереження БАР в ХГЗ. Інтенсифікація процесу сушіння безпосередньо

пов'язана із застосуванням автоматики. Режимні параметри ДКВІ сушки встановлюються і контролюються за допомогою програми Коло 2000.

2.3.3 Хміле- гарбузова закваска як об'єкт сушіння

Для характеристики ХГЗ, як об'єкта сушіння необхідно знати її теплофізичні характеристики (таблиця 2.3) [71, 72]. Оскільки ХГЗ це багатокомпонентна полідисперсна суміш, то питому теплоємність розрахуємо відповідно до закону адитивності:

$$c_{ХГЗ} = \frac{c_m \cdot Q_m + c_{отр} \cdot Q_{отр} + c_{тыква} \cdot Q_{тыква} + c_{воды} \cdot Q_{воды}}{Q_{ХГЗ}} ; \quad (2.21)$$

$$c_{ХГЗ} = \frac{1220 \cdot 48 + 3977 \cdot 5,2 + 4200 \cdot 43 + 1342 \cdot 15}{105,4} = 2656 \text{ Дж/кг К} ; \quad (2.22)$$

Таблиця 2.3 – Теплофізичні характеристики об'єктів сушки

Найменування показника	Вологість, %	Питома теплоємність Дж/кг К	Густина, кг/м ³	Насипна густина, кг/м ³
Висівки	15	1220	-	260
Гарбуз подрібнений	78	3977	-	-
Вода (відвар хмелю)	100	4200	1000	-
Борошно житнє	11,8	1342	-	547
ХГЗ	60	2656	1050	-

2.3.4 Математична модель процесу двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки, її графічний розв'язок і аналіз

Кінетичний розрахунок процесу двоступеневої сушки ХГЗ, як частини загального технологічного розрахунку, є найважливішим елементом при аналізі апаратурно-технологічного оформлення процесу сушіння, вирішенні завдання по оптимізації процесу [73, 74, 75].

Вибір математичної моделі сушіння рослинної сировини для отримання ХГЗ базується на основі аналізу великої кількості факторів, основними з яких є [39]:

- тепломасопереносні характеристики матеріалу, що висушується;
- кінетичний режим сушки з визначенням основних опорів тепломасопереносу (зовнішня, внутрішня або змішано-дифузійна задача);
- вид застосовуваного сушильного агента;
- принципова схема сушіння;
- тип використовуваної сушарки;
- вид рідини, що випаровується (вода, суміші різних рідин, активні розчинники);
- температурний режим процесу;
- організаційна структура процесу;
- супроводжувальні ефекти агрегування, стирання, відшаровування і т.д .;
- структурна характеристика твердої фази;
- структурні зміни матеріалу в ході процесу;
- дисперсний склад матеріалу;
- форма частинок.

Двоступеневий процес конвективної вакуум-імпульсної сушки здійснюється послідовно [76, 77]. У період з постійною температурою матеріалу сушка ХГЗ відбувається за рахунок конвекції в лотковій сушарці. Момент закінчення періоду визначається повним видаленням поверхневої вологи і підвищенням температури, вище температури мокрого термометра, яка вимірюється датчиком в шматочках гарбуза. [76, 78]. Інтенсивність процесу в цьому періоді визначається параметрами сушильного агента [79, 80, 81] і висотою шару матеріалу. Шар матеріалу ХГЗ представляє собою гетерогенну систему і під теплофізичними характеристиками слід розуміти деякі усереднені (середньостатистичні) характеристики [72]. Для опису нестационарних процесів теплопровідності ХГЗ можна застосувати

диференціальні рівняння, як для суцільного тіла. Тоді за умови сталості тисків ($p = \text{const}$) квазістаціонарний процес волого і теплоперенесення характеризується рівняннями [82,83].

Рівняння тепло- і волого перенесення для двоступеневої КВИС ХГЗ згідно даних А. В. Ликова з урахуванням початкових і граничних умов [57] запишемо в наступному вигляді:

Конвективний ступінь

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial \tau} = D_e \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \\ \frac{\partial T_m}{\partial \tau} = 0 \end{cases}, \quad (2.23)$$

де $\frac{\partial C}{\partial \tau}, \frac{\partial T}{\partial \tau}$ - похідні вологовмісту і температури матеріалу по часу, відповідно; $\hat{c}x$ - одиничний лінійний параметр матеріалу (довжина); $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$ - зміна вмісту вологи по перерізу матеріалу/

Аналіз отриманої системи здійснюємо при початкових і граничних умовах. Початкові умови:

$$C(x,0) = C_0, \quad T_m(x,0) = T_{m.t.}, \quad \tau = 0, \quad 0 \leq x \leq R;$$

Граничні умови:

$$-D_e \rho_0 \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)_{x=R} = \beta_p (p_{\text{п}} - p_c), \quad \tau > 0, \quad x = R;$$

$$\left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)_{x=0} = 0, \quad \tau > 0, \quad x = 0;$$

$$T_m(x, \tau) = T_{m.t.}, \quad \tau > 0, \quad 0 \leq x \leq R; \quad (2.24)$$

Наведений критичний вологовміст є основною характеристикою технологічних властивостей ХГЗ, яка визначає початок періоду падаючої швидкості в наведеній кривій сушки і перехід з першого конвективного ступеню на другий конвективний вакуум-імпульсний ступінь.

Значення приведенного критичного вологовмісту визначаємо поєднанням кривих сушіння і температурних кривих ХГЗ. Критичний вологовміст залежить від початкової вологості матеріалу, режимів конвективного ступеню сушіння ХГЗ - швидкості і температури теплоносія і визначається експериментально.

У період постійної температури, осмотична і капілярно-пов'язана волога переміщуються у вигляді рідини, коефіцієнт дифузії має постійне значення [86]: $D_e = \text{const}$.

Другий ступінь складається з двох стадій. Перша стадія – конвективного нагрівання матеріалу до температури близької до допустимої температури ХГЗ, яка визначається параметрами життєдіяльності дріжджових клітин і збереження БАР [87,88].

Рівняння, що описують конвективне сушіння с урахуванням термодифузії, мають вигляд [57, 89, 90, 91,92]:

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial \tau} = D_e \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \\ c\rho_o \frac{\partial T_m}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 T_m}{\partial x^2} + \varepsilon r\rho_o \frac{\partial C}{\partial \tau}, \end{cases} \quad (2.25)$$

де $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ - друга похідна від температури матеріалу по перерізу матеріалу.

Початкові умови системи (2.25) для першої стадії другого ступеня:

$$C(x, \tau) = f_1(x), \quad \tau = \tau_1,$$

$$T_m(x, 0) = T_{m.t.}, \quad \tau = \tau_1,$$

де $f_1(x)$ - розподіл вологовмісту в кінці періоду постійної температури; граничні умови:

$$\alpha \cdot (T_c - T_{нов.}) - j_{нов.} \cdot r = \lambda \left. \frac{\partial T_m}{\partial x} \right|_{x=R};$$

$$j_{нов.} = \beta_p \cdot (p_{нов.} - p_c),$$

де $j_{\text{пов}}$ - інтенсивність сушки з поверхні матеріалу, кг / (м² с); β_p - коефіцієнт масовіддачі; $p_{\text{пов}}$ - парціальний тиск пари у поверхні матеріалу, Па; p_c - парціальний тиск пари далеко від поверхні випаровування, Па.

Друга стадія - вакуумування в сушильній шафі. Час визначається за формулою:

$$\tau_2 = \sum_{i=1}^n (\tau_{\text{прі}} + \tau_{\text{вак}}), \quad (2.26)$$

де n - число циклів.

З урахуванням особливостей процесу сушіння ХГЗ на стадії вакуумування запишемо систему рівнянь тепло- і масопереносу [54]:

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial \tau} = D_e \cdot \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \delta_t \frac{\partial^2 T_M}{\partial x^2} + \delta_p \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} \right); \\ \frac{\partial T_M}{\partial \tau} = \frac{r \cdot D_e}{2c} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \left(a + \frac{r \cdot D_e \cdot \delta_t}{2c} \right) \cdot \frac{\partial^2 T_M}{\partial x^2} + \frac{r \cdot D_e \cdot \delta_p}{2c} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}; \\ \frac{\partial P}{\partial \tau} = -\frac{D_e}{2c_p} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{D_e}{2c_p} \cdot \delta_p \cdot \frac{\partial^2 T_M}{\partial x^2} + \left(a_p - \frac{D_e}{2c_p} \cdot \delta_p \right) \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}. \end{cases} \quad (2.27)$$

Початкові умови системи:

$$\begin{aligned} C(x, \tau = \tau_2) &= f_2(x), \quad \tau = \tau_2, \\ T_M(x) &= f_3(x); \quad P(x, \tau) = f_4(x, \tau), \end{aligned}$$

і граничні умови:

$$\alpha \cdot (T_c - T_{\text{нов.}}) - j_{\text{нов.}} \cdot r = \lambda \left. \frac{\partial T_M}{\partial x} \right|_{x=R};$$

$$j_{\text{нов.}} = \beta_p \cdot (p_{\text{нов.}} - p_c),$$

де $\frac{\partial P}{\partial \tau}$ - похідна барометричного тиску в часі; $\frac{\partial^2 P}{\partial x^2}$ - друга похідна

барометричного тиску по перерізу матеріалу; $\delta_p = \frac{k_p}{a_m \cdot \rho_0}$; k_p - коефіцієнт фільтраційного переносу вологи; c_p - питома теплоємність матеріалу в залежності від тиску, Дж / кг К.

Дана математична модель ДКВІС розв'язується графічним способом [54]. Розв'язок необхідний для теоретичного і практичного аналізу процесу масо-і теплообміну сушки ХГЗ (рисунок 2.8).

2.3.5 Матеріальний і тепловий баланс двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки

ДКВІС - сушильна установка періодичної дії, тому матеріальний баланс (МБ) складаємо за весь період сушіння. причому МБ послідовно визначаємо для КС і КВІ установок. МБ конвективної сушильної установки:

$$Q'_{\text{ХТЗ}} + L + L \frac{d_1}{1000} = Q_{\text{ХТЗ}}^{КС} + L + L \frac{d_2}{1000}, \quad (2.28)$$

де L - маса сухої частини повітря d_1 - вологовміст повітря на вході в сушарку; d_2 - вологовміст повітря при виході з конвективної сушарки

МБ сушильної установки КВІ:

$$Q_{\text{ХТЗ}}^{КС} + L + L \frac{d_1}{1000} = Q_{\text{ХТЗ}} + L + L \frac{d_3}{1000}; \quad (2.29)$$

кількість випареної вологи конвективної сушильної установки

$$W^{КС} = Q'_{\text{ХТЗ}} - Q_{\text{ХТЗ}}^{КС} = L \frac{d_2 - d_1}{1000}; \quad (2.30)$$

кількість випареної вологи КВІ сушильної установки

$$W^{КВИ} = Q_{\text{ХТЗ}}^{КС} - Q_{\text{ХТЗ}} = L \frac{d_2 - d_1}{1000}. \quad (2.31)$$

Витрати повітря на процес конвективного сушіння кг / год:

$$l^{КС} = W^{КС} \frac{1000}{d_2 - d_1}. \quad (2.32)$$

Витрати повітря на процес КВІ сушки, кг / год:

$$l^{КВИ} = W^{КВИ} \frac{1000}{d_3 - d_1}. \quad (2.33)$$

Кількість випареної вологи є показником продуктивності

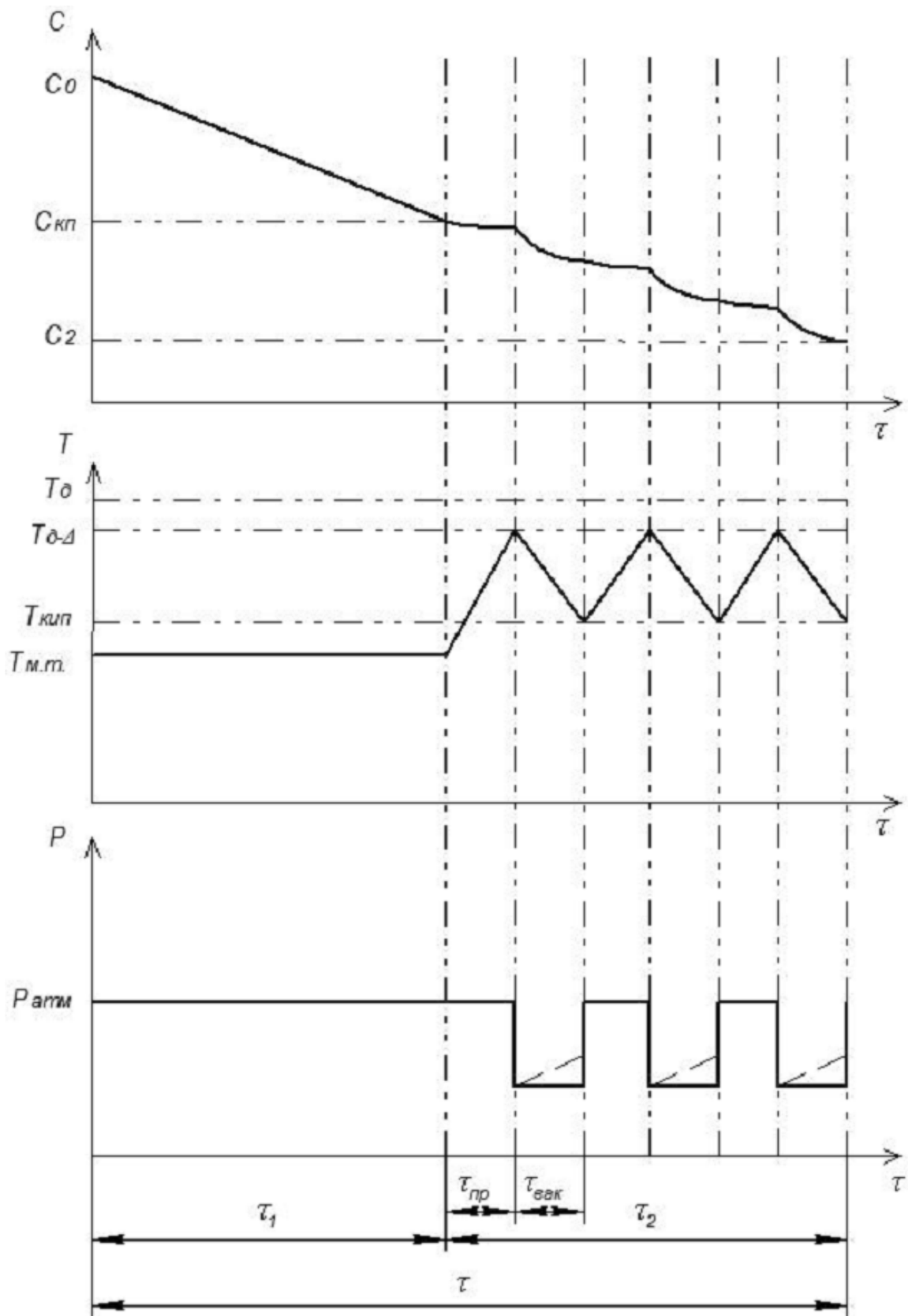


Рисунок 2.8 - Графічне рішення ДКВІ сушки ХГЗ: T_d - допустима температура матеріалу - максимальна температура життєдіяльності

дріжджових клітин; Δ - різниця між допустимою температурою продукту і максимально допустимою температурою, °С

ДКВІС установки. Для порівняння роботи різних сушильних установок їх показник продуктивності відносять до 1 кг випареної вологи. Тоді сумарні витрати повітря на 1 кг випареної вологи визначимо:

$$l = l^{КС} + l^{КВИ} \quad (2.34)$$

2.3.6 Теоретичне визначення тривалості сушіння

Для визначення часу сушіння ХГЗ використовуємо графоаналітичний метод. Метод побудований на аналізі кривої сушки ХГЗ.

Загальний час ДКВІ сушки ХГЗ визначається як сума тривалості першого та другого ступенів:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2, \quad (2.35)$$

Не враховуючи період прогріву матеріалу, уявімо криву сушіння ХГЗ, як криву сушіння типового колоїдного капілярно-пористого вологого матеріалу (рисунок 2.9).

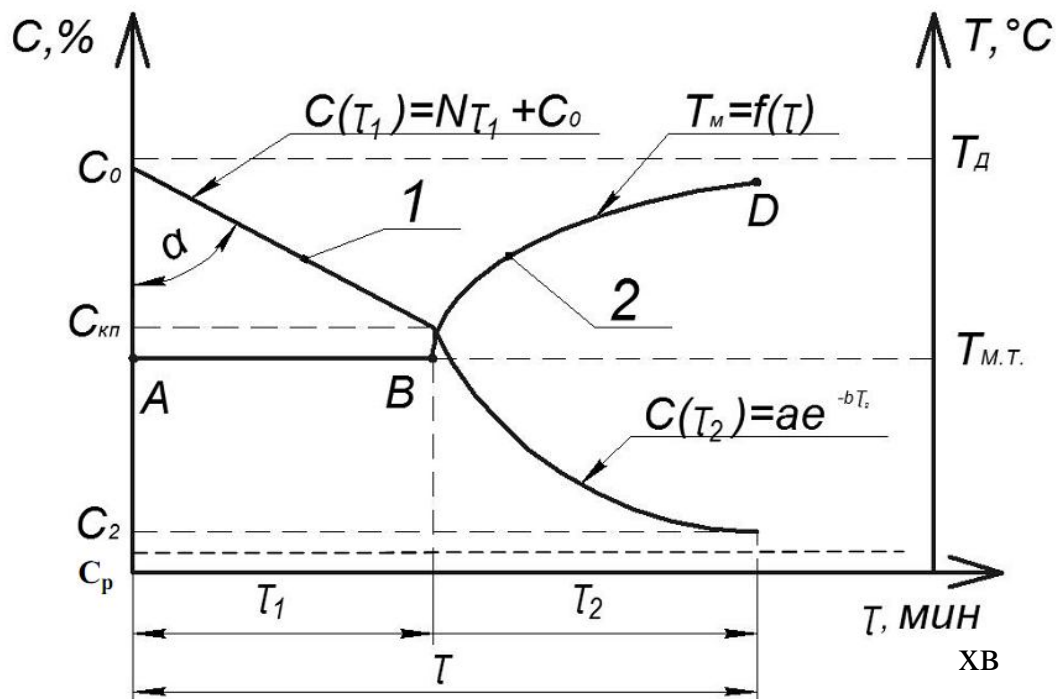


Рисунок 2.9 - 1 - Крива сушіння ХГЗ; 2 - Крива температури ХГЗ

Розглядаючи криву сушіння ХГЗ, визначимо два періоди сушки: періоди постійної температури матеріалу (крива АВ) і падаючої швидкості сушки (крива BD). Вологовміст (точка В), відповідне переходу періоду постійної температури в період падаючої швидкості є критичним вмістом вологи СКП і, як зазначалося в п. 2.2.3, визначається експериментально для різних температур і швидкостей теплоносія.

На рисунку 2.10 представлена крива швидкості сушіння, з якої випливає, що швидкість в періоді постійної температури не змінюється, а в періоді падаючої швидкості зменшується за експоненціальним законом. Апроксимуємо ділянки кривої сушки рівняннями ліній першого і другого порядку відповідно отримаємо:

$$C_{кн} = N\tau_1 + C_0, \quad (2.36)$$

де C_0 - початкова вологовміст, %; N - швидкість зміни вмісту вологи, % / хв.

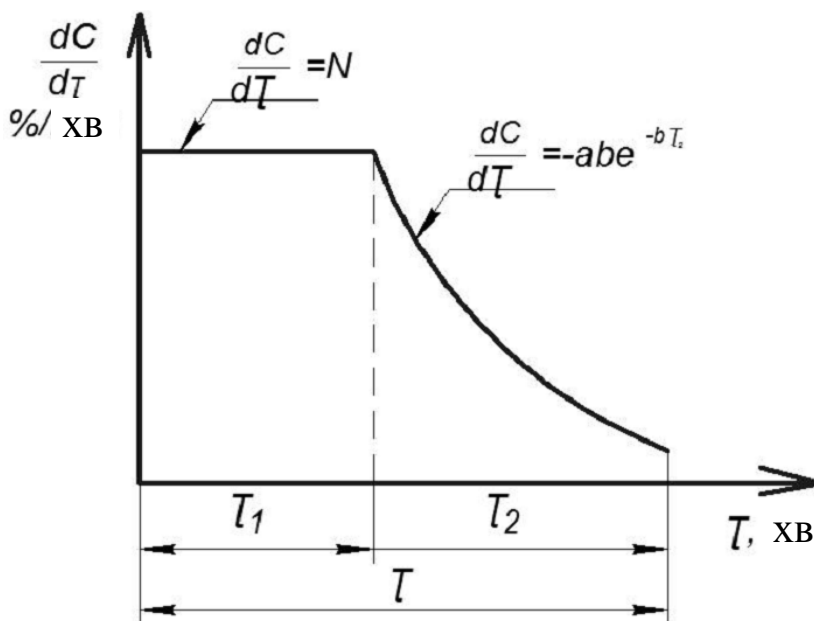


Рисунок 2.10 - Крива швидкості сушіння

Як відомо, у періоді постійної температури матеріалу швидкість сушіння має постійне значення для визначеного режиму сушіння [92]. При

зміні режиму сушіння, змінюється тангенс кута нахилу кривого сушіння і, відповідно, змінюється значення швидкості сушіння

$$\operatorname{tg}\alpha = f(V_{\tau}, T_{\tau}, \varphi, q) \quad (2.37)$$

$$\frac{dC}{d\tau_1} = \operatorname{tg}(90 - \alpha) = -\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} = N \quad (2.38)$$

$$C(\tau_1) = C_{\text{кп}} = N\tau_1 + C_0 \quad (2.39)$$

$$C_{\text{кп}} = -\operatorname{tg}\alpha \cdot \tau_1 + C_0 \quad (2.40)$$

$$\tau_1 = (C_0 - C_{\text{кп}})\operatorname{tg}\alpha \quad (2.41)$$

Тангенс кута нахилу кривого сушіння ХГЗ залежить від швидкості, температури і вологості теплоносія, питомої навантажувальної здатності сушіння (висоти шару) і визначається експериментально.

Показники C_0 , τ_1 , $C_{\text{кп}}$, N рівняння (2.43) повинні задовольняти співвідношенню:

$$C(\tau) = a \cdot e^{-b\tau},$$

При цьому необхідно ввести обмеження:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} C(\tau) = \lim_{\tau \rightarrow \infty} a \cdot e^{-b\tau} = C_p; \quad C_2 \geq C_p, \quad (2.42)$$

де C_p - рівноважний вологовміст, %, залежить від вологості і температури повітря і визначається експериментально.

$$C(\tau_1) = C_{\text{кп}} = a \cdot e^{-b\tau_1}.$$

Сформулюємо задачу Коші у виді:

$$\frac{dC}{d\tau} = \begin{cases} N, & \text{при } \tau \leq \tau_1, \\ -a \cdot b \cdot e^{-b\tau}, & \text{при } \tau \geq \tau_1, \\ C_{\text{кп}} = C(\tau_1) \end{cases} \quad (2.43)$$

Після перетворення виразимо коефіцієнти a , b :

$$\frac{N}{C_{\text{кп}}} = \frac{-a \cdot b \cdot e^{-b\tau_1}}{a \cdot e^{-b\tau_1}};$$

$$\frac{N}{C_{\text{кп}}} = -b; \quad b = -\frac{N}{C_{\text{кп}}}.$$

Підставивши знайдені коефіцієнти в другий вираз системи (2.46) рівнянь одержимо:

$$C_{\text{кп}} = a \cdot e^{-\frac{N}{C_{\text{кп}}}\tau_1}. \quad (2.44)$$

Виразивши коефіцієнт a з даного рівняння одержимо:

$$a = \frac{e^{-\frac{N}{C_{\text{кп}}}\tau_1}}{C_{\text{кп}}}; \quad (2.45)$$

$$C = \frac{e^{-\frac{N}{C_{\text{кп}}}\tau_1}}{C_{\text{кп}}} \cdot e^{-\frac{N}{C_{\text{кп}}}\tau_1}. \quad (2.46)$$

Перетворивши отриманий вираз одержимо формулу для визначення тривалості сушіння:

$$\tau = \tau_1 + \frac{C_{\text{кп}}}{N} \ln(C_{\text{кп}} C_2). \quad (2.47)$$

Максимальний час сушіння визначається рівноважним вологовмістом і з огляду на рівняння (2.41) знайдемо час сушіння τ_p при якому кінцева вологість матеріалу досягає рівноважної вологості $C_2 = C_p$ при

$$\lim_{\tau \rightarrow \tau_p} C_2 = C_p;$$

$$\tau_p = \tau_1 + \frac{C_{\text{кп}}}{N} \ln(C_{\text{кп}} \cdot C_p).$$

3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень виробництва сухої хмеле- гарбузової закваски

Метою проведення експериментальних досліджень є перевірка основних теоретичних припущень і висновків, визначення оптимальних режимів сушіння ХГЗ, а також виявлення раціонального співвідношення інгредієнтів у ХГЗ, що не удалося одержати при теоретичних дослідженнях.

Для досягнення поставленої мети були розв'язані задачі:

- 1) експериментального визначення фізико-хімічних властивостей борошна, використовуваного для виробництва ХГЗ;
- 2) визначення впливу інгредієнтів (висівок і гарбуза) на якість ХГЗ;
- 3) експериментального доведення можливості використання гарбуза як живильного середовища для розвитку мікроорганізмів хмелевої закваски спонтанного шумування;
- 4) визначення кількості закваски необхідної для замісу тіста;
- 5) дослідження показників якості і безпеки хліба зробленого з використанням ХГЗ;
- 6) виявлення раціональних параметрів сушіння ХГЗ;
- 7) установлення оптимального терміну збереження сухої ХГЗ.

Схема експериментальних досліджень приведена на рисунку 3.1.

Експериментальні дослідження проводяться в 4 етапи. На першому визначається програма і методика. На другому етапі вивчаються фізико-хімічні властивості борошна, розробляється технологія і визначаються технологічні параметри виробництва закваски на основі хмелю чи гарбуза.

На третьому етапі визначаються режими сушіння, проводиться корегування отриманих даних у залежності від результатів спробних випічок



Рисунок 3.1 – Схема проведення експериментальних досліджень

хліба. На заключному етапі визначається термін збереження сухої закваски, її дозування і розробка науково - технічної документації.

3.2 Методика експериментальних досліджень

готування хміле-гарбузової закваски

Для виробництва закваски, збагаченої рослинними компонентами, і хліба на її основі, використовували сировину, що відповідає вимогам безпеки [93, 94].

Сировина, використовувана в експериментальних дослідженнях відповідало вимогам діючих нормативних документів ГОСТ [95 - 101].

Крім того, проводилися лабораторні дослідження якості використовуваного борошна, при цьому визначалися: вологість, кислотність і сила борошна [103..105], число падінь і органолептичні показники якості [106..108]. Добір середньої проби борошна проводився відповідно до ГОСТ 27668-88 [109].

У роботі застосовували стандартні (загальноприйняті) методи дослідження фізико - хімічних властивостей сировини, матеріалів, напівфабрикатів і готового продукту.

Хлібопекарську закваску, на основі гарбуза і хмелю аналізували за фізико-хімічними (вологістю, титрованою кислотністю, піднімальною силою) і мікробіологічними показниками.

Кислотність визначали стандартним методом титрування, використовуючи як індикатор - метиловий жовтогарячий.

Піднімальну силу визначали загальноприйнятим методом "кульки", відраховуючи час у хвиликах з моменту опускання кульки тесту (закваска і борошно в співвідношенні 1:1) у воду до моменту його спливання на поверхню.

Вологість визначалася на приладі - аналізаторі вологості MB 23 виробництва компанії Ohaus (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Аналізатор вологості MB 23

При визначенні вологості на ваги приладу встановлюють чашки і зважують на них 5 г. досліджуваного зразка, закривають кришку приладу.

Далі установлюють необхідну температуру і час висушування (135°C, час "auto"). На табло з'являється значення вологості продукту в початковий момент часу це "0.00%". По закінченню висушування видається звуковий сигнал, а на табло висвітлюється час висушування і вологість матеріалу.

При установленні автоматичного підбора часу (режим "auto") висушування навішення продовжується доти, поки маса матеріалу не стане постійною (швидкість втрати маси матеріалу менш 1 мг за 60 сек.).

Для оцінювання метаболічної активності дріжджів використовуються показники: життєздатність (кількість живих кліток) і фізіологічна активність.

Життєздатність кліток визначається методами культивування і способами фарбування.

Метод фарбування полягає у фарбуванні препарату метиленовим синім, котрий під дією ферментів відновлюється живими дріжджовими клітками до безбарвних з'єднань. У такий спосіб відображається життєздатність дріжджів (мертві клітки офарблюються в синій колір) [110].

Для визначення кількості мертвих кліток на предметне скло наносять по одній краплі дріжджової суспензії і розчину метиленової сині (1:5000). Краплю закривають покривним склом і через 2 хв, спостерігають пофарбований препарат за допомогою мікроскопа. Живі клітки безбарвні і світло-блакитні, мертві - яскраво-темно-сині. У полі зору мікроскопа рахують загальну кількість дріжджових кліток, потім тільки сині, після чого препарат пересувають і підрахунок ведуть у новому полі зору. Після підрахунку обчислюють кількість мертвих кліток у відсотках.

Також життєздатність дріжджових кліток оцінюється по кількості КТО (колониєтвірних одиниць) після їхнього культивування протягом 5 - 7 днів при температурі 27°C.

Після одержання ХГЗ заданих характеристик її змішували з висівками для одержання необхідної вологості (60%) і висушували до вологості в 8-10%. Висушену закваску одержували шляхом видалення вологи на ДКВИС.

На рисунку 3.3 представлена схема першого ступеню - конвективного сушіння.

Спроекована конвективна сушарка в процесі сушіння дозволяє визначати і регулювати такі параметри:

- витрату повітря через вентилятор за допомогою заслінки 5;
- споживану потужність електродвигуна і тена за допомогою перетворювача частоти TOSHIBA VFP7;
- температуру матеріалу за допомогою мультиметра Ресанта DT 838;

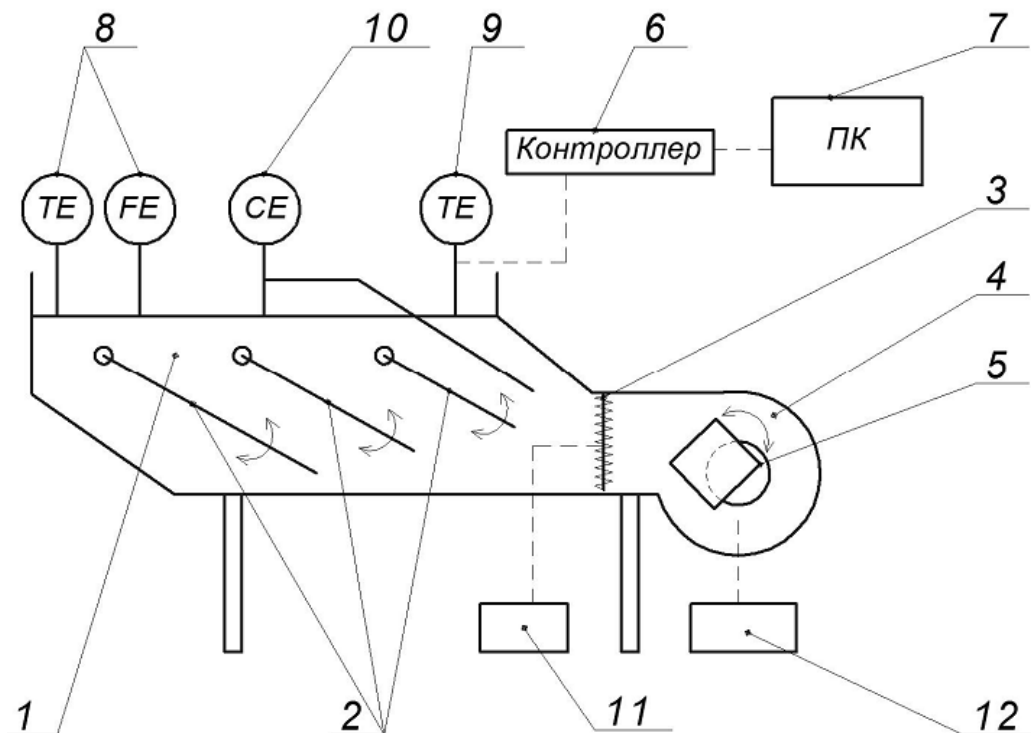


Рисунок 3.3 - Схема конвективної лоткової сушарки першого ступеню: 1 - сушарка конвективна лоткова; 2 - заслінки регулювання рівномірності потоку повітря; 3 - ТЕН; 4 - вентилятор радіальний; 5 - заслінка; 6 - контролер; 7 - персональний комп'ютер; 8 - датчик швидкості і температури теплоносія; 9 - датчик температури матеріалу; 10 - датчик вологовмісту; 11 - регулятор потужності; 12 - частотний перетворювач.

- швидкість і температуру теплоносія за допомогою термоанемометра ТТМ-2;
- вміст вологи в повітряному потоці за допомогою гігрометрів (Роса-

10/M1);

У розробленій експериментальній установці застосовується регулятор струму TOSHIBA, що дає можливість вимірювати споживану електродвигуном і нагрівачем тенового типу потужність, струм, напругу в однофазному і трифазному ланцюгах змінного струму при рівномірному і нерівномірному навантаженнях. Температура повітряного потоку вимірюється ХК термопарою. Швидкість повітряного потоку визначається за допомогою датчика швидкості потоку повітря. Вміст вологи в повітряному потоці на вході і виході вимірюється за допомогою гігрометрів.

По завершенню першого ступеню сушіння настає друга, у якій відбувається поглиблення поверхні випарювання вологи тому більш доцільно використовувати конвективне вакуум-імпульсне сушіння (рисунок 3.4).

Сушильним агентом у КВІС сушарці є атмосферне повітря, що нагрівається за допомогою ТЕНів 4. На вхідному і вихідному патрубках сушильної шафи установлені вакуумні клапани 5 і 6 відповідно. Для керування подачею води у вакуумному насосі використовується клапан 7. Контроль температури сушильного агента, що надходить у шафу, а також матеріалу, що безпосередньо висушується, здійснюється за рахунок термопар 9 і 8. Зміна маси продукту, що висушується, фіксується за допомогою ваг з межею вимірювання від 1 до 2000 г.

Усі контрольно-вимірювальні прилади мають аналоговий або цифровий вихід на програмно-технічний комплекс (ПТК), що являє собою сукупність мікропроцесорних контролерів, пристрою зв'язку з об'єктом і дисплейним пультом оператора. Для реєстрації, автоматичного контролю і сигналізації основних параметрів конвективної установки використовуються промислові контролери "ICPCON" і модулі введення-виведення серії I-7000 компанії "ICPDAS". Ці пристрої мають модульне виконання, можуть працювати при температурі навколишнього середовища від -25 до +65°C. Для збирання і відображення інформації у виді графіків, цифрової інформації в табличному виді з контролерів "ICPCON" і модулів введення-виведення і

процесі конвективного сушіння використовується пакет програм для візуалізації вимірювальної інформації на дисплеї персонального комп'ютера.

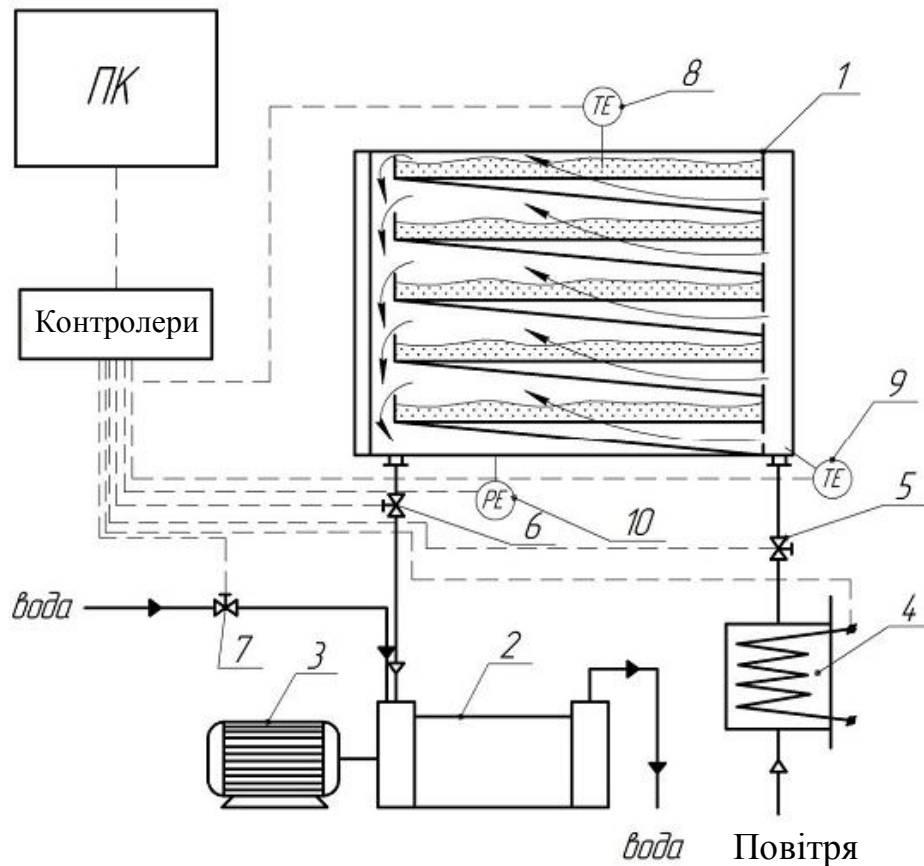


Рисунок 3.4 - Схема експериментальної установки для конвективного вакуум-імпульсного сушіння: 1 - сушильна шафа; 2 - рідиннокільцевий вакуум-насос; 3 - електродвигун; 4 - ТЕНи; 5, 6, 7 - клапани; 8, 9 - термопари; 10 - вакуумметр

3.3 Методика проведення експериментальних досліджень сушіння хмеле-гарбузової закваски й обробка результатів

Для сушіння ХГЗ конвективним вакуум-імпульсним способом були використані закваска вологістю 60 і 70%, що складається з борошна, води, хмелю, гарбуза й висівок. Різний вміст води досягався шляхом варіювання кількості висівок.

Закваска являє собою колоїдний капілярно-пористий матеріал із вмістом води від 60 до 70 %. Закваска завантажувалася на лоток

конвективної сушарки рівномірним шаром таким чином, щоб питоме навантаження складало не більше $q = 10 \text{ кг/м}^2$ [92]. Подача сушильного агента (повітря) здійснювалась перпендикулярно матеріалові, відносна вологість повітря не більш $\varphi = 0,3 - 0,5$ [92]. Висушуємо закваску до вологості 8-12%, що дозволяє зберігати її в звичайних умовах тривалий час.

ХГЗ зважувалася і підсушувалася в конвективній сушарці до критичного вологовмісту, що відповідає температурі в шматочку гарбуза, потім ХГЗ досушувалася в КВІС. Закваска рівномірно розподіляється на лотках сушильної шафи й обдувається гарячим повітрям з температурою нижчою припустимої для життєдіяльності дріжджових клітин.

Після стадії продувки-нагрівання подача сушильного агента припиняється й у сушильній шафі створюється вакуум (стадія вакуумування). Паралельно відбувається інтенсивне випарювання вологи з ХГЗ, для видалення пари, що утворилася, вмикається додатковий ЖКН із регульованим нагнітальним вікном. Відбувається інтенсивне випарювання вологи й охолодження ХГЗ до температури нижчої температури випарювання при даному вакуумі ($p_{\text{ост}} = 5 \text{ кПа}$), потім відбувається чергування стадій нагрівання і вакуумування.

Періодично для оцінки зміни вологості здійснюється зважування матеріалу. Дані про температуру теплоносія, шаруючи матеріалу і тиску усередині вакуумної шафи протягом усього процесу сушіння фіксувалися і зберігалися на персональному комп'ютері за допомогою системи "Коло 2000", основними функціями якої є:

- збір поточної інформації від контролерів або інших приладів і пристроїв;
- первинна (обчислювальна і логічна) обробка вимірювальної інформації;
- архівування і збереження поточної інформації, і її подальша необхідна обробка;

- представлення поточної й попередньої інформації на дисплеї (реалізація динамізованих мнемосхем, гістограм, анімаційних зображень, таблиць, графіків, трендів);

- введення і передача команд і повідомлень оператора в контролери й інші пристрої системи;

- реєстрація всіх дій оператора;

- роздруківка звітів і протоколів довільної форми в задані моменти часу.

Отримані результати апроксимувались багаточленом виду відповідно до формули (2.41):

$$f(V,T) = a + bV + cV^2 + dVT .$$

Багаточлен отриманий за результатами апроксимації використовується для розрахунків визначення часу і режимів сушіння ХГЗ, критичного вологовмісту.

Похибка прямих вимірів визначається за шкалою приладу, на якому здійснюється вимірювання. Для виключення випадкових похибок проводиться серія однакових вимірювань і з масиву даних вибирається середнє значення [111].

Систематичні похибки прямих вимірювань фізичних величин, у свою чергу, складаються з похибок:

- настановних;

- інструментальних;

- суб'єктивних;

- методу вимірювання.

При проведенні експериментальних досліджень основну частку складає похибка методу вимірювань, а настановними, інструментальними і суб'єктивними похибками можна знехтувати.

У процесі експериментального дослідження здійснювалося кілька вимірів контрольованих величин, потім визначалося середнє арифметичне значення, наприклад, величини температури матеріалу

$$\bar{t}_M = \frac{\sum_{i=1}^n t_{M i}}{n}. \quad (3.1)$$

Потім визначалася середньоквадратична похибка результату серед вимірювань

$$\delta S_{\bar{t}_M} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta t_{M i})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

де $\delta t_{M i} = (\bar{t}_M - t_{M i})$ - похибка i -го вимірювання; n - кількість вимірювань; величини $\delta S_{\bar{t}_M}^2$ є оцінкою дисперсії $\sigma_{\bar{t}_M}^2$ при дуже великій кількості вимірювань ($n \rightarrow \infty$). Для того, щоб оцінити границі довірчого інтервалу користуються коефіцієнтом Стюдента t_α , величина якого залежить від коефіцієнта довірчої імовірності α і числа вимірів n [112]. Похибка виміру величини температури тоді прийме вид

$$\delta t_M = t_\alpha \cdot \delta S_{\bar{t}_M}. \quad (3.3)$$

Результат виміру з довірчою імовірністю α можна записати

$$t_M = \bar{t}_M \pm \delta t_M. \quad (3.4)$$

Відносна похибка вимірювань температури всмоктування

$$\varepsilon_{t_M} = \pm \frac{\delta t_M}{t_M}. \quad (3.5)$$

Для визначення похибок непрямих вимірювань, необхідно знати функціональні залежності, що зв'язують результати прямих вимірювань та їх похибки. Абсолютне значення похибок результатів непрямих вимірювань визначалося по формулі

$$\delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)^2 \delta a^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)^2 \delta b^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial c}\right)^2 \delta c^2 + \dots} \quad (3.6)$$

Відносна похибка результатів непрямого вимірювання

$$\varepsilon_f = \frac{\delta f}{f} \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_f = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial a} \ln f\right)^2 \delta a^2 + \left(\frac{\partial}{\partial b} \ln f\right)^2 \delta b^2 + \left(\frac{\partial}{\partial c} \ln f\right)^2 \delta c^2 + \dots} \quad (3.8)$$

Коефіцієнт довірчої імовірності приймаємо рівним $\alpha=0,95$ [112].

Таким чином, у результаті проведеного експериментального дослідження сушіння ХГЗ у КВІС були отримані результати, похибки вимірювань яких не перевищували 3-5%, з довірчою імовірністю 0,95. Така точність є припустимою в технічному експерименті [114].

3.4 Методика експериментальних досліджень аналізу хліба "Український новий" з використанням сухої ХГЗ

Для комплексної оцінки якості висушеної закваски її використовували при виробництві хліба в лабораторії пекарні індивідуального підприємця Ларионова П. Н. Для проведення досліджень житньо-пшеничне тісто готували з пшеничного борошна другого сорту і житнього обдирного борошна, на сухій заквасці збагаченій рослинним компонентом (м'якоть гарбуза) вологістю 8-10%. Тісто для пшенично-житнього хліба замішували вологістю 48-52 %.

Сіль вводили в сухому виді, у кількості 1,5% до маси борошна.

Кількість сухої закваски варіювалося 10, 20, 30 % від маси борошна, використовуваної при замішуванні. Суху закваску заливали теплою водою (50% від необхідної на заміс тіста) і залишали на 30-40 хвилин для набрякання, потім масу перемішували, одержуючи однорідний напівфабрикат. Замішане тісто залишали для шумування на 100 - 120 хвилин,

потім його обробляли ручним способом. Заготовки поміщали в спеціальні форми і залишали в розстойній камері на 60 хвилин, при цьому контролювали вологість (80 - 85%). Випічку проводили в люлечній печі при температурі 200 - 220 °С у продовж 45 - 50 хвилин. Випечений хліб охолоджували до кімнатної температури.

Органолептичну і фізико-хімічну оцінку проводили через 10-12 годин після випічки. Фізико-хімічні аналізи проводили за методиками, приведеними у ГОСТ:

- пористість м'якушки за ГОСТ 5669-96. Хлібобулочні вироби. Метод визначення пористості. Для чого використовували пробник Журавльова [115];

- титровану кислотність м'якушки визначали арбітражним методом за ГОСТ 5670-96 Хлібобулочні вироби. Методи визначення кислотності [116];

- вологість м'якушки визначали за допомогою приладу - аналізатора вологості MB23 виробництва компанії Ohaus (США).

Крім того, проводили бальну оцінку органолептичних показників відповідно до методики [64]. При цьому, кожен показник оцінювався за п'ятибальною шкалою: 1 - незадовільний, 2 - недостатньо задовільний, 3 - задовільний, 4 - гарний, 5 - відмінний. Крім того, кожен з показників якості має коефіцієнт вагомості, що показує важливість критерію оцінки. Якість виробу оцінюється як сума балів, розрахована за наступною формулою:

$$k_0 = \sum_{i=1}^{i=n} m_i \cdot x_i ; \quad (3.9)$$

де k_0 - сумарна оцінка (не більш 100), бали; m_i - коефіцієнт вагомості; x_i - оцінка кожного показника по п'ятибальній шкалі, бал.

У таблиці 3.1 приведені розглянуті показники і значення їхньої вагомості.

У готовому виробі визначали кількість мікро- і макроелементів. Для цього використовували прилад "Капель 105 М", принцип роботи якого

оснований на міграції і поділі компонентів рідкої суміші в капілярі під дією електричного поля.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнти вагомості для різних показників якості хліба

Найменування показника	Коефіцієнт вагомості	Оцінка, бали
Об'єм хліба	3,0	1-5
Правильність форми	1,0	1-5
Колір кірки	1,0	1,5
Стан поверхні кірки	1,0	1-5
Колір м'якша	2,0	1-5
Структура пористості	1,5	1,5
Структурно-механічні властивості м'якша	2,5	1-5
Запах	2,5	1-5
Смак	2,5	1,5
Розжувуваність	1,0	1,5

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СУХОЇ ХМІЛЄ- ГАРБУЗОВОЇ ЗАКВАСКИ

4.1 Фізико-хімічні властивості сировини, використовуваної для виробництва хмілє-гарбузової закваски

У процесі проведення експериментів використовувалося 5 різних партій пшеничного борошна другого сорту і 4 партії житнього обдирного борошна. При визначенні якості сировини було встановлено, що пшеничне борошно цілком задовольняє вимогам ГОСТ Р 52189-2003 [95], а житнє борошно - вимогам ГОСТ Р 52809-2007 [96]. Результати оцінки фізико-хімічних показників якості пшеничного борошна представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Результати оцінки фізико-хімічних показників якості пшеничного борошна

Показник	Номер партії					Норма
	№1	№2	№3	№4	№5	
Вологість, %	13,4	14,8	13,6	14,5	13,2	14,5
Сила борошна	середня	середня	середня	середня	середня	середня
Кількість падінь, сек	280	260	270	250	240	Більше 160

З отриманих даних видно, що використовуване борошно було середньої сили і мало незначні відхилення по вологості, тому при замісі тесту проводилося додаткове корегування.

Число падіння (ЧП) - показник активності α -амілази. Даний показник широко використовується для характеристики хлібопекарських властивостей житнього борошна. Останнім часом ЧП використовується і для характеристики пшеничного борошна.

ЧП дозволяє зробити висновок про вміст у борошні крохмалю й активності ферментів, що розщеплюють крохмаль, (амілаз).

Аналіз результатів показує, що з досліджуваного борошна, можливо, одержати хліб з високими показниками якості.

У таблиці 4.2 приведені результати органолептичної оцінки якості пшеничного і житнього борошна.

Таблиця 4.2- Результати органолептичної оцінки якості борошна

Показник якості	Пшеничне борошно другого сорту	Житнє обдирне борошно
Колір	Білий з жовтуватим або сіруватим відтінком	Сірувато-білий або сірувато-кремовий з вкрапленням часток оболонки зерна
Запах	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не плісневий	Властивий житньому борошну, без сторонніх запахів, не кислий, не гіркий
Смак	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий, без хрусту	Властивий житньому борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не плісневий, без хрусту

Дані приведені в таблиці 4.2 показують, що борошно цілком відповідало вимогам ГОСТ [95, 96], не мало стороннього кольору, смаку і запаху.

У таблиці 4.3 приведені результати оцінки фізико-хімічних показників якості житнього обдирного борошна.

Таблиця 4.3 - Результати оцінки фізико-хімічних показників якості житнього борошна

Показник якості	Номер партії				Норма
	№1	№2	№3	№4	
Вологість, %	11,6	11,6	11,8	12	Не більше 14,5
Кількість падінь, сек	185	180	175	185	Не більше 140

На відміну від пшеничного борошна в житньої не визначається сила борошна. Згідно приведених даних житнє борошно відповідає вимогам пропонованим ГОСТ.

4.2 Вплив різних інгредієнтів на якість хміле-гарбузової закваски

Введення в рецептуру м'якоті гарбуза позитивно впливає на показники якості закваски. При визначенні піднімальної сили закваски з різним вмістом гарбуза була встановлено (таблиця 4.4.), що збільшення дозування гарбуза спричиняє зменшення часу підйому кульки (рисунок 4.1).

Таблиця 4.4 - Вплив величини дозування гарбуза на якість ХГЗ

Показник якості	Вміст гарбуза у заквасці до маси борошна, %			
	1	3	5	7
Підйомна сила, хв	30	28	17	15
Вологість, %	70	68	73	75
Кислотність, град	9	8,5	8	8

Зменшення часу спливання кульки пояснюється тим, що завдяки своєму високовуглеводному складу гарбуз є відмінним джерелом живильних речовин для розвитку дріжджових клітин. Крім того наявність у гарбузі великої кількості ферменту - ліпоксигенази, що здатна окисляти ненасичені жирні кислоти з двома і більш подвійними зв'язками (лінолеву, ліноленову) з утворенням гідропериксидів.

Перекуси, як відомо, є сильними окислювачами, що значно впливають на стан білково-протеїназного комплексу борошна [25].

Експериментальні дослідження показують, що найкращі показники якості має закваска з максимальним вмістом м'якоті гарбуза - 7%, але спробні випічки хліба з отриманої закваски не відповідали вимогам якості: м'якушка хліба - клекла, створюється враження непропіченості, при цьому не

спостерігалось загартування. Це обумовлено високим вмістом пектину в м'якоті гарбуза, що поглинає значну кількість води.

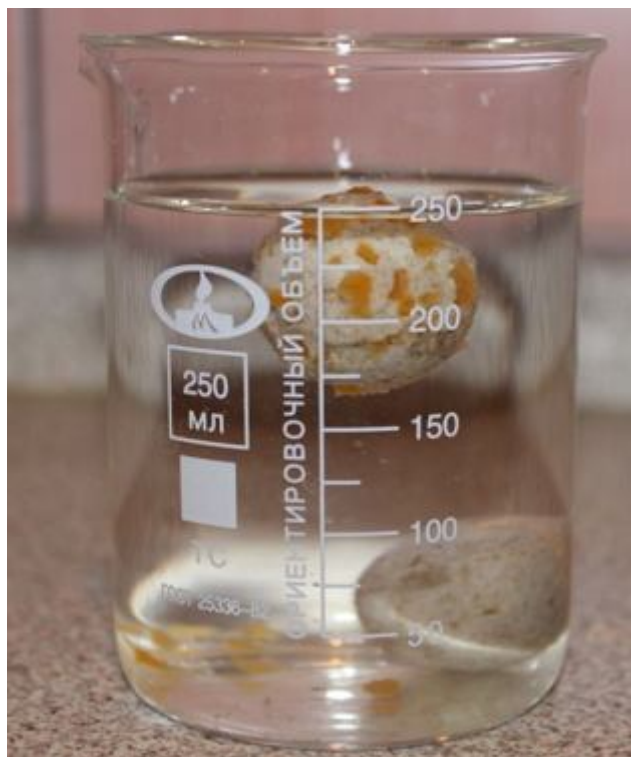


Рисунок 4.1 - Визначення піднімальної сили закваски методом "кульки"

Таким чином, встановлено, що оптимальне співвідношення гарбуза в рецептурі хліба "Український" повинне складати 5% від маси борошна. Наступним етапом розробки рецептури закваски з'явилося дослідження впливу висівок на якість готового продукту. Відповідно до теоретичного розрахунку приведеному у 2.1 для одержання закваски вологістю 60% потрібно 12 % висівок. У результаті проведення спробої випічки одержали виріб з показниками якості, представленими в таблиці 4.5.

Таким чином, експериментально підтверджений теоретичний розрахунок. Оптимальна вміст висівок для одержання закваски вологістю 60% складає 12% від маси використовуваного борошна.

4.3 Результати мікробіологічного аналізу хміле-гарбузової закваски

Використовуючи методику, представлену в п. 3.2.3 визначили, що КОЕ дріжджових клітин складає 26 КОЕ/м закваски, а молочнокислих 76

мікроорганізмів - $1,3 \cdot 10^6$ КОЕ/ м закваски. Важливою характеристикою закваски є кількість бродильної мікрофлори. У складі закваски були виявлені наступні мікроорганізми: дріжджі пологів *Saccharomyces* і *Schizosaccharomyces*, а також молочнокислі мікроорганізми пологів *Lactobacillus* і *Streptococcus*.

Таблиця 4.5 - Результати дослідження якості хліба Український новий на основі сухий ХГЗ з вмістом висівок 12%

Досліджуваний показник	Результат вимірів	Припустиме значення
Пористість м'якушки	52	не більш 58
Кислотність м'якушки	7,5	не більш 9,0
Вологість м'якушки	46	не більш 49,0

Гарбуз є високовуглеводневим продуктом. Це - додаткове джерело харчування для дріжджових кліток. Закваска, що містить гарбуз, має більш високу бродильну здатність, містить меншу кількість дріжджів, ніж суха закваска. Це можна пояснити тим, що в процесі сушіння гине основна кількість прокаріотів, тоді як дріжджові клітки виживають у випробуваних режимах.

При висушуванні закваски відбувається різке зниження активності дріжджових клітин при температурі більш 40°C . Фізіологічно активні клітини відсутні при нагріванні до 65°C у продовж 30 - 35 хвилин; 70°C – 15 - 20 хв.; 75°C - 10 - 15 хв (рисунок 4.2); 80°C - 5 - 10 хв. Більш висока температура викликає практично відразу ж загибель клітин. Повна загибель дріжджових клітин настає, навіть при короткочасному впливі температури 85°C . При найбільш ошадливому режимі сушіння 70% клітин залишається у фізіологічно активному стані.



Рисунок 4.2 - Мікрофотографія пофарбованих дріжджових клітин

4.4 Дослідження показників якості і безпеки хліба, отриманого з використанням сухий хмелю-гарбузової закваски

Нами було проведено дослідження хліба "Український новий", зробленого на основі сухої ХГЗ, на відповідність вимогам ГОСТ [117] і Технічного регламенту "Про безпеку харчової продукції" [93]. Також проводилася оцінка органолептичних показників якості хліба, отриманого з використанням дріжджів пресованих і сухий ХГЗ. Результати оцінки представлені в таблиці 4.6, 4.7.

Аналіз результатів досліджень показує, що досліджуваний зразок відповідає вимогам безпеки і може бути допущений до масового виробництва для широкого кола споживачів. Відповідно до рецептури (див. таблицю 2.1) для досягнення необхідної концентрації гарбуза й висівок у хлібі (5,6 і 12% відповідно) з урахуванням усадки матеріалу під час сушіння рекомендуємо при замісі вносити суху ХГЗ у кількості 20% від маси борошна. При цьому попередньо її необхідно активувати шляхом заливання теплою водою на 7-8 годин.

Таблиця 4.6 - Результати фізико-хімічних досліджень якості хліба "Український новий"

Показник якості	Хліб Український новий		
	На хмілевій заквасці спонтанного шумування	На сухій ХГЗ	Значення за ГОСТ
Вологість м'якушки, %	48	47,3	Не більш 49
Кислотність м'якушки, град	9	8	Не більш 9,0
Пористість, %	56	54,7	Не більш 58
Органолептична оцінка, бали	86	86	

В результаті проведення дослідів, було визначено вміст мікро- і макроелементів у готовому хлібі (таблиця 4.7), що підтвердило теоретичні розрахунки.

Таблиця 4.7 Вміст мікро- і макроелементів у хлібі

Найменування зразка	P ₂ O ₅	Fe	K	Ca	Mg	Вологість %
	мг / 100 м сухого продукту					
Хліб український новий	510,9± ±30,1	7,6± ±0,7	234,0± ±21,2	53,9± ±4,7	86,8± ±6,2	40,6
Хліб український новий на сухій ХГЗ	658,5± ±32,8	11,2± ±1,0	315,5± ±32,1	57,3± ±4,8	108,8± ±8,1	42,0
Добова норма споживання, мг/сут	800	13	2500	1259	400	

4.5 Визначення терміну збереження сухої ХГЗ

Для визначення терміну збереження сухої ХГЗ виявляли динаміку зміни її якісних показників у продовж 35 тижнів, при збереженні ХГЗ у відкритому виді в приміщенні. Для виявлення якості збереженої закваски визначали вологість закваски, її піднімальну силу після активування

протягом 7 - 8 годин. Також проводили спробну випічку хліба. Результати фізико-хімічного аналізу представлені в таблиці 4.8.

Таким чином, виявлено, що після збереження закваски понад 30 тижнів змінюються її якісні показники: погіршується піднімальна сила, різко змінюється якість хліба, отриманого з її використанням. Потрібно більш тривалий час для розстійки напівфабрикатів, хліб виходить низький, із прісним смаком. У результаті проведених експериментів вважаємо, що раціональний термін збереження сухий ХГЗ складає 6 місяці у відкритому виді при температурі 15-25 °С.

Таблиця 4.9 - Результати визначення терміну збереження сухої ХГЗ

Найменування показника	Термін збереження, тижні						
	5	10	15	20	25	30	35
Вологість, хв	10	12	15	15	15	15	15
Піднімальна сила, хв	16	15	15	20	24	30	50
Оцінка хліба, бал	83	85	88	79	80	82	65

4.6 Результати експериментальних досліджень двоступінчастої конвективної вакуум-імпульсної сушки хміле-гарбузової закваски

Попередні експериментальні дослідження показали, що режим сушіння ХГЗ повинний бути ощадливим, оскільки при температурі понад 45°C відбувається різке зниження активності дріжджових клітин. Досліджено вплив початкової вологості ХГЗ на тривалість сушіння при постійній вологості повітря, температурі і швидкості теплоносія. Установлено, що при зменшенні початкової вологості ХГЗ з 70 до 60% при температурі теплоносія 46°C, швидкості - 2,5 м/с і вологості повітря 30...50 % зменшується критичний вологовміст з 30 до 25%, а тривалість всього сушіння скорочується в 2 рази (рисунок 4.3, 4.4).

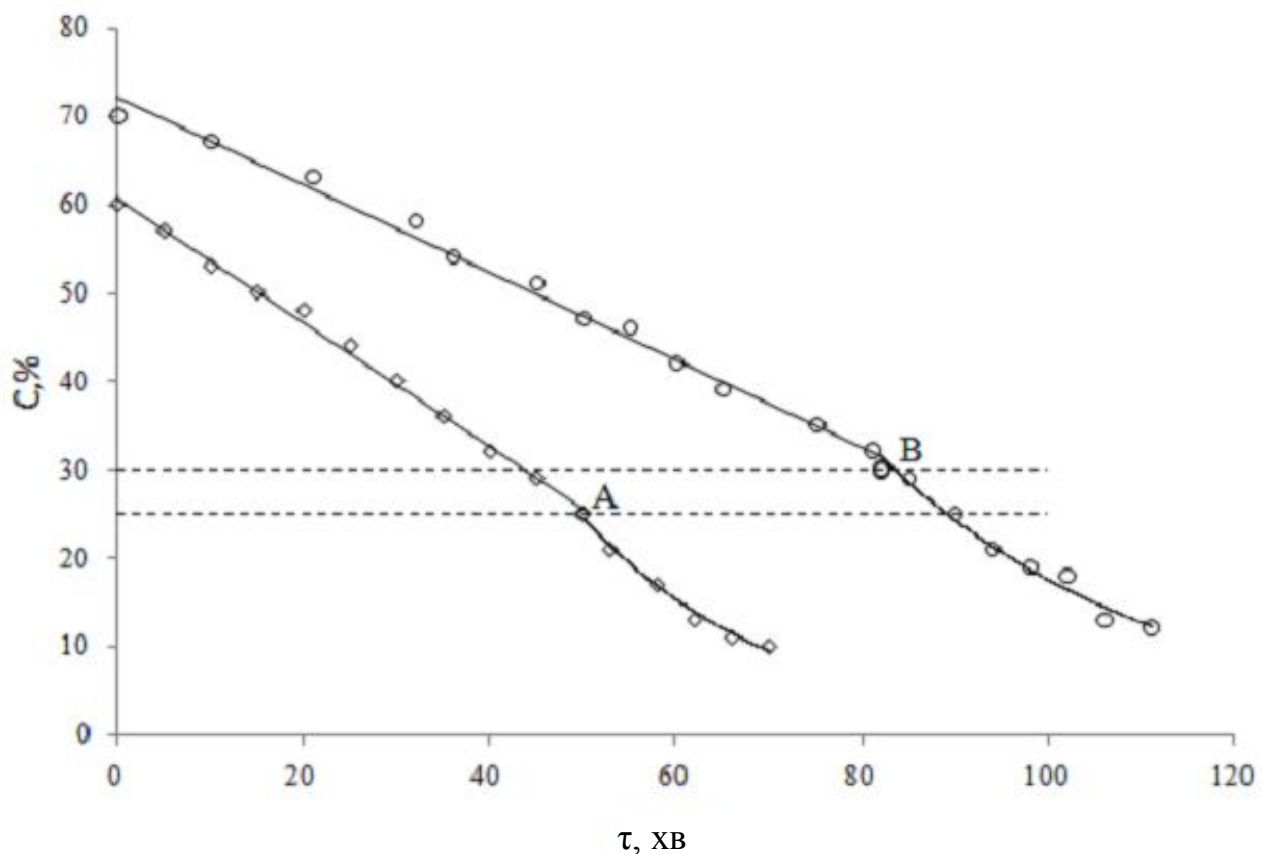


Рисунок 4.3 - Криві сушіння ДКВІС при різній початковій вологості матеріалу: \diamond - $C_n=60\%$, \circ - $C_n=70\%$. А, В – точки, відповідні критичному вологовмісту

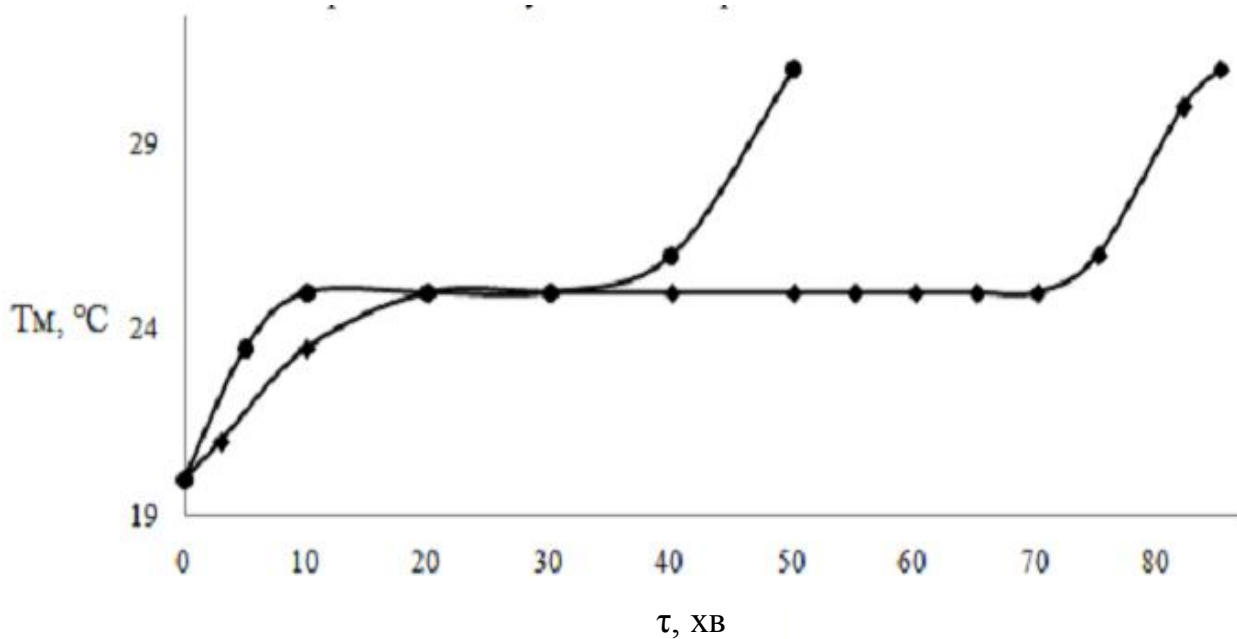


Рисунок 4.4 - Криві температури сушіння ХГЗ при різній початковій вологості матеріалу: \bullet - $C_n=60\%$; \blacklozenge - $C_n=70\%$

У теж час крива сушіння описується в періоді постійної температури прямою лінією, що плавно переходить в експонентну криву для періоду падаючої швидкості. Значний вплив здійснює швидкість повітря. Так, збільшення швидкості повітря при температурі теплоносія 46°C від 1 м/с до 2,5 м/с скорочує тривалість процесу сушіння в 1,6 рази. У теж час, збільшення швидкості до понад 3 м/с приводить до віднесення часток ХГЗ, що вимагає зміни конструкції сушарки.

Обробка результатів дослідів по сушінню ХГЗ показала, що приведений критичний вологовміст в інтервалі температур 30 - 50 °С, при відносній вологості 30 - 50%, швидкості теплоносія 1 - 2,5 м/с практично не змінюється і відповідає $C_{кп} = 25\% \pm 0,5\%$ (рисунок 4.5, 4.6).

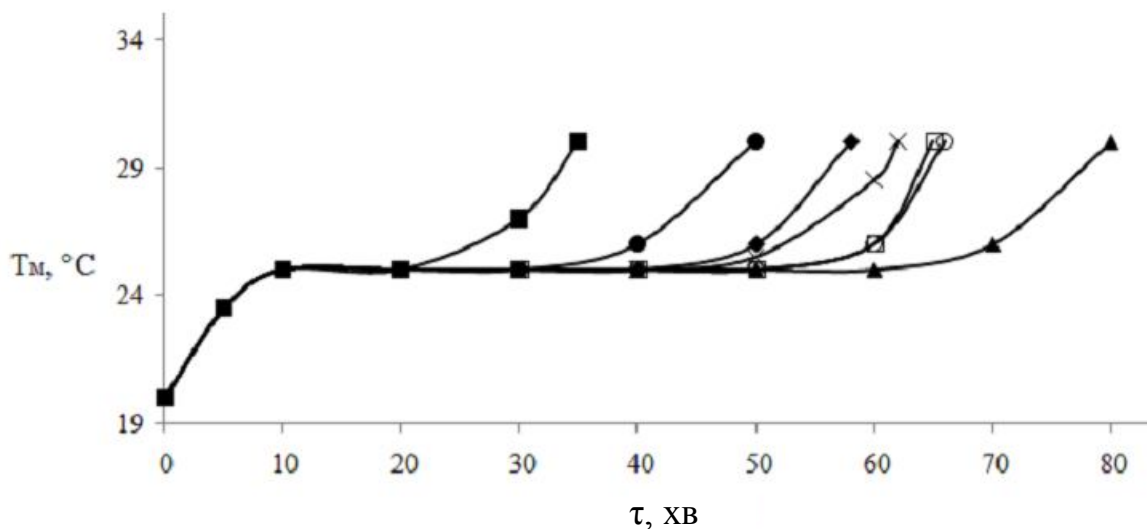


Рисунок 4.5 - Температурні криві матеріалу при різних режимах сушіння в періоді постійній температурі: ■ 51 °С, 2,5 м/с; ● 46 °С, 2,5 м/с; ◆ 46 °С, 2 м/с; × 46 °С, 1,5 м/с; □ 46 °С, 1 м/с; ○ 40 °С, 2,5 м/с; △ 36 °С, 2,5 м/с

У результаті обробки експериментальних досліджень отримана крива сушіння з раціональними режимами періоду постійної температури матеріалу (швидкість - 2,5 м/с, температура - 46°C) і падаючої швидкості сушіння (мінімальною тривалістю процесу (5 циклів): три цикли по 120 с і два цикли 100 с, для стадії витримки під вакуумом 5 циклів по 120 с. При

такому сушінні ХГЗ максимально зберігається активність дріжджових кліток і хлібопекарські властивості закваски (рисунки 4.7, 4.8).

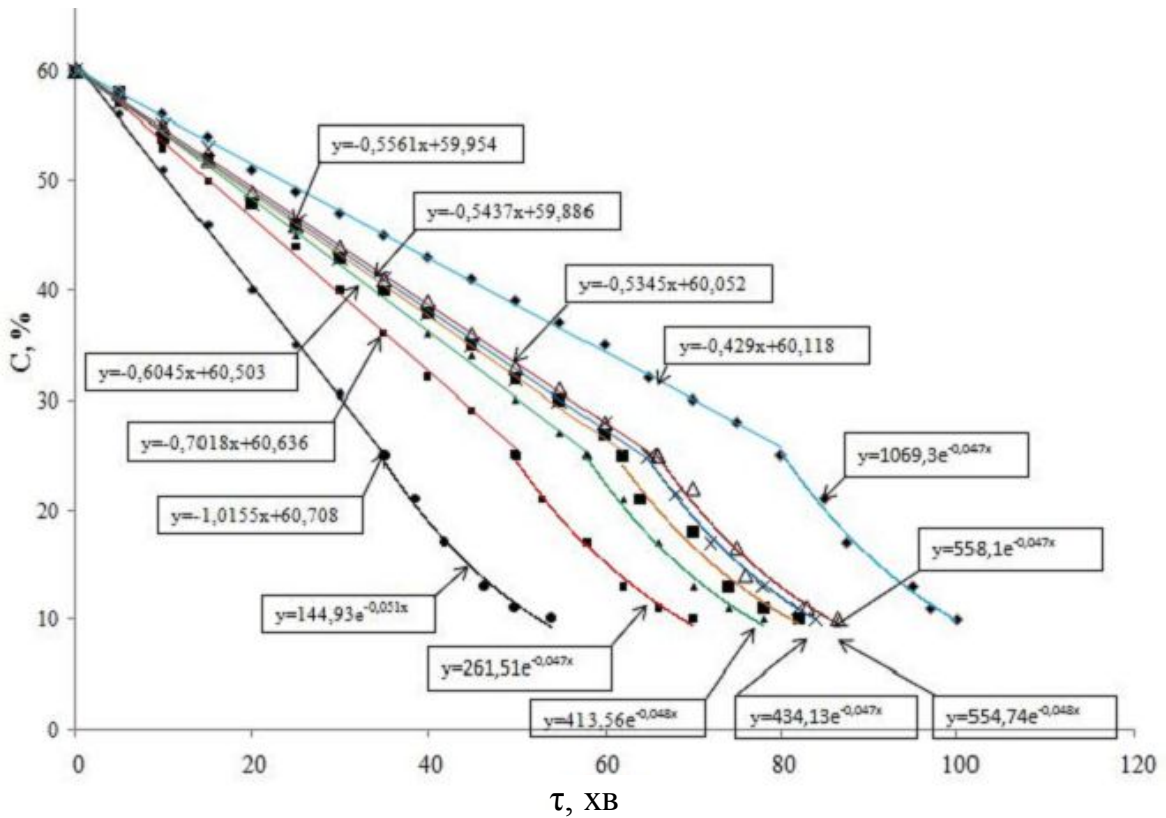


Рисунок 4.6 - Криві сушіння ХГЗ при різних режимах: ● 51 °С, 2,5 м/с; ■ 46 °С, 2,5 м/с; ▲ 46 °С, 2 м/с; × 46 °С, 1,5 м/с; △ 46 °С, 1 м/с; ▲ 40 °С, 2,5 м/с; ◆ 36 °С, 2,5 м/с

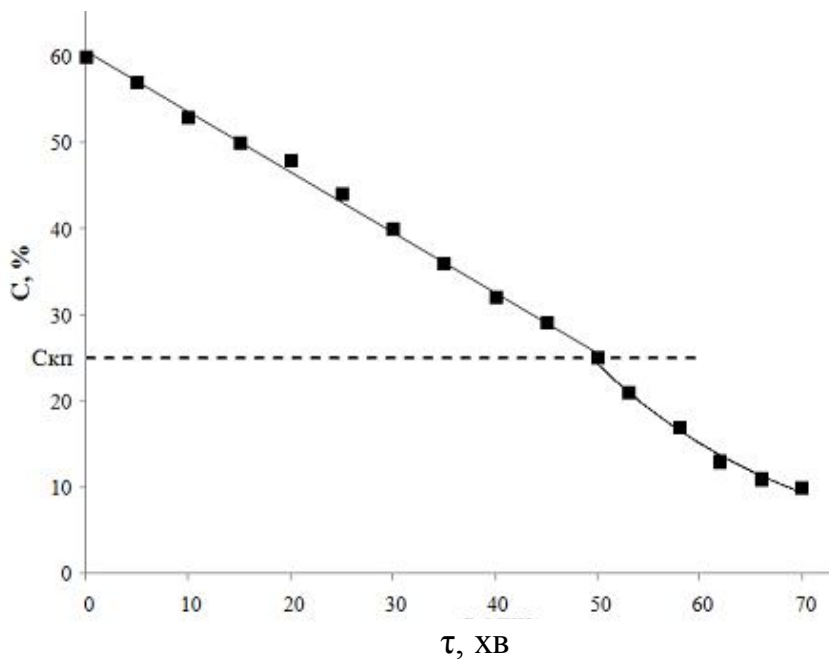


Рисунок 4.7 - Крива сушіння ХГЗ при раціональному режимі: ■ 46 °С, 2,5 м/с

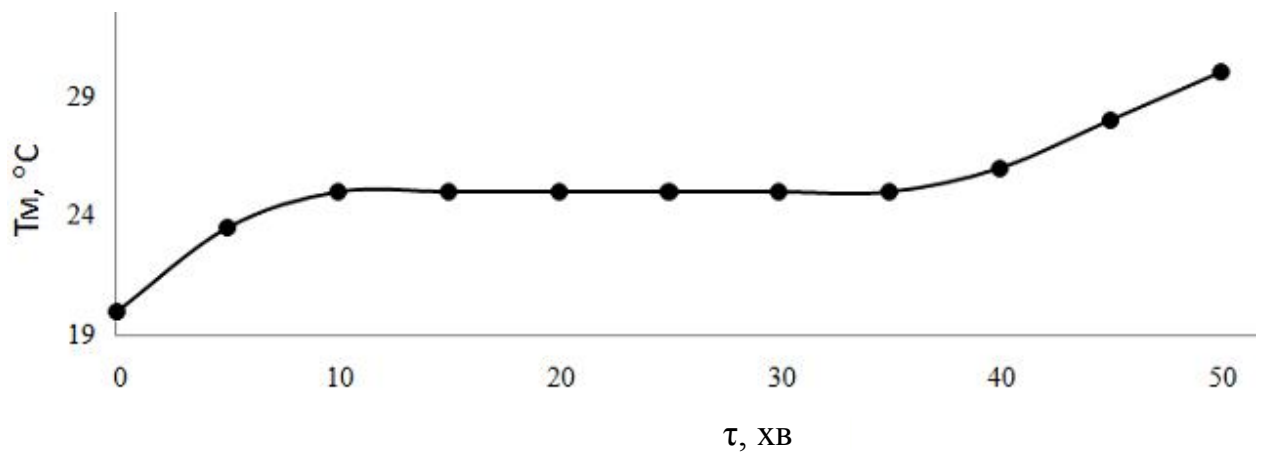


Рисунок 4.8 - Крива температури матеріалу для сушіння при раціональному режимі : ● 46 °C, 2,5 м/с

Експериментально отримані залежності впливу швидкості (рисунок 4.9) і температури теплоносія (рисунок 4.10) на величину тангенса кута нахилу кривої сушіння періоду постійної температури матеріалу.

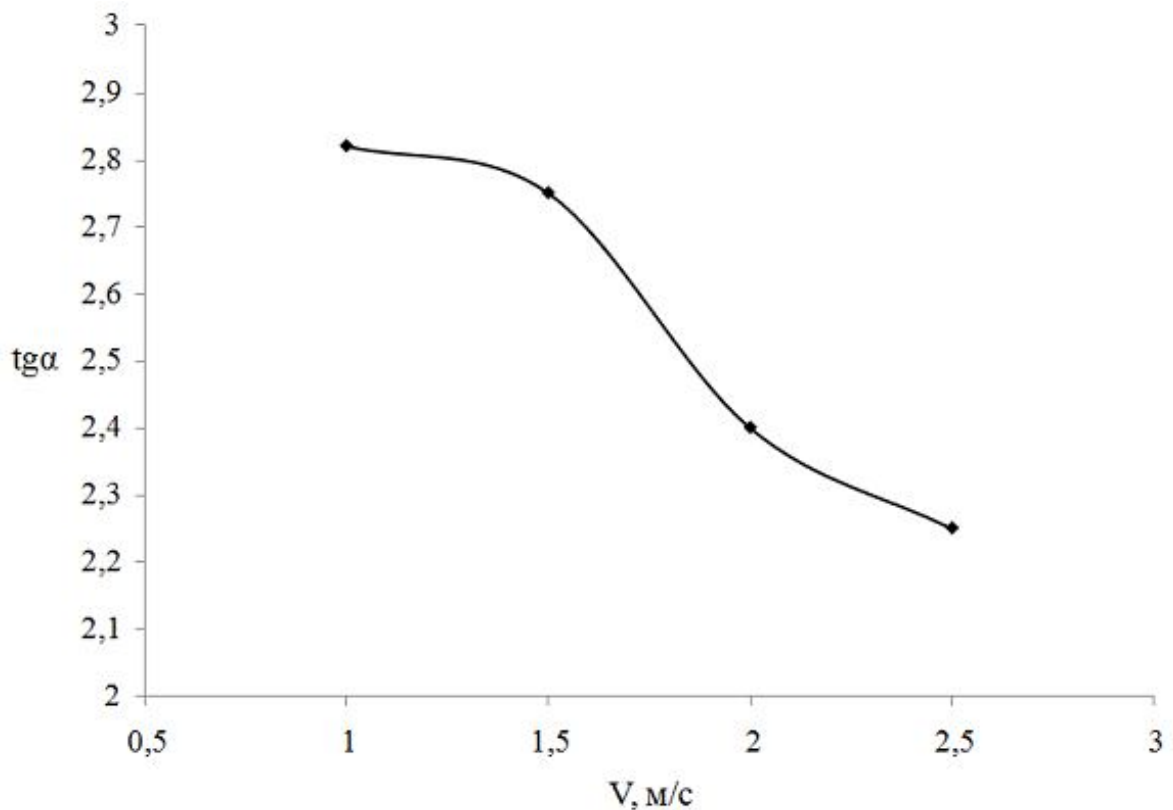


Рисунок 4.9 - Залежність $tg\alpha$ від V у періоді постійної температури матеріалу і температурі теплоносія $T_T=45^\circ\text{C}$

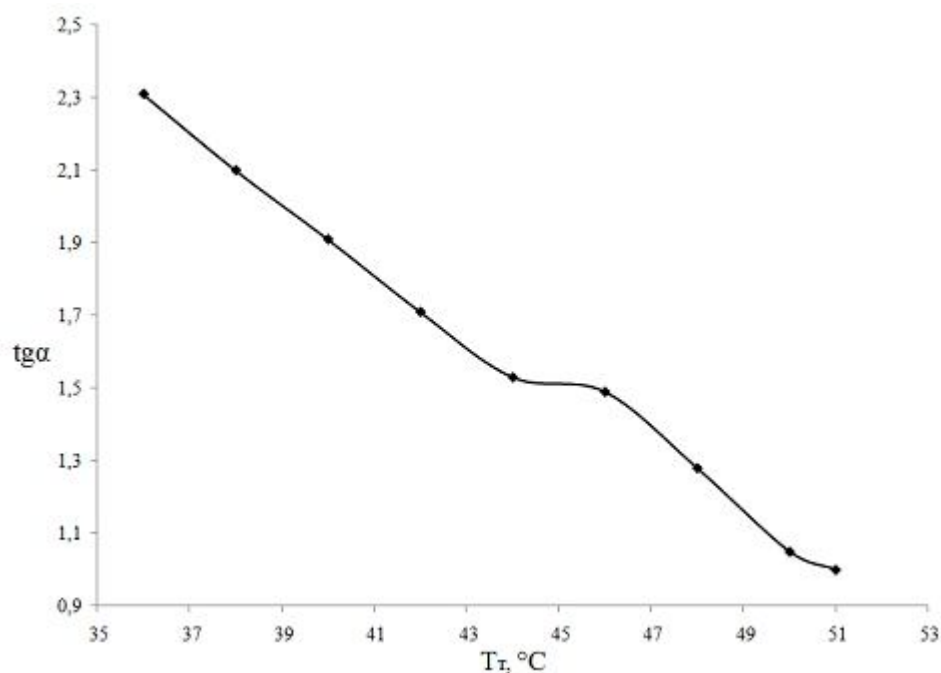


Рисунок 4.10 - Залежність $tg\alpha$ від T_r у періоді постійної температури матеріалу при швидкості теплоносія $V=2,5$ м/с

Результати теоретичних і експериментальних досліджень кута нахилу кривої конвективного сушіння, як визначального фактора її тривалості показують, що процес є складним, багатомірним, кінематику якого визначають конструктивний і режимний параметри сушарки.

Для визначення величини кута нахилу кривої сушіння використані багатofакторні методи планування, як найбільш раціональні. Для рішення цих задач застосовувалося центральне композиційне ортогональне планування другого порядку [118]. На основі проведених експериментальних досліджень отримане регресійне рівняння зміни значення тангенса кута нахилу кривої сушіння періоду постійної температури ХГЗ у залежності від швидкості і температури теплоносія:

$$tg\alpha = 7,14 - 0,21 \cdot V - 0,14 \cdot V^2 + 8,45 \cdot 10^{-3} \cdot V \cdot T - 0,13 \cdot T + 1,97 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 \quad (4.1)$$

Для визначення коефіцієнтів регресії експериментальні дані оброблялися по методу найменших квадратів за допомогою програмного пакета Maple. Коефіцієнт апроксимації дорівнює 2,8% що підтверджує

високу статистичну значимість отриманого рівняння. Поверхня відгуку регресійної залежності представлена на рисунку 4.11.

З аналізу отриманого рівняння випливає:

- обидва варійованих фактора мають рівноцінний вплив на тангенс кута нахилу кривої сушіння періоду постійної температури і як наслідок на його тривалість;

- у заданому діапазоні варіювання рівняння не має екстремума, отже оптимальне значення тангенса кута нахилу лежить на границі поверхні: $V=2,5$ м/с і $T_T=51$.

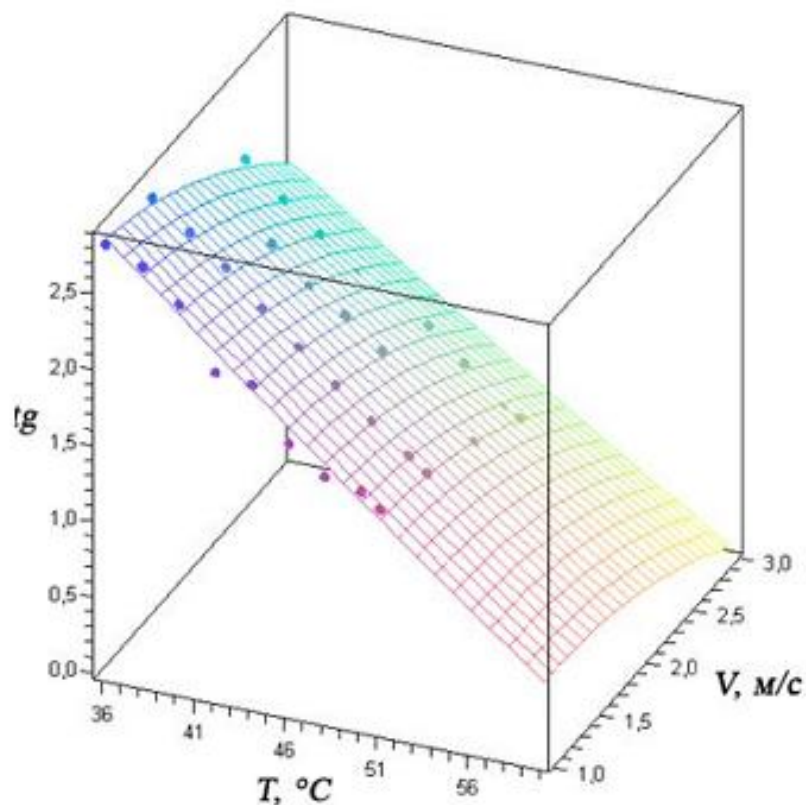


Рисунок 4.11 - Поверхня відгуку регресійної залежності $\text{tg}\alpha$ від температури T и швидкості V теплоносія

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА СУХОЇ ХМЕЛЮ- ГАРБУЗОВОЇ ЗАКВАСКИ

5.1 Технологічна лінія для виробництва сухої хмеле-гарбузової закваски

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень розроблена лінія для одержання сухої ХГЗ (рисунок 5.1), що дозволяє одержати продукт із максимальним збереженням усіх БАВ і мінімальними енерго- і трудозатратами [119].

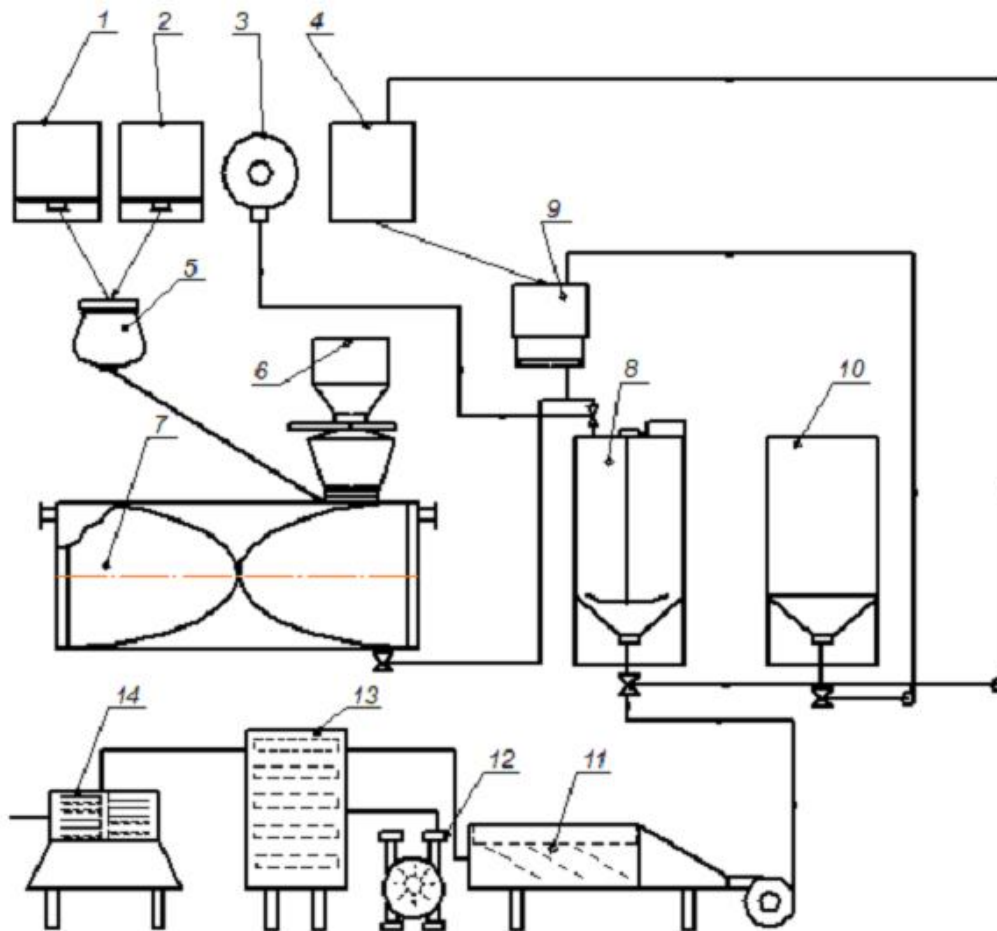


Рисунок 5.1 - Технологічна лінія одержання сухої ХГЗ: 1, 2 - напірні бачки для холодної і гарячої води відповідно, 3 - бункер-дозатор для здрібненого гарбуза, 4 - ємність для рідкої хмеле-гарбузової закваски, 5 - дозатор рідких компонентів, 6 - дозатор сипких компонентів, 7 - заварювальна машина, 8 - дріжджовий чан, 9 - дозувальна станція, 10 - вакуумний випарник, 11 - конвективна сушарка, 12 - насос, 13 - вакуумно-імпульсна шафа, 14 - дробарка

Пропонована лінія складається з двох ділянок: перша ділянка містить у собі устаткування для виробництва закваски в рідкому виді: напірні бачки, бункер-дозатор для здрібненого гарбуза, ємність для рідкої хмелю-гарбузової закваски, дозатор рідких і сипких компонентів, заварювальна машина, дріжджовий чан, вакуумний випарник. Друга ділянка складається з устаткування для одержання сухої ХГЗ: конвективна сушарка, вакуумний насос, вакуумно-імпульсна шафа, дробарка.

Для організації безперервної потокової роботи виробництва ХГЗ устаткування основних процесів повинне бути підібрано таким чином, щоб при завершенні одного процесу починався інший, або щоб за один цикл роботи устаткування виконувалося кілька повних циклів роботи іншого устаткування. Така організація виробництва можлива при строгому розрахунку продуктивності і надійності устаткування, тобто з усіх критеріїв продуктивність основного устаткування є найбільш значимим, при цьому, для допоміжного устаткування важливими критеріями є якість, надійність енергетичні і матеріальні витрати.

Для виробництва сухої ХГЗ необхідно підібрати і, якщо буде потрібно, розрахувати і виготовити наступне устаткування:

- 1) устаткування для підготовки гарбуза: мийку, овочерізку, подрібнювач, дозатор;
- 2) устаткування для приготування закваски: дозатори, чани/бункера для шумування закваски з місильним органом;
- 3) устаткування для сушіння ХГЗ: сушильну машину, дозатори, дробарку.

Для підготовчого етапу основним процесом є шумування, для якого потрібно підібрати бродильний чан. Необхідну місткість ємності розраховуємо за формулою (2.11.). При цьому ємність повинна мати місильний орган і теплову сорочку, крім того повинні бути враховані критерії надійності, енергоємності, якості [63].

Випарник підбираємо виходячи з його продуктивності, що розраховуємо по формулі (2.15), з урахуванням критеріїв інтелектуалізації, продуктивності, надійності, енергоємності, якості [63].

Допоміжні процеси на цьому етапі - мийка, відчищення, здрібнювання. Мийну машину вибираємо виходячи з критеріїв продуктивності, надійності, енергоємності, технологічності [63]. Тут найбільш важливим є критерій якості, що характеризує ступінь очищення продукту.

Для основного етапу виробництва процес, що лімітує – це сушіння закваски. Устаткування для сушіння підбирається виходячи з продуктивності, що розраховується по формулі (2.12) і критеріїв продуктивності, матеріалоємності, енергоємності, технологічності, якості, інтелектуалізації [63]. При цьому основним показником є критерій якості, тобто можливість максимально зберегти БАВ, що утримуються в гарбузі, не порушуючи життєдіяльності дріжджових кліток.

До допоміжних операцій віднесемо здрібнювання. Подрібнювач вибираємо виходячи з продуктивності, обчисленої за формулою (2.14) і критеріїв надійності, енергоємності, якості, інтелектуалізації [63]. Основним критерієм є якість, тобто ступінь помелу, що характеризується середнім розміром часток i , що враховує можливість збереження БАВ, які можуть руйнуватися при перевищенні припустимої температури матеріалу, що подрібнюється.

Приведена методика вибору (розрахунку) устаткування на основі аналізу запропонованих критеріїв дозволяє вибрати найбільш вигідні варіанти компонування лінії виробництва ХГЗ необхідної продуктивності і якості одержуваного продукту. Розроблено програму в середовищі Microsoft Visual Studio Express 2013 мовою програмування C# з можливістю збереження і поповнення бази даних, що реалізується за допомогою Microsoft SQL Server. Використання даної програми дозволить істотно знизити витрати на проектні роботи з обліком нових інноваційних розробок у даному напрямку.

Відповідно до описаної методики, за допомогою автоматизованої програми був проведений зразковий розрахунок. За результатами роботи програми підібране устаткування, результати представлені на рисунку 5.2.

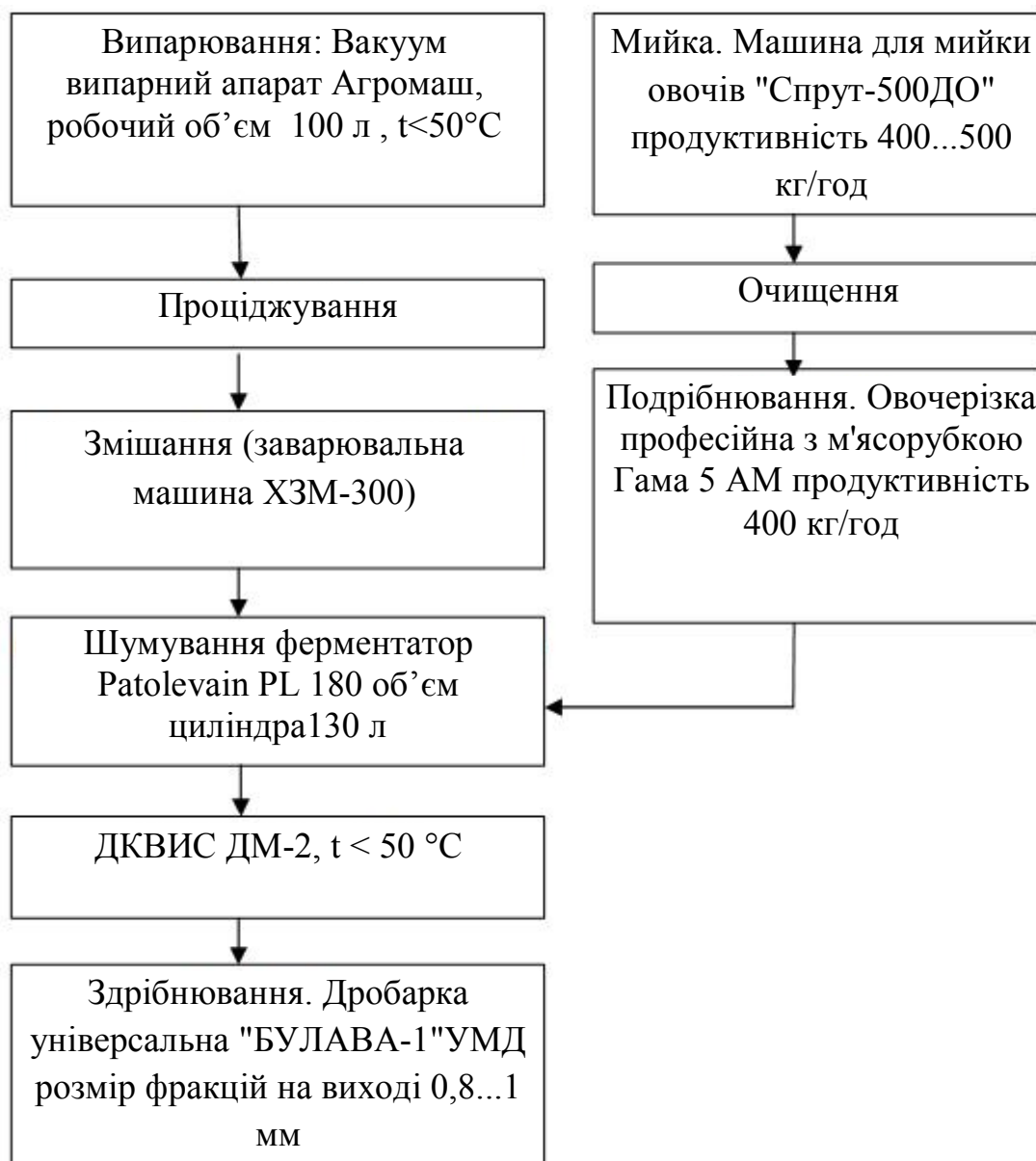


Рисунок 5.2 - Структурна схема БТС виробництва ХГЗ продуктивністю 63 т/рік

Таким чином, запропонована методика розрахунку устаткування для здійснення технологічних процесів БТС виробництва сухої ХГЗ дозволяє підібрати устаткування виходячи з технологічних параметрів і

продуктивності, з огляду на цілий ряд критеріїв. А автоматизована програма дозволяє скоротити витрати часу до мінімуму.

5.2 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження

Економічна оцінка результатів дослідження проводилася на основі загальноекономічних і математичних методів аналізу.

Для обґрунтування ефективності застосування розробленої технології по виготовленню закваски для виробництва хлібобулочної продукції з використанням ДКВІ сушіння необхідно установити різницю собівартості одержуваної продукції за аналогічною технологією з використанням сублімаційного сушіння, оцінити якість одержуваних продуктів і ступінь їхнього збагачення БАВ.

В результаті економічний ефект виробництва одиниці продукції буде складатися з ефекту від зміни в рецептурі закваски (застосуванні інших інгредієнтів) і економії паливно-енергетичних ресурсів, витрат, пов'язаних з експлуатацією устаткування.

$$E_{1кг} = E_{рец} + E_{об}, \quad (5.1)$$

де $E_{рец}$ - економічний ефект виробництва одиниці продукції в результаті зміни рецептури, грн; $E_{об}$ - економічний ефект виробництва одиниці продукції в результаті економії паливно-енергетичних ресурсів і витрат, зв'язаних з експлуатацією устаткування, грн.

Економічний ефект виробництва одиниці продукції за рахунок зміни рецептури буде визначатися як різниця вартості використовуваної сировини закваски для сушіння в ДКВІ і вартості сировини закваски для сушіння в сублімаційній сушарці:

$$E_{рец} = C_{субл} - C_{ДКВІ}, \quad (5.2)$$

де $C_{ДКВІ}$ - вартість сировини закваски для сушіння в ДКВІ, грн; $C_{субл}$ - вартість сировини закваски для сушіння в сублімаційній сушарці, грн.

$$C = \Delta C_i, \quad (5.3)$$

де C_i - вартість i -го інгредієнта, що входить до складу закваски, необхідного для одержання 1 кг продукту.

Економічний ефект за рахунок впровадження ДКВІ сушарки визначається як різниця у витратах на паливно-енергетичні ресурси, обслуговування і ремонт устаткування в порівнянні із сублимаційною сушаркою.

$$E_{об} = Z_{субл} - Z_{ДКВІ} \quad (5.4)$$

де $Z_{субл}$ - витрати на паливно-енергетичні ресурси, експлуатацію устаткування, загальногосподарські та інші витрати при сублимаційному сушінні, грн; $Z_{ДКВІ}$ - витрати на паливно-енергетичні ресурси, експлуатацію устаткування, загальногосподарські та інші витрати при використанні ДКВІ сушіння, руб.

За формулою (5.2) одержимо:

$$E_{рец} = 27,207 - 34,257 = -7,05 \text{ грн/кг.}$$

Від'ємний економічний ефект показує перевитрати сировини для виробництва закваски в результаті зміни рецептури.

За формулою (5.4) одержимо:

$$E_{об} = 7,941 - 44,16 = 27,781 \text{ грн/кг.}$$

Повний економічний ефект виробництва одиниці продукції за виразом (5.1) складе:

$$E_{1кг} = -7,05 + 27,731 \text{ грн/кг.}$$

Результати розрахунку представлені в таблиці 5.1.

Для визначення доцільності використання технології і впровадження устаткування визначимо строк окупності капітальних вкладень за формулою:

$$T = KB / E_p \quad (5.5)$$

де E_p - річний економічний ефект, грн;

KB - капітальні вкладення (у даному випадку вартість ДКВІ сушіння), грн.

Таблиця 5.1 - Калькуляція собівартості одиниці продукції в цінах листопаду 2019 р.

Стаття витрат	Один. вимірюв.	Ціна, грн	ДКВІ сушка		Сублімаційна сушка	
			На 1 кг продукції		На 1 кг продукції	
			Кол-во	Сума, грн	Кол-во	Сума, грн
1	2	3	4	5	6	7
Сировина, основні матеріали, в тому числі						
Борошно житнє	Кг	11,65	1,26	14,68	1,26	14,68
Дрожжі	Кг	56,0			0,063	3,528
Гарбуз	Кг	15,0	0,47	7,05	0,47	7,05
Хмель	Кг	12,5	0,007	8,75		
Висівки	Кг	9,0	1,0	9,0	1,0	9,0
Всього			2,737	39,479	4,2	34,257
Витрати на паливно-енергетичні ресурси	кВт/год	3,51	2,5	8,775	3,8	13,338
Витрати на утримання та ремонт обладнання	Грн			5,555		15,873
Амортизація обладнання	Грн			6,94		19,84
Заробітна плата	Грн			5,0		5,0
НДС	Грн			1,5		1,5
Загальногосподарські витрати	Грн			16,51		16,51
Інші витрати	Грн			6,38		6,38
Повна собівартість	Грн			90,139		112,698

Річний економічний ефект визначається як різниця в собівартості річних випусків продукції для сублімаційного і ДКВІ сушіння. Результати розрахунку представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Основні економічні показники

Показник	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Річна продуктивність	Кг/год	63 000
Собівартість річного випуску ДКВІ сушіння	Грн/год	5 678 757
Собівартість річного випуску сублімаційного сушіння	Грн/год	7 099 974
Річний економічний ефект	Грн	1 421 217
Капітальні вкладення	Грн.	3 500 000
Строк окупності	Роки	2,5

ВИСНОВКИ

Виконані теоретичні дослідження й експериментальна перевірка їх у реальних виробничих умовах підтвердили справедливість висунутої гіпотези, дозволили створити нову рецептуру житньо-пшеничного хліба на основі ХГЗ, технологію її виробництва, упровадження якої вносить значний вклад у розвиток асортименту продуктів функціонального харчування.

1. Аналіз вітчизняних і закордонних досліджень показує, що хлібобулочні вироби користуються високим попитом у споживача. Виробники збагачують хліб різними рослинними добавками, наприклад, хмелем і гарбузом, що дозволяють збагатити виріб БАВ. Однак, можливість збагачення основного напівфабрикату хлібопекарського виробництва - закваски й одержання її в сухому виді не досліджено. Установлено, що найбільш ефективним способом сушіння є ДКВІС. Таким чином, можна збагачувати хлібобулочні вироби хмелем і гарбузом сорту "Мічурінський", що має підвищений вміст БАВ і в два рази переважаючі існуючі сорти за вмістом сухих речовин.

2. Розроблено нову БТС виробництва сухої закваски з використанням хмелю, гарбуза й висівок, що дозволяє одержати хліб функціонального призначення, що включає в себе лінію виробництва сухої ХГЗ, для якої розроблена циклограма раціонального використання робочого часу. Вперше обґрунтований метод критеріального підбору і розрахунку устаткування для БТС, що враховує його характеристики і якість одержуваного продукту. Проведено теоретичний розрахунок рецептури виробництва сухої ХГЗ і нутрієнтного балансу хліба з використанням нетрадиційної сировини - хмелю і гарбуза сорту "Мічурінський". Запропоновано математичну модель процесу ДКВІ сушіння ХГЗ і теоретичні залежності кінетики двоступінчастого сушіння ХГЗ.

3. Установлено значення критичного вологовмісту для ХГЗ в інтервалі температур 30-50 °С, відносної вологості 30-60%, швидкості теплоносія 1-2,5 м/с, що складає $25\% \pm 0,5\%$. Виявлено, що фізіологічно активні клітини

відсутні при нагріванні до 65°C у продовж 20 - 25 хвилин; при 70°C у продовж 10-15 хв.; при 75°C у продовж 5-10 хв.; при 80°C до 5 хв. Більш висока температура викликає практично відразу загибель клітин. Повна загибель дріжджових клітин настає, навіть при короткочасному впливі температури 85°C. Отримано криву сушіння з раціональними режимами періоду постійної температури матеріалу (швидкість - 2,5 м/с, температура - 46°C) і падаючої швидкості сушіння (мінімальною тривалістю процесу (5 циклів): три цикли по 120 с і два цикли 100 с, для стадії витримки під вакуумом 5 циклів по 120 с). При такому сушінні ХГЗ максимально зберігаються активність дріжджових кліток і хлібопекарські властивості закваски.

4. Теоретично отримана й експериментально підтверджена залежність визначення тривалості ДКВІ сушіння при різних варійованих параметрах теплоносія: збільшення швидкості повітря при температурі 46°C від 1 м/с до 2,5 м/с скорочує тривалість процесу сушіння в 1,6 рази при збільшенні швидкості більш 3 м/с приводить до віднесення часток ХГЗ, що вимагає зміни конструкції сушарки. Отримані результати дозволяють використовувати різні модифікації конвективних лоткових сушарок у виробництві сухої ХГЗ.

5. Результати досліджень показують, що оптимальна доза гарбуза при виробництві закваски складає 5%, висівок - 12%, хмелю - 2%. Виявлено, що термін збереження сухої закваски складає 6 місяців.

6. Установлено, що використання ХГЗ при виробництві хлібобулочних виробів, з урахуванням змін рецептури закваски і її сушіння на ДКВІС, приводить до зниження собівартості готової продукції на 15 %, при збереженні якості і збільшенні живильної цінності готового продукту.

Рекомендації до виробництва:

- Використовувати розроблену рецептуру одержання сухої ХГЗ і технологічні параметри для виробництва хліба "Український новий" з використанням сухої ХГЗ.

- Суха ХГЗ призначена для виробництва функціональних хлібобулочних виробів і може використовуватися як на великих хлібобулочних заводах, так і на періодично діючих підприємствах суспільного харчування.

- При замішуванні дозувати суху ХГЗ у кількості 20% від маси борошна. При цьому попередньо її необхідно активувати, шляхом заливання теплою водою на 7-8 годин.

- Отримані способи і режими сушіння ХГЗ можуть бути використані на підприємствах - виробниках хлібопекарських інгредієнтів.

Подальша розробка теми:

Вивчення питання розширення інгредієнтів рослинної сировини здатного збільшити споживчу і нутрієнтну цінність хліба і його вплив на розвиток мікрофлори закваски.

Одержання більш ошадливих режимів випарювання шляхом використання вакуумного випарника при одержанні хмелевого відвару, що дозволяє зберегти максимальну кількість дріжджових клітин і БАВ. Упровадження нової конструкції сушарки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пазюк В.М. Теплонасосні сушильні установки в процесах сушіння зерна /В.М. Пазюк// Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №2 (94) 2016. – С.53-57
2. Бандура В.М. Перспективи застосування інфрачервоного та мікрохвильового поля в процесі переробки олійних культур / В.М. Бандура // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №3 (95) 2016. – С.94-101
3. Пазюк В.М. Створення нових теплотехнологій отримання якісних фолатовмісних функціональних порошків / Ю.Ф.Снежкін, Ж.О. Петрова, В.М. Пазюк, В.В. Дуб //Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Харків : ХДУХТ, 2016. – Вип. 1 (23). с. 80-89
4. Паламарчук І.П. Електромеханічна модель адаптивної вібровідцентрової електроосмотичної сушарки / І.П. Паламарчук, О.В. Зозуляк, І.А. Зозуляк, Р.В. Чубик // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – 2015. – Випуск 166. – С.226 – 235.
5. Пазюк В.М. Енергозберігаючі режими сушіння насінневого зерна та реалізація їх у вібраційній зерносушарці / В.М. Пазюк, О.Д. Пазюк, М.Д. Романенко // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №3 (83) 2016. – С.202-206
6. Tutelyan, V. The legislative regulation of biologically active food supplements circulation in Russian Federation in Nutraceutical and Functional euromonitor / V. Tutelyan, B. Sukhanov.com/vitamins-and-dietary-supplements // Food Regulations in the United States and Around the World /New York: Elsevier, 2008. - P. 305-322.
7. Паламарчук І.П. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми інфрачервоної віброхвильової конвеєрної сушарки для післязбиральної обробки сипкої сільськогосподарської продукції / І.П. Паламарчук,

- О.В. Цуркан, В.І. Паламарчук // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. - 2015. - Вип. № 1(89). Том 1 - С. 117-123.
8. Паламарчук І.П. Дослідження конкурентоздатності віброхвильової конвеєрної інфрачервоної сушарки для післязбиральної обробки зерна / Паламарчук І.П., Цуркан О.В., Паламарчук В.І., Харченко С.О. // Восточно-европейський журнал передових технологій. – 2016. - № 2/7(80). – С. 79 – 85.
9. Бандура В.М. Розвиток інфрачервоної техніки для обробки зерна / В.М. Бандура, О.О. Кірієнко // ВНТЖ. Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2015. - №3(92).– С.53-58.
10. Левтринская Ю.О. Микроволновые технологии интенсификации массообменных и тепловых процессов при переработке растительного сырья / Ю.О. Левтринская, Н.В. Ружицкая, Т.А. Резниченко, В.Н. Бандура // Наукові праці ОНАХТ. - №1 (80) 2017. – С. 67-73
11. Бандура В.М. Сушіння насіння соняшнику в електромагнітному полі / В.М. Бандура, О.І. Маренченко, Є.О. Пилипенко // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №2 (98) 2017. – С.63-68.
12. Dietary Supplement Health and Education Act (DSHEA) of 1994, Public Law 103-417 available at FDA website. - Загл. с экрана. – Режим доступа : [http:// www.fda.gov](http://www.fda.gov)
13. Бандура В.М. Обробка експериментальних даних процесу екстрагування рослинних олій мікрохвильовим полем./ В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Наукові праці ОНАХТ. Випуск 43 том 2. м.Одеса 2013- С. 66-70
14. Tutelyan, V. A. Perfecting Quality and Safety Requirements to «Food Supplements» containing medicinal plants in Russia: the 11th Internat H Congress "Phytopharm 2007". / V. A. Tutelyan, B. P. Sukhanov, M. G. Kerimova. - Leiden, The Nefe'aiJ 2007. - P. 27-30.

15. Паламарчук І.П. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва. Том 2 Навчальний посібник/ І.П. Паламарчук, П.С. Берник, З.А. Стецько, В.В. Яськов, І.А. Зозуляк // Львів: Видавництво „Бескид Біт”, 2006. – 368 с.
16. Назаренко І.І. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв. Навчальний посібник/ І.І. Назаренко, І.М. Берник // Затверджено міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. (лист № 1/11-14407 від 12.09.2012р.). Видавництво «Аграр Медіа Груп», - К:- 2013.-544 ISBN 978-617-646-144-9
17. Снежкін Ю.Ф. Енергоефективні тепло технології виробництва функціональних харчових порошків /Ю.Ф. Снежкін, Ж.О. Петрова, В.М. Пазюк // Вінниця, видавництво «РВВ ВНАУ», 2016. – 458с.
18. Берник П. С. Анализ конструкций вибрационных сушилок для сыпучей сельскохозяйственной продукции / П. С. Берник, И. П. Паламарчук, И. А. Зозуляк // Вибрации в технике и технологиях : Всеукраин. НТЖ. – Вінниця, 1998. – № 2 (6). – С. 14–21.
19. Bandura V. Description of heat exchange in the similarity theory of vibrating drying process of sunflower / V. Bandura, I. Zozuliak, V. Palamarchuk. – Ukrainian Journal of Food Science, 2014. Vol. 2. Issue 2. 305-311.
20. Зозуляк І.А. Обґрунтування конструкції вібростанини для сушіння гранульованих і зернистих матеріалів/І.А. Зозуляк// Східно-європейський журнал передових технологій ISSN 1729-3774. - 2014.- №1/7(67)-С.15-19
21. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014, – С. 79–83
22. Burdo O. Using of the wave technologies in intensification processes of heat

- and mass transfer / O. Burdo, V. Bandura, A. Zykov, I. Zozulyak, J. Levtrinskaya, E. Marenchenko // EUREKA: Physics and Engineering. – 2017. – № 4. – С. 18–24.
23. Бурдо О.Г. Электротехнологии адресной доставки энергии при обработке пищевого сырья / О.Г. Бурдо, В.Н. Бандура, Ю.О. Левтринская // «Электронная обработка материалов» №3 (53) 2017. – С. 64-72
24. Паламарчук І.П. Обґрунтування конструктивної схеми вібраційної фільтраційно-осмотичної сушарки / І.П. Паламарчук, О.В. Зозуляк, І.А. Зозуляк // Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки. – 2011. – № 9. – С. 173–182.
25. Паламарчук В.І., Бандура В.М., Цуркан О.В. Экспериментальное исследование технологических параметров процесса инфракрасной сушки движущегося шара сырья масличных культур MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2015. Vol. 17, №4. 211-214.
26. Бандура Валентина, Цуркан Олег, Паламарчук Владислав. Экспериментальное исследование технологических параметров процесса инфракрасной сушки движущегося шара сырья масличных культур/ Валентина Бандура, Олег Цуркан, Паламарчук Владислав // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 17, No 4, 2015 – p. 211-215.
27. Леонов, Д. В. Разработка технологии жележных конфет функционального назначения / Д. В. Леонов, Е. И. Муратова // Вопросы современной науки и практики. Университет им В.И. Вернадского. - 2010. - № 4–6 (29). - С. 328–335.
28. Штейнберг, П. Н. Как вырастить отличный урожай овощей и бахчевых. Рецепты, проверенные временем / П. Н. Штейнберг. – СПб. : БХВ – Петербург, 2011. – 224 с.

29. Фатьнов, В. И. Дыни, тыквы, кабачки, патиссоны / В.И. Фатьнов. – М. : ОЛМА Медиа Групп, 2010. – 32с.
30. Звонарев, Н. М. Бахчевые культуры. Сажаем, выращиваем, заготавливаем, лечимся / Н. М. Звонарев. - М. : Центрполиграф, 2012. – 128 с.
31. Скрипников, Ю. Г. Технология выращивания, хранения и переработки тыквы / Ю. Г. Скрипников, В. Ф. Винницкая. – Мичуринск : Изд-во МичГАУ, 2002. – 20 с.
32. Иванов, М. М. Исследование витаминного состава плодов тыквы различных сортов / М. М. Иванов, О. А. Хропот // Молодежь и наука: сб. материалов X Юбилейной Всеросс. научн. - техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Красноярск, 2014. – С. 87-90.
33. Зверева, Л. Ф. Технология и технохимический контроль хлебопекного производства. – 2-е изд., перераб. и доп. / Л. Ф. Зверева, Б. И. Черняков. - М. : Пищевая промышленность, 1974, - 232 с.
34. Ройтер, И. М. Справочник по хлебопекарному производству / И. М. Ройтер. - М. : Пищевая промышленность, 1977. – 366 с.
35. Янович Л. П. Визначення оптимальних робочих параметрів вібраційної машини для сушіння зерна / Л. П. Янович, І. А. Зозуляк, В. П. Янович // Зб. наук. пр. Вінн. держ. аграр. ун-ту. – 2013. – № 12 (75). – С. 152–157.
36. Цуркан О.В. Математична модель вібраційної сушарки з маятниковими механізмами вільного ходу / О.В. Цуркан, Л.Д. Величко, Д.В. Присяжнюк // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №1 (84) 2017. – С. 110 – 120.
37. Palamarchuk Igor. Modeling of vibrocentrifugal electric osmotic dehydrating of with high humidity food seeds gourds / Igor Palamarchuk, Oksana Zozuliak, Igor Zozuliak, Novgorodska Nadia // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №2 (98) 2017. – С.112-118.

38. Рудобашта, С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой / С. П. Рудобашта. - М. : Химия, 1980. - 248 с.
39. Котов Б.І. Розрахунок кінетики сушіння неоднорідних рослинних матеріалів / Б.І. Котов, А.В. Спирін, І.А. Зозуляк, А.В. Півнюк // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №1 (96) 2017. – С.93-95
40. Спирін А.В. Розрахунок кінетики сушіння неоднорідних рослинних матеріалів / А.В. Спирін, Б.І. Котов, І.А. Зозуляк, А.В. Півнюк // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця, 2016. – №4, С.52-54
41. Паламарчук В.І. Дослідження конкурентоздатності віброхвильової конвеєрної інфрачервоної сушарки для післязбиральної обробки зерна / В.І. Паламарчук, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, С.О. Харченко // Східно-Європейський журнал передових технологій, № 2/7(80), 2016. – С. 79 – 85.
42. Рудобашта, С. П. Зональный метод расчета кинетики процесса сушки / С. П. Рудобашта, Э. Н. Очнев, А. Н. Плановский // Теоретические основы химической технологии . – 1975. – Т. 9, № 2. – С. 195-192.
43. Васюкова, А. Т. Современные технологии хлебопечения: учеб. – практ. пособие / А. Т. Васюкова, В. Ф. Пучкова. – 2 - е изд. – М. : «Дашков и Ко», 2010. – 224 с.
44. Торможение жизнедеятельности клеток / М. Е. Бекер, А. И. Рапопорт, Л. В. Калакуцкий [и др.]. – Рига : Зинатне, 1987. – 240 с.
45. Легков, И. С Разработка технологии производства изделий из ржаной муки в условиях малых предприятий и предприятий общественного питания. : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук 05.18.15 / И. С. Легков. – М., 2012. – 24 с.
46. Пащенко, Л. П. Биотехнологические основы производства хлебобулочных изделий. / Л. П. Пащенко. – М. : Колос, 2002. – 367 с.
47. Лебедев, П. Д. Сушка инфрокрасными лучами / П. Д. Лебедев. - М. : Госэнергоиздат, 1955. - 234 с.