

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

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

**Удосконалення технології виробництва хліба
пшенично-житнього**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-1-21
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Вероніка ПРОКОПЮК

Керівник: _____ Дмитро ТИМЧАК

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

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

Прокопюк Вероніці Романівні

1. Тема роботи: «Удосконалення технології виробництва хліба пшенично-житнього».

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

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

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва хліба пшенично-житнього.

2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

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

5. Перелік демонстраційного матеріалу

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Аналітичний огляд	09.05-14.05.25	виконано
3	Методика і методи досліджень	15.05-16.05.25	виконано
4	Експериментальна частина	17.05-31.05.25	виконано
5	Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях	01.06-02.06.25	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Вероніка ПРОКОПЮК
(підпис)

Керівник роботи _____ Дмитро ТИМЧАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення технології виробництва хліба пшенично-житнього»

Кваліфікаційна робота бакалавра: 64 с., 7 рис., 1 табл., 42 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: технологія виробництва житньо-пшеничного хліба.

Метою роботи є обґрунтування, і вдосконалення процесу випікання подового житньо-пшеничного хліба.

Методи дослідження: у роботі використовувалися загальноприйняті і додаткові методи досліджень. Для оцінки характеристик тістових заготовок визначали величину упікання та кількість зволожуючого конденсату, а також температурні та геометричні характеристики, такі як розмір, об'єм та формостійкість тістових заготовок.

У роботі досліджено вплив виду борошна та складу борошняної суміші на теплотехнічні, фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні властивості тіста, тістових заготовок та хліба. Доведено, що житнє борошно сприяє швидшому досягненню температури денатурації білків і клейстеризації крохмалю. Досліджено закономірності формування формостійкості тістових заготовок залежно від складу суміші: житньо-пшеничні заготовки характеризувалися різким зростанням формостійкості, а пшеничні – поступовим. Установлено вплив частки житнього борошна на об'єм хліба, глянець кірки та величину упікання. Проведено комплексне оцінювання м'якуша, зокрема визначено його гідрофільність, реологічні характеристики та кислотність. Сформульовано методичні підходи до оцінювання якісних показників хліба, тістових заготовок та зміни їх властивостей у процесі зберігання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Хліб; житньо-пшеничний хліб; житнє борошно; тістова заготовка; формостійкість; органолептичні властивості.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	7
1.1 Характеристика хлібобулочних виробів з використанням житнього борошна	7
1.2 Процеси, що відбуваються у заготовках при випіканні	12
1.2.1 Теплофізичні процеси	13
1.2.2 Колоїдні процеси	18
1.2.3 Біохімічні процеси	21
1.2.4 Мікробіологічні процеси	22
1.3 Параметри випікання та їх вплив на якість хліба	23
1.4 Мета і завдання дослідження	25
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Методи приготування тіста та хліба	28
2.2 Методи оцінювання показників якості тістових заготовок	30
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	33
3.1 Аналіз сучасного виробництва житньо-пшеничного хліба в м. Дніпро	33
3.2 Вплив режимів випічки на якість хліба та характеристики заготовок, що випікаються	35
3.3 Вплив складу суміші борошна на характеристики заготовок, що випікаються, упікання і якість хліба	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	46
4.1 Основні аспекти охорони праці при виробництві хліба	46
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	52
5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження	52
5.2 Розрахунок ціни дослідження	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
БІБЛІОГРАФІЯ	60

ВСТУП

Хліб є одним з основних та повсякденних продуктів харчування. Асортимент хлібобулочних виробів, що виробляється в Україні, характеризується великою різноманітністю і включає близько тисячі найменувань. Серед них помітне місце належить хлібу з використанням житнього та пшеничного борошна.

Житнє борошно має ряд відмінностей від пшеничного, таких як: здатність білкових речовин до швидкого і необмеженого набухання у воді, відсутність клейковинного каркасу в тесті, нижча температура початку клейстеризації крохмалю (52-55°C, у пшеничного борошна 60-67°C) стані. Дані відмінності у хлібопекарських властивостях житнього та пшеничного борошна зумовлюють суттєву різницю у технології приготування житнього та житньо-пшеничного хліба на всіх стадіях, включаючи випічку.

Основною відмінністю приготування житнього і житньо-пшеничного тіста є його висока кислотність 8-12 град. Підвищена кислотність знижує активність амілолітичних ферментів, покращує фізичні властивості тіста та хліба, а також надає специфічний смак та аромат житньому та житньо-пшеничному хлібу. Для досягнення зазначеної кислотності тесту його приготування здійснюється на заготовці попередньо заквасці.

Випікання є найважливішою заключною стадією виробництва хліба, що визначає якість готових виробів. У процесі випічки відбувається прогрів тестових заготовок, що відстояли, що зумовлює їх перехід у стан хліба. Як збільшення, так і скорочення тривалості випікання хліба суттєво впливає на його якість. При недостатній тривалості випічки хліб має непропечений м'якуш, світлу кірку і швидко черствіє при зберіганні. Надмірна тривалість випічки призводить до підвищення упікання, погіршення техніко-економічних показників при зниженні виходу хліба. Після випікання в ньому протікає ряд процесів (остигання, усихання та черствіння), які призводять до зміни якості хліба з урахуванням конкретних умов проведення випічки.

Процес випікання хліба, його теоретичні засади та ключові закономірності вивчали численні науковці як вітчизняні, так і зарубіжні. Їхні дослідження свідчать, що під час випікання у тістових заготовках відбуваються складні теплофізичні, біохімічні, мікробіологічні та колоїдні процеси, сукупність яких визначає кінцеву якість хлібобулочних виробів.

Основна увага більшості наукових праць зосереджена на вивченні випікання хліба з пшеничного та житнього борошна. Водночас у науково-технічній літературі відсутній достатній обсяг інформації щодо особливостей випікання житньо-пшеничного хліба. Останнім часом дослідження переважно стосуються вдосконалення технології приготування тіста, пов'язаної з розширенням асортименту хлібобулочних виробів на основі житнього борошна та з урахуванням зміни властивостей сировини, тоді як саме вивчення процесів випікання такого хліба лишається недостатньо опрацьованим.

Важливим аспектом вивчення випікання житньо-пшеничного хліба є вплив температурного режиму та тривалості теплової обробки на структуру, колір, вологість і смак хлібного м'якуша. У процесі випікання має значення не лише досягнення необхідної температури в центрі заготовки, але й забезпечення рівномірного пропікання, запобігання надмірному підсушуванню скоринки та утворенню внутрішніх пустот. Це особливо актуально для хліба зі змішаного борошна, де співвідношення клейковини та пентозанів впливає на поведінку тіста при тепловому навантаженні.

Склад хлібного м'якуша, вміст вологи, структура пористості та залишкова активність ферментів безпосередньо впливають на черствіння виробу під час зберігання. У зв'язку з цим вивчення оптимальних режимів випікання житньо-пшеничного хліба дозволяє не лише покращити його органолептичні властивості, а й продовжити терміни зберігання продукції без втрати якості.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу режимів випікання подового хліба, виготовленого зі суміші житнього та пшеничного борошна, на фізико-хімічні властивості тістових заготовок і якість готового виробу під час зберігання.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Характеристика хлібобулочних виробів з використанням житнього борошна

Житній хліб традиційно займає важливе місце в хлібопекарській галузі України. «Останнім часом значну частину асортименту становлять вироби, виготовлені зі змішаного борошна – житнього і пшеничного. Завдяки характерним смаковим властивостям та аромату, такі види хліба користуються популярністю серед сучасних споживачів» [1-5]. На відміну від пшеничних аналогів, житній хліб виготовляють з тіста, яке розпушується внаслідок дії дріжджів і молочнокислих бактерій, що забезпечують біологічне бродіння. «Якість готового продукту визначається змінами, які відбуваються в тісті на етапі приготування, а також процесами, що проходять під час випікання» [1]. Далі подано узагальнену інформацію з науково-технічних джерел про види, якісні показники, методи приготування і технологічні особливості випікання хліба на основі житнього борошна.

На рис. 1.1 подано класифікацію хлібних виробів на основі житнього борошна – як у вигляді поєднання його різних сортів, так і в суміші з пшеничним борошном.

До асортименту хліба, виготовленого зі змішаної сировини, належать вироби з житнього оббивного, обдирного та сіяного борошна, а також із суміші житнього і пшеничного борошна. Крім того, «застосовуються комбінації різних сортів обох видів борошна з додаванням солоду, цукру, патоки й інших компонентів відповідно до рецептур, затверджених за стандартами ДСТУ або ТУ» [3].

«Під час виробництва простого житньо-пшеничного хліба використовують житнє та пшеничне оббивне борошно в пропорції 60:40» [4]. Для пшенично-житнього простого хліба беруть відповідно 70% пшеничного та 30% житнього оббивного борошна. «Український хліб виготовляється зі співвідношенням 80-20 або 20-80 пшеничного оббивного та житнього обдирного борошна» [4]. Український новий хліб готують із пшеничного борошна II сорту та житнього

обдирного у таких самих пропорціях. «Із цих же видів борошна, при співвідношенні 30:70, випікають хліб делікатесний і баварський» [6].

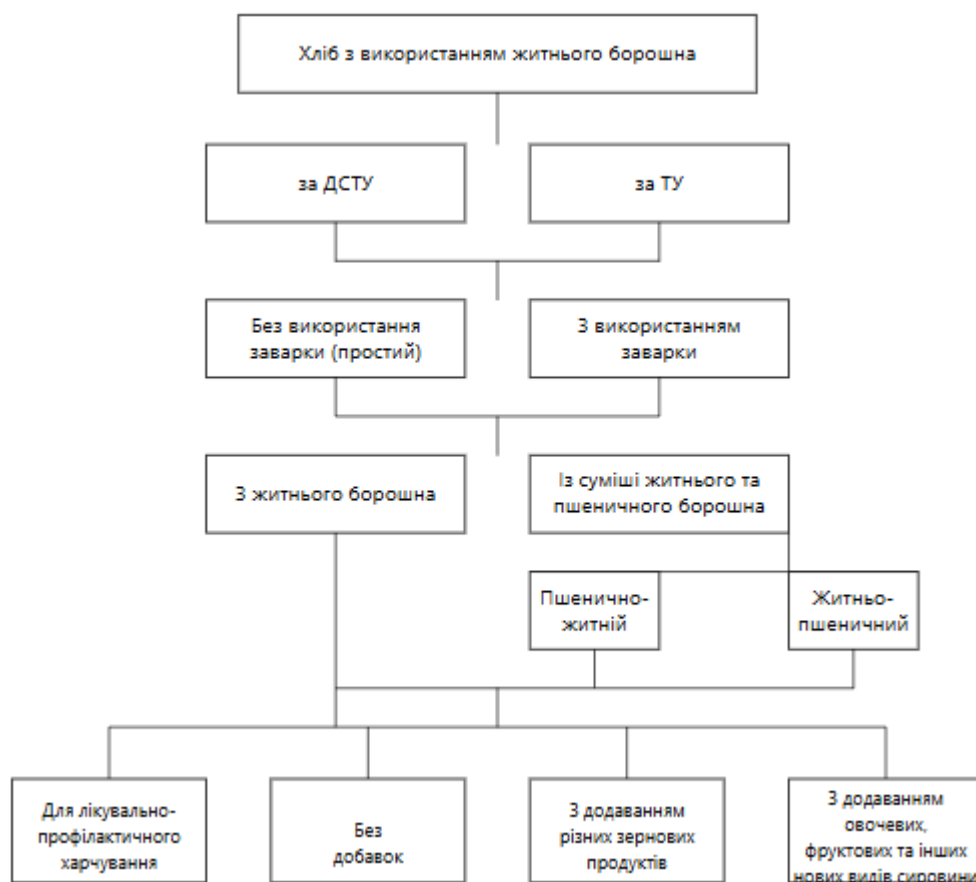


Рисунок 1.1 – Класифікація асортименту хліба з використанням житнього борошна

Дарницький, столичний та український хліб виробляють зі суміші житнього обдирного й пшеничного борошна I сорту. Для хліба прибалтійського, солодового та ризького використовують поєднання житнього сіяного і пшеничного борошна вищого сорту.

До заварних видів житнього хліба на основі обдирного борошна належать: житній заварний, житньо-пшеничний заварний, пшенично-житній заварний, а також український, сільський, бородинський, солодовий, ризький. «У їх складі можуть бути суміші житнього обдирного й пшеничного борошна I та II сортів, а також спеції, зокрема коріандр і кмин» [1].

Нині випускають хліб із житнього або суміші житнього та пшеничного борошна з додаванням різноманітної сировини: «зернових продуктів (вівсяні пластівці, ячмінне, гречане, рисове борошно, висівки), а також овочевих, фруктових і інших інгредієнтів (морквяний і буряковий порошки, фруктове повидло) для збагачення харчової цінності» [2, 3, 6-9].

Основними видами хлібобулочних виробів зі суміші житнього та пшеничного борошна, що нині виготовляються, є «хліб із житнього обдирного та пшеничного борошна I сорту у пропорціях 50:50 і 60:40» [7]. «У менших обсягах виробляють хліб зі співвідношеннями 70:30, 80:20, а також повністю з житнього борошна» [8]. Це пояснюється тим, що сучасні хлібопекарські підприємства розширюють асортимент, використовуючи наявне устаткування – печі, призначені для випікання пшеничного хліба. Для виготовлення хліба з житнього борошна або суміші з високим вмістом житнього необхідне спеціалізоване обладнання для обробки та випікання.

На якість хлібобулочних виробів впливає низка факторів: властивості та кількість сировини, правильність ведення технологічного процесу, режими і тривалість випікання, а також умови й строки зберігання.

Хлібопекарські характеристики житнього борошна суттєво відрізняються від пшеничного. За даними численних досліджень при оцінці якості житнього борошна важливе значення має стан вуглеводно-амілазного комплексу. «Крохмаль житнього борошна клейстеризується при температурі 52–55°C, що значно нижче, ніж у пшеничного (60–67°C). У зерні жита амілази представлені α - і β -амілазами, при проростанні зерна активність α -амілази підвищується» [9]. Дослідження показали, що «тісто з пророслого зерна жита має м'якшу консистенцію порівняно з тестом із непророслого, що пов'язано зі змінами в мікроструктурі крохмалю та білка» [9]. Амілолітична активність щодо крохмалю житнього борошна дещо вища, ніж у пшеничного. Житнє борошно містить значну кількість власних цукрів, що забезпечує достатній рівень цукро- та газоутворення.

«Активність α - та β -амілаз, що містяться в житньому борошні, може призводити до гідролізу значної частини крохмалю під час бродіння тіста і

випікання хліба» [10]. В результаті крохмаль у заготовці може втрачати здатність утримувати всю вологу тіста. «Хоча житній крохмаль більш гідрофільний за пшеничний і здатен зв'язувати 78–80% води, частина вільної, не пов'язаної крохмалем вологи залишається, що робить м'якуш хліба вологим на дотик» [11]. «Присутність α -амілази, особливо за низької кислотності тіста, спричиняє накопичення великої кількості декстринів під час випікання, які надають м'якушці липкості [11].

Водорозчинні пентозани (слиз) житнього борошна мають високу гідрофільність і при гідратації значно збільшуються в об'ємі. Через це слиз впливає на консистенцію житнього тіста, зменшуючи його розрідження під час бродіння.

У численних дослідженнях наголошується, що білкові речовини житнього борошна мають подібність до білків пшеничного [1, 12-14]. Серед білкових фракцій житнього борошна виділяють гліадинову та глютенінову, які містять більше незамінних амінокислот, зокрема лізину та треоніну. Особливістю білків житнього борошна є їх здатність до швидкого й інтенсивного набухання. Значна частина білка набухає необмежено і пептизується, переходячи у в'язкий колоїдний розчин. «Як надмірна, так і недостатня пептизація білків житнього борошна впливає на реологічні властивості тіста» [12]. Білкові компоненти цього борошна визначають його технологічні характеристики та суттєво впливають на якість хліба і його здатність зберігатися свіжим.

«Відмінною рисою білків житнього борошна є те, що, незважаючи на наявність гліадинової та глютенінової фракцій, вони не формують пружно-пластичний просторовий губчастий каркас тіста» [11]. Це пов'язано з тим, що білки жита утворюють комплекси зі слизами. Відсутність у житньому тісті клейковинного каркасу та пептизація значної частини білків зумовлюють специфічні реологічні властивості тіста – високу в'язкість і знижену пружність деформації.

Вміст білкових речовин у житньому борошні також впливає на його хлібопекарські властивості. «Значне збільшення білка в житньому борошні

призводить до виробництва хліба з меншим об'ємом, з недостатньо розвиненою, товстостінною і грубою пористістю» [13].

«Житнє борошно має підвищену схильність до потемніння під час випікання хліба, що пояснюється наявністю в периферійних частинах зерна жита активної поліфенолоксидази та тирозину, через що хліб із житнього оббивного та обдирного борошна виходить із темним м'якушем» [12].

Колір м'якуша й кірки хліба під час випікання формується внаслідок утворення меланоїдинів. У м'якуші житнього хліба процес меланоїдиноутворення забезпечує буро-коричнєве забарвлення, а також характерний смак і аромат, що проявляються лише при тривалій випічці.

Технологія приготування житнього тіста визначається зазначеними особливостями житнього борошна. Житнє тісто має готуватися з підвищеною кислотністю, яка знижує активність амілолітичних ферментів, покращує фізичні властивості тіста і хліба, а також надає житньому хлібу характерного смаку та аромату.

«Технологічний процес виробництва житнього та житньо-пшеничного хліба є багатофазним і включає два основні етапи: приготування закваски та тіста» [10].

Під житньою закваскою розуміють безперервно частинами витрачається і водночас відновлювану фазу, яка використовується для приготування тіста. Характерною рисою таких заквасок є те, що їх готують шляхом додавання до суміші борошна та води стиглої закваски – у виробничому циклі, або суміші чистих культур молочнокислих бактерій і дріжджів – у розвідувальному циклі.

Приготування заквасок у циклі розведення базується на принципі накопичення мікроорганізмів. Метою цього циклу є отримання визначеної кількості активних молочнокислих бактерій, при цьому властивості закваски змінюються в процесі розведення.

«Виробничий цикл приготування закваски складається з двох фаз: безперервного ведення закваски і приготування тіста з частини викинутої закваски. Решта закваски використовується для її відновлення» [14].

«Закваски бувають густі, рідкі з заваркою, рідкі без заварки та концентровані бездріжджові молочнокислі» [1, 4, 8]. Підвищена кислотність, зокрема вміст молочної кислоти в житньому тісті, значно впливає на ступінь пептизації білків, що покращує реологічні властивості тіста. «Власні протеїнази жита гідролізують білки, особливо спирторозчинні запасні білки, під час бродіння закваски» [9].

Для отримання високоякісного житнього та житньо-пшеничного хліба з приємним смаком і ароматом доцільно застосовувати густі закваски. Цей метод є ефективним також з точки зору зручності дозування, транспортування та економії виробничих площ.

Після замішування житнє тісто проходить етап бродіння, після чого переходить до обробки, що включає поділ на порції, формування заготовок, вистоювання та випікання хліба.

1.2 Процеси, що відбуваються у заготовках при випіканні

Теоретичні основи та закономірності процесу випікання досліджувалися багатьма вітчизняними й зарубіжними науковцями. «Після поміщення у пекарну камеру тістова заготовка починає інтенсивно збільшуватися в об'ємі, потім цей процес поступово уповільнюється і, зрештою, припиняється. Досягнуті форма та об'єм залишаються стабільними до завершення випікання» [1, 9].

«У процесі термічної обробки у виробі відбуваються важливі фізико-хімічні перетворення: денатурація білків, клейстеризація крохмалю, зневоднення поверхневих шарів і формування скоринки, яка поступово темніє» [9]. Під скоринкою поступово формується шар м'якуша, що набуває пружної структури й сухості на дотик.

Важливу роль у процесі випікання відіграє розподіл температури всередині тістової заготовки. «Температура поверхневих шарів швидко підвищується, досягаючи 180–200 °С, тоді як в центральних шарах вона протягом тривалого часу залишається нижчою – на рівні 95–98 °С» [3]. Саме при цій температурі

відбуваються ключові зміни – клейстеризація крохмалю, коагуляція білків, зниження активності ферментів та припинення діяльності мікроорганізмів.

У процесі випікання відбувається випаровування вологи з тіста та її переміщення з внутрішніх шарів до поверхні. «Втрата вологи призводить до зниження маси виробу на 8–15 %» [2]. Найбільші зміни спостерігаються в області кірки, де інтенсивно проходять реакції меланоїдиноутворення (реакції Майяра), які зумовлюють формування характерного забарвлення, аромату і смаку хліба.

Усі ці перетворення є наслідком одночасного впливу комплексу теплофізичних, колоїдних, біохімічних та мікробіологічних процесів.

1.2.1 Теплофізичні процеси

У пекарній камері теплота до тістової заготовки передається трьома основними способами: шляхом випромінювання від нагрівальних елементів, конвекцією через парогазове середовище та теплопровідністю від поду до нижньої частини заготовки. «Основним механізмом теплопередачі є теплове випромінювання, яке забезпечує 70–90 % усього теплового потоку і має вирішальне значення у формуванні хлібної кірки під час випікання» [16].

Температурні зміни в різних шарах тіста є наслідком поступового прогрівання виробу. Згідно з дослідженнями вітчизняних інших вчених, передача тепла здійснюється з поверхні до центральної частини тістової заготовки. «Різні ділянки нагріваються з неоднаковою інтенсивністю: температура поверхні швидко перевищує 100 °С і далі зростає, досягаючи приблизно 180 °С до завершення випікання» [17]. Водночас у зоні між кіркою та м'якушем температура стабілізується на рівні до 100 °С.

«У центрі м'якуша, навіть наприкінці випікання, температура не перевищує 96–98 °С, залишаючись нижчою за точку кипіння води, що обумовлює збереження певної кількості вологи і забезпечує правильне формування внутрішньої структури виробу» [16].

«На початковому етапі випікання різниця температур між зовнішніми та внутрішніми шарами тістової заготовки поступово збільшується, досягає

максимального значення в середині процесу, а до кінця випікання стрімко зменшується, майже зрівнюючись» [17]. Водночас температура зовнішніх і внутрішніх шарів кірки зростає з різною інтенсивністю: до кінця випічки ця різниця є найвищою.

На інтенсивність прогрівання заготовки впливають численні фактори, зокрема: температура нагрівальних елементів, температурно-вологісний режим парогазового середовища, його рухомість, а також фізичні параметри самої заготовки – її маса, форма, вологість, пористість тощо.

Дослідники встановили, що температура пекарного середовища у межах традиційного діапазону для хлібопечення має суттєвий вплив на швидкість прогріву заготовки. Додатково, за даними вчених, «заготовки з більшою масою при незмінній формі прогріваються повільніше, і, відповідно, потребують довшого часу для повноцінного випікання, особливо у центральній частині» [17].

Вчені, досліджуючи закономірності процесу випікання, вперше надав кількісні характеристики впливу різних ділянок поверхні хлібного виробу на величину втрат вологи внаслідок упікання, а також розрахував товщину кірки, що утворюється як унаслідок теплової та вологопровідності, так і через випаровування вологи.

У процесі термічної обробки суттєво змінюються фізико-хімічні та структурні властивості тістової заготовки. «Якісно пропечений хліб характеризується блискучою, рум'яною кіркою, еластичним сухим м'якушем, а також виразним смаком і приємним ароматом» [18].

Формування кірки й м'якуша, а також модифікація реологічних характеристик заготовки напряду залежать від інтенсивності її прогрівання. Процеси формоутворення тісно пов'язані зі змінами пластичності та пружності тіста.

Підйому тістової заготовки під час випікання присвячено значну кількість наукових праць. «На їх основі встановлено, що зміна об'єму тістової заготовки відбувається у два послідовні періоди: перший – період активного зростання об'єму, другий – період стабільного об'єму» [16-18]. У дослідженнях вітчизняних

та закордонних вчених для спостереження за підйомом хліба в пекарній камері застосовувалися спеціалізовані прилади. Встановлено, «що момент досягнення сталої висоти й діаметра подового хліба є одночасним. Розмежування процесу випікання на дві фази також пов'язане з особливостями кінетики вологовіддачі з тістової заготовки» [19].

У дослідженні [20] подано результати зміни геометричних параметрів та об'єму житньо-пшеничного подового хліба впродовж процесу випікання. У початковій фазі випікання спостерігається зменшення діаметра тістової заготовки. «Приблизно до середини випікання цей показник стабілізується, водночас відбувається збільшення висоти виробу. Наприкінці процесу фіксується зниження висоти заготовки внаслідок усадки кірки, яка формується через зневоднення її поверхні» [20].

Згідно з даними досліджень, «ріст об'єму тістової заготовки припиняється, коли температура верхньої поверхні досягає 110–112 °С» [18]. До цього моменту формується тонкий (приблизно 1 мм) зневоднений шар, який стримує подальше розширення. Саме в цей період фіксується стабілізація форми, що збігається з початком підрум'янювання. Швидкість досягнення цієї температури значною мірою залежить від умов теплового та вологісного режимів у пекарній камері. «Закріплення форми подового хліба відбувається одночасно по всій його поверхні, але з урахуванням того, що температура бічної поверхні нижча, процес її стабілізації відбувається дещо пізніше. Тому в середині випікання об'єм залишається незмінним, а незначне зростання висоти хліба пояснюється зменшенням його діаметра» [20].

Збільшення об'єму тістової заготовки під час випікання зумовлюється кількома чинниками: зростанням тиску водяної пари в порах нагрітого тіста та розтягуванням порових стінок на фоні змін реологічних властивостей тіста.

У працях зарубіжних дослідників наголошується на доцільності використання реологічних характеристик тіста як критерію контролю за процесом випікання хліба.

Вчені вивчали вплив температури в центрі тістової заготовки на темпи черствіння хліба під час зберігання. Встановлено, що «хліб зберігає еластичність довше і повільніше черствіє, якщо температура в центральній частині м'якуша під час випікання не опускається нижче 90 °С» [21].

Значення вологості тіста та її вплив на швидкість прогрівання під час випікання розглядаються в роботах вчених, які пояснюють пришвидшення прогріву вологішого тіста підвищеним коефіцієнтом теплопровідності та зниженням питомої маси, що пов'язане зі зростанням коефіцієнта температуропровідності. Підкреслюється «важливість пористої структури хліба (зокрема, розміру пор та товщини стінок), яка впливає на напрям і швидкість переміщення води до центру м'якуша під час випікання. Крім того, він зазначає, що товщина кірки також відіграє роль у процесі прогріву через її нижчі теплопровідні властивості» [9].

У процесі випікання хліба відбуваються два взаємопов'язані явища: обмін вологістю між тістовою заготовкою та парогазовим середовищем пекарної камери, а також внутрішнє перерозподілення води в межах самої заготовки. «Обидва процеси відбуваються одночасно й мають суттєвий вплив на формування структури та якості готового хліба» [1].

«Процес випікання тістових заготовок відбувається в умовах нестационарного теплового впливу і поділяється на окремі етапи, кожен з яких супроводжується характерними фізико-хімічними змінами у структурі хліба» [22].

Згідно з дослідженнями, випікання умовно поділяється на два періоди. У першому періоді вода з поверхневого шару тістової заготовки втрачається незначно, а кірка формується переважно за рахунок внутрішньої міграції води, тому втрати маси (упікання) є мінімальними. «У другому періоді спостерігається сталий темп зневоднення поверхні, обумовлений просуванням зони випаровування вглиб виробу» [5].

Подальші результати, отримані вченими при дослідженні житньо-пшеничного хліба, підтверджують ці висновки. Встановлено, що «внаслідок різної інтенсивності випаровування води з відкритої та контактної (бічної і нижньої)

поверхонь формованої заготовки, загальний обсяг втраченої вологи з різних ділянок заготовки практично однаковий. Це пояснюється гальмівною дією форми, яка створює опір для вологовіддачі» [12].

У результаті випаровування вологи в парогазове середовище пекарної камери відбувається зменшення маси тістової заготовки, що становить технологічну втрату – упікання. «У практиці хлібопечення величина упікання коливається в межах 6–14 % і залежить від типу, геометрії та маси виробу, а також від вибраного режиму випікання» [1, 9].

Упікання є наслідком зневоднення зовнішнього шару заготовки, який під час випікання трансформується в кірку. Як уже зазначалося, у першій фазі термічної обробки кірка формується переважно внаслідок термовологопровідності, тож втрати маси через упікання на цьому етапі незначні. У другій фазі випікання формування кірки зумовлюється переважно випаровуванням вологи в повітряно-паровий простір пекарної камери. У цей період швидкість вологовіддачі залишається сталою і відповідає максимальному рівню, досягнутому наприкінці першої фази, тому основні втрати маси за рахунок упікання припадають саме на цю частину процесу. «З метою зменшення цих втрат доцільно завершувати випікання при зниженій температурі в пекарній камері» [23].

Дослідження підтверджують, що «як швидкість утворення кірки, так і інтенсивність вологовіддачі з відкритої поверхні заготовки змінюються протягом обох періодів. У першій частині процесу швидкість утворення кірки зменшується поступово, а в другій — стабілізується» [11].

Рівень упікання залежить від багатьох чинників. Зокрема, при більшій масі заготовки його величина знижується. Якщо порівнювати заготовки однакової маси, то упікання буде більшим у тієї, що має більшу питому поверхню. «Цей показник також змінюється залежно від типу випікання — подовий чи формовий хліб» [2]. Найбільше значення має саме відкрита поверхня хліба. У випадку з подовими виробами вологовіддача відбувається через всю поверхню, за винятком тієї, що контактує з подом. «Підвищення відносної вологості в пекарній камері сприяє зменшенню упікання» [1].

Упікання становить одну з основних технологічних втрат під час випікання хліба, тому його необхідно максимально обмежувати. Водночас без цього процесу неможливе формування кірки.

«Після завершення випікання вологість кірки майже дорівнює нулю, тоді як вологість м'якуша, як правило, перевищує початкову вологість тіста на 1–2%» [3]. Через випаровування води та летких речовин маса хліба зменшується. Це зниження маси після випікання і при подальшому зберіганні називається усиханням. «Унаслідок дифузійного перерозподілу води, викликаного різницею температур і концентрацій між внутрішніми і зовнішніми шарами, кірка швидко охолоджується та зволожується до рівня 12–14 %, і ця вологість зберігається в подальшому» [1]. У процесі зберігання м'якуш, який прилягає до кірки, втрачає вологу швидше, ніж центральна частина виробу. «Тривале зберігання, особливо протягом кількох діб, призводить до суттєвого зневоднення, через що підкірковий шар твердіє – відбувається черствіння хліба» [9].

1.2.2 Колоїдні процеси

Перетворення тіста на м'якуш під час випікання значною мірою зумовлене колоїдними процесами. «Заготовка хліба є високопористою структурою, де стінки пір складаються з крохмальних зерен, частинок оболонки зерна та білкових плівок, що вкривають крохмальні зерна» [24]. Під час випікання відбувається перерозподіл води між колоїдними компонентами заготовки. «Гідрофільність колоїдів тістової заготовки різко зростає при прогріванні, завдяки чому м'якуш набуває більшої здатності зв'язувати воду, набухати і переходити в розчинний стан» [24].

За даними вчених, білки тіста досягають максимального набухання приблизно при 30°C, після чого подальше підвищення температури знижує їхню здатність до набухання. «При температурах 60–70°C білкові компоненти денатуруються і коагулюють, вивільняючи воду, яку вони поглинули під час набухання» [25]. «Крохмаль, навпаки, при підвищенні температури посилює свою здатність до набухання: близько 60°C крохмальні зерна активно набухають, поглинаючи вологу, що звільнилася білками» [9]. «У діапазоні 40–60°C одночасно

протікають процеси коагуляції білків і клейстеризації крохмалю. Ця концепція механізму перерозподілу вологи підтверджена численними дослідженнями» [24]. Зокрема, вчені відмічають, що «збільшення кількості води в тісті призводить до більш інтенсивної клейстеризації крохмалю під час випікання» [25]. Аналогічні висновки наведені у роботах закордонних вчених.

Збільшення вмісту води в тісті сприяє активній ретроградації крохмалю у готовому хлібі під час зберігання. «Натомість додавання меншої кількості води призводить до крихкості виробу через недостатній розвиток клейковинного каркаса і неповну клейстеризацію крохмалю» [9].

При черствінні хліба в мікроструктурі його м'якуша відбуваються зміни. У м'якуші черствого хліба зерна частково клейстеризованого крохмалю видно чіткіше через утворення тонкого повітряного прошарку на їх поверхні. Чим більш черствий хліб, тим яскравіше видно ці повітряні прошарки, що свідчить про зменшення об'єму крохмальних зерен. «У свіжому хлібі зерна крохмалю щільно прилягають до білкових плівок, тому межа між ними нечітка» [1].

«Макромолекули крохмалю мають численні гідроксильні групи, які взаємодіють одна з одною водневими зв'язками, утворюючи кристалічні зони, що формують структуру гранули крохмалю» [25]. Інші, аморфні області, зв'язані з амілозою.

Існують протилежні погляди щодо ролі фракцій крохмалю — амілози і амілопектину — при черствінні хліба. За даними дослідників, «зниження розчинності крохмалю м'якуша при черствінні зумовлене зменшенням розчинності амілози. Проте пізніші дослідження показали, що розчинна частина крохмалю, яка зменшується при черствінні, в основному представлена амілопектином» [26]. Зарубіжні дослідники надають великого значення амілозі, а N. Krog вважає ключовими зміни амілопектинової частини [27]. Також підкреслюють важливість амілози під час охолодження виробів, але не виключають роль амілопектину.

У процесі зберігання хліба гідрофільні властивості м'якуша знижуються, що призводить до зміни форм зв'язування води. При цьому зменшується загальна кількість водорозчинних речовин і розчинність крохмалю в м'якуші. «Підвищення

гідрофільних властивостей м'якуша уповільнює процес черствіння та відмічають, що вміст вільної вологи в м'якуші знижується під час зберігання незалежно від тривалості випікання» [28].

Вода є ключовим компонентом тіста, що впливає на якість хліба. Вона виконує три основні функції: слугує розчинником водорозчинних речовин, активує ферменти і сприяє утворенню нових зв'язків між молекулами крохмалю та білка.

«Найміцніше утримується хімічно зв'язана вода, молекули якої входять до складу основної речовини у точних кількісних співвідношеннях і звільняються лише внаслідок хімічної реакції або інтенсивної теплової обробки (наприклад, прожарювання)» [25].

Волога фізико-механічного зв'язку утримується складною внутрішньою структурою колоїдної системи і зберігає свої вихідні властивості. Вона має такі форми:

- «волога макрокапілярів — частина води, що знаходиться у вузьких капілярах, заповнює наскрізні макрокапіляри лише при безпосередньому контакті;
- волога мікрокапілярів — рідина, що заповнює будь-які мікрокапіляри як при безпосередньому контакті, так і шляхом дифузії. Цю форму зв'язку зумовлює капілярний тиск» [28].

Вода фізико-механічного зв'язку переміщується в об'єкті у вигляді рідини від центральних шарів до зони випаровування та у вигляді пари від зони випаровування через сухий шар назовні.

«Фізико-хімічна волога утворює зв'язки у строго визначених співвідношеннях. Їй відповідає адсорбційно-пов'язана волога — рідина, що утримується молекулярним силовим полем на гідрофільних групах біля поверхні розділу фаз із навколишнім середовищем» [24].

Вода рівномірно розподілена серед структурних компонентів тіста. За даними W. Bushuk, «6 % води у тісті зв'язано з крохмалем, 31 % — з білком, а 23 % — з пентозанами» [29]. Калориметричні дослідження показують, що температура замерзання води в тісті значно знижена, при цьому частина води залишається «незамороженою».

Зміни вологи під час випікання хліба оцінюють з точки зору її внутрішньої міграції [27]. Наразі у науково-технічній літературі немає однозначної думки щодо перерозподілу вологи при черствінні м'якуша хліба. «Черствіння пов'язують із ретроградацією крохмалю м'якуша, що підтверджується експериментальними дослідженнями [29]». В заготівлі крохмаль частково клейстеризується, переходячи з кристалічного у аморфний стан. Під час зберігання випеченого хліба в м'якуші відбувається ретроградація крохмалю – частковий зворотний перехід у кристалічний стан, близький до того, який був у крохмалю у тесті до випікання.

1.2.3 Біохімічні процеси

Біохімічні процеси та зміни, що відбуваються під їх впливом, у різних шарах ВЗ протікають з різною інтенсивністю. «Крохмаль спочатку проходить стадії клейстеризації, а потім гідролізується» [29]. Гідроліз клейстеризованого крохмалю, який здійснюють α - і 0 -амілази, що містяться в зерні та борошні, відбувається значно швидше, ніж нативного крохмалю. «У житньому тісті, яке має високу кислотність, інактивація амілаз при випіканні настає при нижчих температурах» [30].

Під час випікання хліба з борошна, що містить α - і β -амілази, в м'якуші накопичуються низькомолекулярні декстрини, які надають м'якушу липкість і заминаємість.

Вітчизняні вчені зазначають, що гідролітичний розпад крохмалю та інших вуглеводів відбувається на всіх стадіях приготування житнього хліба. «Найбільш інтенсивний гідроліз крохмалю спостерігається в останньому періоді випікання (при температурі м'якушу понад 75°C) та на початку охолодження випеченого хліба, коли температура м'якушу ще перевищує 60°C , тобто за умов, коли амілолітичні ферменти у житньому хлібі практично повністю інактивовані» [30]. «Вищий вміст водорозчинних речовин, вуглеводів та декстринів у житньому хлібі, пояснюється кислотним гідролізом крохмалю, що сприяє уповільненню процесу черствіння» [30].

Білково-протеїназний комплекс заготовки під час випікання зазнає значних змін. Білки піддаються впливу протеїназ і термічній денатурації. Протеоліз залежить від вологості напівфабрикату та тривалості нагрівання. «Чим довше триває випікання заготовок із житнього борошна, тим активніше відбувається руйнування білків у тістовій заготовці» [32].

У процесі випікання в кірці хліба відбуваються біохімічні зміни, які суттєво впливають на якість виробу. Кірка містить значно більшу кількість водорозчинних речовин і декстринів, що накопичуються через термічні перетворення крохмалю в процесі випікання.

Дослідженнями низки зарубіжних авторів показано, що «разом із меланоїдинами у результаті реакції Майяра утворюється акриламід» [33]. Вони виявили, що «при збільшенні часу випікання житніх коржиків з 5 до 20 хвилин вміст акриламідів зростає, досягаючи максимуму між 25 і 30 хвилинами» [29]. Також відмічено, «що зберігання житніх хлібців у герметичних посудинах з підвищеною вологістю знижує вміст акриламідів на 80%» [33]. Повідомляється про «зниження акриламідів до 77% при тривалому бродінні тіста з житнього борошна з додаванням дріжджів» [32].

1.2.4 Мікробіологічні процеси

Під час випікання з поступовим прогріванням у виробі змінюється активність мікроорганізмів. «Дріжджі активізуються при підвищенні температури до 35°C, що збільшує швидкість бродіння і газоутворення. Однак при подальшому прогріванні від 35 до 50°C їх активність різко знижується» [34].

Життєдіяльність кислотоутворюючих бактерій залежить від їх температурного оптимуму. «Нетермофільні бактерії посилюють активність до 35°C, а при нагріванні від 35 до 50°C їх життєдіяльність зменшується» [3]. Термофільні бактерії, навпаки, активізуються до 55°C, але при температурах від 55 до 70°C їх активність поступово знижується і припиняється.

Дослідження вчених показують, що в м'якуші житнього хліба, виготовленого з оббивного (шпалерного) борошна, деякі клітини дріжджів і кислотоутворюючих

бактерій зберігаються у послабленому, але життєздатному стані. «Це пояснюється низькою кількістю вільної води в м'якуші та тим, що температура центральних шарів виробу під час випікання лише короткочасно піднімається вище 90°C» [9].

«При нагріванні центральних шарів від 30 до 96°C процеси бродіння, викликані дріжджами і бактеріями, поступово припиняються» [35]. Прогрівання відбувається послідовно – від зовнішніх шарів до центру, тому умови для життєдіяльності мікрофлори в різних шарах відрізняються.

1.3 Параметри випікання та їх вплив на якість хліба

На якість хліба впливають умови випікання, температурний режим по зонах печі, параметри зволоження та обсмажування, а також тривалість випічки. «Як зазначено в наукових працях, процес випікання поділяється на два періоди» [3] тоді як інші вчені виділяють три періоди: «у першому відбувається зволоження тестової заготовки, у другому – інтенсивне підведення тепла, а в третьому – поступове зниження температури» [1].

Перший період випічки починається з моменту подачі тестової заготовки в зону зволоження пекарної камери, де насичена пара низького тиску рівномірно розподіляється завдяки парозволожувальному пристрою. На холодній поверхні виробу конденсується пара. «У цей період відбувається інтенсивний тепло- та масообмін, що призводить до прогрівання тестової заготовки. Температура на верхній і бічній поверхнях швидко підвищується, і коли досягає температури точки роси, конденсація пари припиняється» [35-38]. Це і знаменує кінець першого періоду. Маса виробу зростає за рахунок вологи, що конденсувалась на його поверхні.

На початку другого періоду випічки починається випаровування конденсату з поверхні виробу, що супроводжується відбором теплоти зовнішнім середовищем і масою виробу, через що температура поверхні знижується. «У цей період поглиблюється зона випаровування, температура м'якушу підвищується, утворюється частково зневоднений шар. До кінця другого періоду вологість цього

шару значно падає, теплопровідність зменшується, а температура поверхні досягає понад 100°C » [39]. На поверхні виробу починає формуватися кірка. Інтенсивно відбувається збільшення об'єму хліба, зміна форми подового хліба – збільшується висота, зменшуються ширина й іноді довжина. Цей момент відокремлює другий період від третього.

За даними вчених, «випічку житнього хліба після нетривалого зволоження доцільно проводити при високій температурі – $270\text{--}300^{\circ}\text{C}$. Після досягнення в центрі виробу $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$ завершення випічки має проходити при зниженій температурі камери – $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$ » [40].

Ряд дослідників рекомендують «для подових сортів житнього хліба застосовувати попереднє обсмажування виробів у пекарній камері при $320\text{--}350^{\circ}\text{C}$ протягом 4–5 хвилин. За цей час на поверхні утворюється тонка плівка, що згодом перетворюється на кірку» [3]. Після обсмажування заготовки виймають, іноді зволожують їх поверхню водою, дають відлежатися й допікають у печі при близько 230°C . Хліб, випечений з обсмажуванням, має товстішу, але не підгорілу кірку та приємний специфічний смак і аромат.

«Третій період випічки починається з утворення кірки, коли температура її поверхні досягає $105\text{--}115^{\circ}\text{C}$. До цього моменту внутрішні шари виробу вже перетворюються на м'якуш, хоча він ще не повністю пропечений, а зовнішній шар, частково зневоднений, формує кірку» [1, 9]. Утворення кірки та м'якушу перешкоджає подальшому збільшенню обсягу хліба та зміні його розмірів.

У цей період температура поверхні виробу продовжує зростати, але до кінця випікання дещо знижується. «Водночас відбувається подальший прогрів внутрішніх шарів м'якушу. Коли температура в центральних шарах досягає $96\text{--}98^{\circ}\text{C}$, м'якуш вважається повністю пропеченим, і процес випічки завершується» [35].

У завершальній фазі третього періоду також посилюються фізико-хімічні та біохімічні зміни, зумовлені високою температурою. «Важливе значення має утворення стабільної структури м'якушу – внаслідок клейстеризації крохмалю, коагуляції білків та випаровування вологи з верхніх шарів. Одночасно відбувається

реакція Майяра між амінокислотами та редукуючими цукрами, що спричиняє утворення меланоїдинів, які зумовлюють характерне забарвлення, аромат і смак кірки» [37].

Температурний градієнт між кіркою та м'якушем зменшується, але залишається суттєвим до завершення випікання. Поступове зниження температури поверхні виробу на завершальному етапі запобігає надмірному підгорянню кірки та сприяє рівномірному пропіканню м'якушу. «Саме на цьому етапі формується остаточна пористість, закріплюється пружна структура хлібного м'якушу, а кірка набуває щільності та хрусткості» [40].

Таким чином, третій період випічки має вирішальне значення для формування кінцевих органолептичних показників хліба – кольору, аромату, смаку та текстури.

1.4 Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи слід вважати обґрунтування, і вдосконалення процесу випікання подового житнього-пшеничного хліба.

Відповідно до поставленої мети було визначено такі основні завдання:

- аналіз сучасного виробництва хліба на хлібопекарських підприємствах;
- вплив режимів окремих періодів випічки (зволоження та обсмажування) на характеристики заготовок, що випікаються (ТЗ) і якість хліба;
- вплив частки житнього борошна у суміші її з пшеничного на якість хліба та величину упікання.

Висновки по розділу.

У розділі розглянуто особливості формування якості хлібобулочних виробів, виготовлених із житнього борошна, з урахуванням властивостей сировини, специфіки фізико-хімічних та біохімічних змін у процесі випікання, а також впливу технологічних параметрів на структурно-механічні та органолептичні характеристики готової продукції.

Хліб із житнього борошна характеризується вираженою кислою реакцією середовища, високим вмістом пентозанів, значною в'язкістю тіста та здатністю до утворення щільного, рівномірно пропеченого м'якушу з еластичною текстурою. Основними факторами, що впливають на якість таких виробів, є кислотність тіста, ферментативна активність та гідратаційні властивості компонентів борошна.

У процесі випікання відбуваються складні теплофізичні перетворення: послідовне прогрівання заготовки від поверхні до центру, випаровування вологи, утворення кірки та остаточне формування структури м'якушу. Виділено три періоди випікання – зволоження, інтенсивне теплопідведення та стабілізація температури – кожен з яких має своє значення для якості кінцевого продукту.

Колоїдні процеси під час випікання охоплюють клейстеризацію крохмалю, коагуляцію білків і структуроутворення м'якушу. Взаємодія пентозанів із водою та компонентами тіста відіграє важливу роль у стабілізації структури хліба, а денатурація білків і утворення полімерних гелів зумовлюють пористість і пружність м'якушу.

Біохімічні зміни включають гідроліз крохмалю під дією амілаз, що зумовлює накопичення декстринів та водорозчинних вуглеводів, особливо в кірці. Висока кислотність житнього тіста активізує кислотний гідроліз, що сприяє уповільненню процесу черствіння хліба. Паралельно відбувається реакція Майяра, яка відповідає за забарвлення, аромат і смак кірки, але супроводжується утворенням небажаних сполук, таких як акриламід.

Мікробіологічні процеси змінюються в міру підвищення температури. Діяльність дріжджів і нетермофільних бактерій припиняється при 50–60 °C, а термофільні культури – при 70 °C. Проте в м'якуші житнього хліба зберігається незначна кількість життєздатних клітин, що пов'язано з вологісною характеристикою та особливостями прогрівання.

Техніко-технологічні параметри випікання (температура, тривалість, парозволоження, попереднє обсмажування) істотно впливають на якість готових виробів. Встановлено, що початкове обсмажування заготовок при високій температурі сприяє формуванню тонкої кіркової плівки, яка забезпечує краще

утримання форми виробу та покращує зовнішній вигляд і смакові властивості хліба.

Таким чином, процес випікання житнього хліба є багатокomпонентною системою фізико-хімічних, біохімічних і мікробіологічних перетворень, керування якими дозволяє досягти високих показників якості готової продукції.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися в лабораторіях кафедри харчових технологій ДДАЕУ, ВСП «Технологічний фаховий коледж ДДАЕУ» та виробничій лабораторії ПрАТ «Дніпропетровський хлібзавод №9».

У процесі дослідження проводили лабораторні випічки з відібраних проб сировини, аналізували готовий хліб за органолептичними та фізико-хімічними показниками, а також визначали величину упікання.

У роботі використовували таку сировину: борошно житнє обдирне ТМ Metro Chef та пшеничне першого сорту (ТОВ «Дніпромлин»), дріжджі хлібопекарські пресовані (Львівський дріжджовий завод), кухонну харчову сіль та воду.

Для приготування житньо-пшеничного хліба житнє обдирне борошно та пшеничне борошно першого сорту змішували в різних співвідношеннях: 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 та 100:0 відповідно.

2.1 Методи приготування тіста та хліба

При проведенні досліджень тісто готували на густій житній заквасці за рецептурою, наведеною в табл. 2.1.

Для приготування тіста застосовували виробничу житню густу закваску, отриману на ПрАТ «Дніпропетровський хлібзавод №9». У виробничому циклі закваску відновлювали шляхом регулярних освіжень з подальшим виброжуванням до досягнення кислотності 10–14°.

Пресовані дріжджі для замісу тіста додавали у вигляді дріжджової суспензії, а кухонну сіль – у формі водного розчину.

Замішування тіста проводили на лабораторній тістомісильній машині Diosna протягом 5 хвилин. Бродіння тіста здійснювали в термостаті за температури 31–32 °С протягом 60 хвилин.

Після бродіння тісто вручну поділяли на шматки масою 220 або 770 г залежно від цілей дослідження.

Таблиця 2.1 – Рецептура приготування тіста

Найменування сировини та напівфабрикатів, кг	Співвідношення житнього та пшеничного борошна, %					
	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	100:0
Закваска	54	57	57	57	57	57
Борошно житнє обдирне	-	7	17	27	37	67
Борошно пшеничне хлібопекарське першого сорту	70	60	50	40	30	-
Сіль кухонна харчова	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вода	За розрахунком*					

*Кількість води на заміс тіста розраховували виходячи з його вологості 46%.

Обробку тістових заготовок здійснювали вручну, після чого їх розміщували в матер'яні люльки та направляли на вистоювання. Вистоювання проводили у лабораторній шафі за температури 37–38 °С та відносної вологості повітря 73–75% протягом 60 хвилин.

Випікання хліба виконували із застосуванням автоматизованої системи наукових досліджень процесу випічки протягом 38 хвилин для заготовок масою 700 г. Процес випічки поділяли на три періоди: зволоження, обсмажування та допікання.

Для заготовок масою 200 г випікання здійснювали в лабораторній печі відповідно до завдань дослідження. Тривалість випічки змінювали від 10 до 30 хвилин з інтервалом 5 хвилин.

Після випікання хліб охолоджували протягом 2 годин, потім упаковували у поліетиленові пакети та зберігали за температури 22–24 °С.

2.2 Методи оцінювання показників якості тістових заготовок

Вище зазначалося, що у роботі використовувалися загальноприйняті, і навіть додаткові методи досліджень. Для оцінки характеристик тістових заготовок визначали величину упікання та кількість зволожуючого конденсату, а також температурні та геометричні характеристики, такі як розмір, об'єм та формостійкість тістових заготовок.

У процесі випікання за допомогою прецизійних ваг автоматично вимірювався маси тістових заготовок. Використовуючи отримані дані, визначали кількість зволожуючого конденсату ($M_{\max}^{\text{звол}}$) і упікання (Y), за формулами (2.1) і (2.2), відповідно:

$$M_{\max}^{\text{звол}} = M_{\max}^{\text{випар.}} - M_{\text{т.з.}} \quad (2.1)$$

$$Y = \frac{M_{\text{т.з.}} - M_{\text{гар.хл.}}}{M_{\text{т.з.}}} \quad (2.2)$$

де $M_{\text{т.з.}}$ – початкова маса тістової заготовки, г;

$M_{\max}^{\text{випар.}}$ – максимальна маса тістової заготовки після зволоження, г;

$M_{\text{гар.хл.}}$ – маса гарячого хліба, г.

Для визначення розмірів тістової заготовки за допомогою цифрової відеокамери фіксувалося зображення тістової заготовки.

Отриманий відеозапис розкадровували за допомогою програми VirtualDub 1.5.10 з інтервалом 30 с. Готові кадри формату BMP обробляли у програмі Adobe Photoshop CS2, яка дозволяла визначати фактичні розміри (діаметр та висота) ТЗ.

Залежно від мети дослідження, аналіз хліба здійснювали через 4, 24 та 48 годин після випікання за такими показниками: маса виробу (відповідно до вимог Міждержавного стандарту 24104), кислотність м'якуша (Міждержавний стандарт 5670-96), вологість м'якуша (Міждержавний стандарт 21094-75), пористість

м'якуша (Міждержавний стандарт 5669-96), а також об'єм і питомий об'єм хліба згідно з методикою, описаною в посібнику. Визначали також формостійкість хліба. Додатково проводили визначення глянцею хліба за спеціально розробленою методикою та створювали бальну шкалу для органолептичної оцінки якості подового хліба з житнього й пшеничного борошна.

Глянець верхньої кірки зразків хліба (далі глянець), що утворився після випічки, вимірювали за допомогою блискоміра (рис. 2.1).

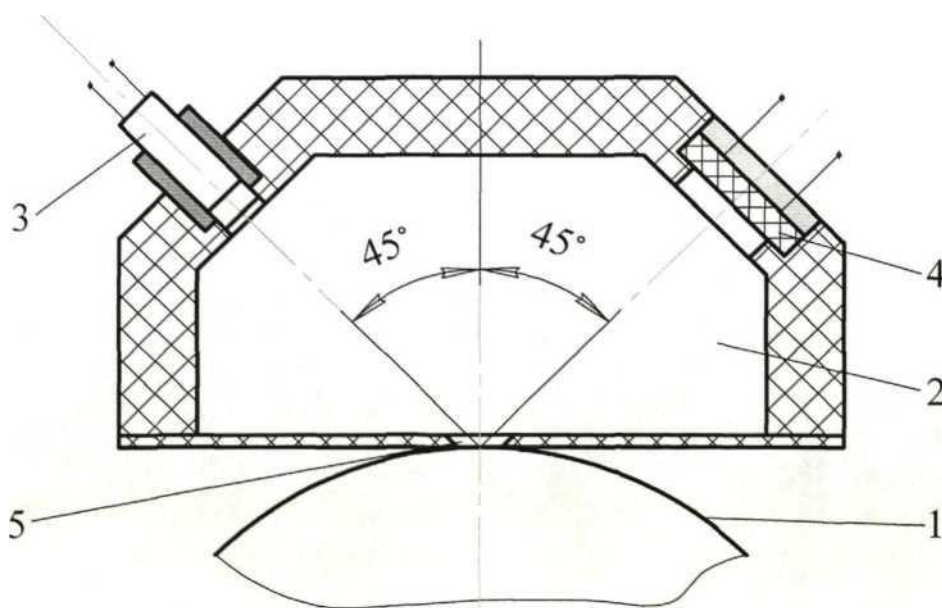


Рисунок 2.1 – Схема блискоміра

Блискомір встановлюється безпосередньо на поверхню кірки (поз. 1), яка розміщується над отвором (поз. 5) у нижній стінці затемненої камери (поз. 2). У бокових стінках камери закріплено джерело світла (поз. 3) з одного боку та світлоприймач (поз. 4) – з іншого. В ролі джерела світла застосовується лазерний генератор, а світлоприймачем є фоторезистор ФК-1.

Принцип дії блискоміра ґрунтується на відбитті світлового променя. Спрямований промінь світла падає на поверхню кірки під кутом 45° та відбивається під тим самим кутом. Відбитий промінь потрапляє на чутливу поверхню фоторезистора (поз. 4), ступінь освітлення якої прямо пропорційна рівню глянцею досліджуваної поверхні. Зафіксовану величину глянцею реєструє цифровий тестер М-838, який вимірює силу електричного струму у колі фоторезистора.

Величину глянцю, що вимірюється, можна виразити безрозмірним числом Γ за формулою (2.3):

$$\Gamma = \frac{N_{\kappa}}{N_e} \quad (2.3)$$

де N_{κ} – показання цифрового тестера при відображенні лазерного пучка світла від аналізованої кірки;

N_e – показання того ж тестера при відображенні пучка світла від зразка срібного дзеркальця.

Висновки по розділу.

У ході дослідження застосовано різні методи приготування тіста з використанням житнього обдирного та пшеничного борошна першого сорту в різних співвідношеннях, що дозволило варіювати технологічні властивості тістових заготовок та готового хліба.

Для отримання тіста використовували виробничу житню закваску, яка забезпечувала накопичення необхідного рівня кислотності, а також застосовували суспензію пресованих дріжджів та розчин кухонної солі. Заміс здійснювали на лабораторній тістомісильній машині, а бродіння проводили в термостаті при контрольованих параметрах температури та часу.

Для оцінювання якості тістових заготовок і хліба використано комплекс методів згідно з Міждержавними стандартами. Досліджувалися маса, вологість, кислотність, пористість м'якуша, об'єм виробу, питома об'ємна маса, формостійкість, а також реологічні характеристики м'якуша.

Застосування блискоміра дало змогу об'єктивно оцінити ступінь глянцю скоринки хліба, що разом з іншими фізико-хімічними показниками дозволило комплексно охарактеризувати якість виробів та встановити залежність її від складу борошняної суміші.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз сучасного виробництва житньо-пшеничного хліба в м. Дніпро

Аналіз сучасного стану виробництва хліба з додаванням житнього борошна було проведено на низці хлібопекарських підприємств міста Дніпро (зокрема хлібозаводи №5, №9 та №10). Встановлено, що найчастіше виготовляється житньо-пшеничний подовий хліб масою 0,6-0,8 кг, у складі якого частка житнього борошна становить 40-60 %.

Для визначення якісних характеристик цього виду хліба проводили відбір зразків, у яких досліджували метод приготування тіста та технологічний режим випікання. Виявлено, що на вказаних підприємствах тісто готували із використанням густих заквасок, а випікання здійснювали у пекарських камерах типу ППЦ, Гостол і ХНН-2.

Повна тривалість випікання в цих печах становила 36-39 хвилин. Випікання поділялося на три основні етапи: зволоження, обсмажування та допікання, які відповідали трьом термічним зонам пекарної камери.

Під час першого етапу – зволоження – парове зволоження заготовок забезпечувалося шляхом подачі пари, внаслідок чого формувалося пароповітряне середовище з відносною вологістю 60-70 % і температурою 110-130 °С. Цей етап тривав 4–6 % від загального часу випікання.

Обсмажування заготовок проводилось упродовж 7-9 % від загальної тривалості випікання за температури 240-260 °С.

На завершальному етапі – допіканні – температура поступово знижувалася від 180 до 150 °С.

Зразки хліба, відібрані для дослідження, оцінювали за фізико-хімічними та органолептичними показниками через 16-24 години після випікання згідно з методиками, наведеними в розділі 2.

Результати аналізу якості хліба наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні та органолептичні показники якості

Показники	Характеристики якості	Хлібозавод		
		№3	№17	№26
Фізико-хімічні	Питома об'єм, см ³ /г	2,36	2,25	2,34
	Формостійкість	0,39	0,35	0,39
	Вологість, %	45,7	45,5	45,4
	Кислотність, град	8,0	5,5	5,2
	Пористість, %	70	69	66
Органолептичні	Форма виробу	Правильна	Несиметрична	Правильна
	Стан поверхні	Гладка глянцева	Гладка без підривів	Гладка
	Забарвлення кірки	Рівномірна коричнева		
	Характер пористості	Нерівномірна, середньої величини	Дрібна, середня, недостатньо рівномірна	Дрібна, нерівномірна
	Реологічні властивості	Ущільнений, мало еластичний		
	Колір м'якішу	Рівномірний, світло-коричневий		
	Запах	Властиві даному виду виробів		
	Смак	Властиві даному виду виробів		
	Розжовування	Добре розжовується, не комкується		

Результати табл. 3.1 показують, що впроваджені на хлібозаводах режими випікання забезпечують отримання хліба задовільної якості, що відповідає вимогам ДСТУ. Водночас для покращення питомого об'єму, пористості, аромату та смакових властивостей необхідно додатково дослідити вплив режимних параметрів випікання на якість хліба і властивості заготовок, а також науково обґрунтувати шляхи удосконалення технології випікання хліба з використанням суміші житнього та пшеничного борошна.

Зокрема, доцільним є вивчення температурно-часових режимів у різних періодах випікання, ступеня зволоження пекарної камери, а також особливостей тепло- та масообміну в тісті з різним співвідношенням житнього і пшеничного борошна.

Увагу слід приділити і конструктивним особливостям пекарного обладнання, які впливають на рівномірність пропікання та формування як кірки, так і м'якушу. Це дозволить оптимізувати технологічний процес і забезпечити стабільну якість готової продукції.

3.2 Вплив режимів випічки на якість хліба та характеристики заготовок, що випікаються

У процесі дослідження впливу режиму випікання на якість хліба тісто готували зі суміші житнього оббивного та пшеничного борошна I сорту у співвідношенні 1:1 відповідно до рецептури, наведеної в розділі 2. Маса тістових заготовок становила 770 г.

Діапазон зміни параметрів випікання встановлювали на основі аналізу експлуатаційних характеристик печей хлібо заводів м. Дніпра. Випікання здійснювали у лабораторному пічному модулі з тривалістю 38 хвилин. Початкове зволоження тістових заготовок проводили в умовах відносної вологості пекарної камери 70-72% та температури 110-120°C. Обсмажування відбувалося при температурі 240-250°C, допікання – при 150-180°C. Тривалість кожного з періодів випікання варіювали згідно з табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Варіанти режиму випікання

Періоди випікання	Тривалість періодів у хвилинах за варіантами						
	1	2	3	4	5	6	7
I. Зволоження	2	1	3	2	2	0	2
II. Обсмаження	3	3	3	2	4	3	0
III. Допікання	33	34	32	34	32	35	36

Під час випікання здійснювали контроль температури та вологості повітря пекарної камери, температур відкритої й контактної поверхонь, а також

центральної частини тістової заготовки. Додатково вимірювали масу, висоту та діаметр заготовок згідно з методиками, наведеними у розділі 2. На основі змін маси заготовок розраховували кількість конденсату, утвореного під час першого періоду, а також величину упікання. Окрім цього, визначали показник формостійкості й об'єм тістових заготовок за методикою з розділу 2.

Оцінку глянцевої поверхні готового хліба проводили відповідно до вимог розділу 2. Комплексну оцінку якості продукції здійснювали через 24 години після випікання на підставі фізико-хімічних та органолептичних показників за методиками, викладеними в розділі 2.

У рамках наших досліджень було вивчено вплив режимів випічки на якісні показники хліба, зокрема фізико-хімічні та органолептичні характеристики. Результати представлені в табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Якість хліба та величина його упікання при різних варіантах режиму випікання

Характеристики якості	Номер варіанту						
	1	2	3	4	5	6	7
Питомий об'єм, см ³ /г	2,51	2,41	2,62	2,49	2,51	2,32	2,77
Висота, см	81	79	74	80	80	70	76
Діаметр, см	190	188	202	190	192	193	201
Формостійкість	0,43	0,42	0,37	0,42	0,42	0,36	0,38
Вологість, %	46,3	46,7	46,3	46,3	46,4	46,6	46,9
Кислотність, град	5,9	6,1	6,0	6,0	6,0	5,9	6,0
Пористість, %	73	72	72	73	73	67	72
Глянець	0,60	0,57	0,61	0,58	0,60	0,51	0,52
Упікання, %	7,1	7,3	6,6	7,0	7,5	8,6	6,9

З аналізу табл. 3.3 видно, що питомий об'єм хліба залежав від тривалості зволоження тістової заготовки. Хліб, випечений без зволоження (варіант 6), мав найнижчий питомий об'єм – 2,32 см³/г, тоді як при збільшенні тривалості

зволоження до 1 та 2 хвилин цей показник зростав відповідно на 4% та 8%. При зволоженні протягом 3 хвилин (варіант 3) питомий об'єм досягав 2,62 см³/г.

Також тривалість обсмажування впливала на питомий об'єм: хліб без обсмажування (варіант 7) мав найбільший питомий об'єм – 2,77 см³/г, а при обсмажуванні незалежно від тривалості питомий об'єм зменшувався приблизно на 11%.

Щодо формостійкості, то при випіканні без зволоження (варіант 6) цей показник був найнижчим – 0,36. Зі збільшенням тривалості зволоження від 0 до 1 і 2 хвилин формостійкість зросла на 17% та 19% відповідно, а при 3 хвилинах зволоження зміни були незначними – близько 3%.

Таблиця 3.4 – Органолептичні показники якості хліба за різних варіантів режиму випікання

Характеристики якості	Номер варіанту						
	1	2	3	4	5	6	7
Форма виробу	Правильна	Неправильна обжимиста	Правильна, що розплився	Правильна, злегка обжата	Правильна	Неправильна, несиметрична	Розпливчаста
Стан поверхні	Гладка	Борошниста	Досить глянцева, з невеликими тріщинами	Досить гладка	Досить гладка	Борошниста, з підривами по всьому периметру кірки	3 невеликими тріщинами
Забарвлення кірки	Коричнева	Сіро - коричнева	Коричнева	Світло - коричнева	Темно - коричнева	Сіра	Світло - коричнева
Характер пористості	Дрібна та середня рівномірна, тонкостінна	Дрібна та середня досить рівномірна				Ущільнена - знизу, великі пори під верхньою кіркою	Дрібна недостатньо рівномірна
Реологічні властивості	м'який, дуже еластичний	Еластичний		Досить еластичний	Досить еластичний, щільний	Еластичний	Досить еластичний, ущільнений
Колір м'якшу	Сірий						
Запах	Інтенсивно виражений хлібний	Виражений хлібний				Слабо виражений хлібний	
Смак	Інтенсивно виражений хлібний	Виражений хлібний			Інтенсивно виражений хлібний	Слабо виражений хлібний	
Розжовування	Добре розжовується	Трохи грубий	Добре розжовується, злегка комкується	Злегка комкується	Трохи грубий	Злегка комкуються	

Під час випікання хліба без етапу обсмажування (варіант 7) не забезпечувалась стабілізація форми тістової заготовки, внаслідок чого вона поступово розтікалась, і сформований виріб мав низький показник формостійкості – 0,38.

Зволоження суттєво впливало на глянець кірки хліба. У зразках, випечених при зволоженні тривалістю 1 хвилину, глянець зростав з 0,51 до 0,57, що на 11% вище порівняно з хлібом, виготовленим без зволоження. При зволоженні тривалістю 2 хвилини (варіант 1) поверхня кірки ставала ще гладшою, а показник глянцю збільшувався додатково на 3%. Подальше збільшення тривалості зволоження до 3 хвилин не призводило до суттєвих змін цього показника.

Виявлені зміни показника глянцю, на нашу думку, пов'язані з різною кількістю зволожуючого конденсату. У разі випікання хліба без зволоження середовища пекарної камери конденсація вологи не відбувалася. При зволоженні тістових заготовок протягом 1 хвилини (варіант 2) утворювалось 8,5 г конденсату. Подовження тривалості зволоження до 2 та 3 хвилин зумовлювало збільшення кількості конденсату відповідно на 39% і 73%.

Також на глянець кірки впливала тривалість обсмажування: при її збільшенні від 0 до 3 хвилин показник глянцю різко зростав на 15%, а подальше подовження до 4 хвилин не спричиняло додаткових змін.

Показник пористості, як видно з табл. 3.3, залишався стабільним у межах 72-73% у більшості варіантів, за винятком варіанта 6, де він був найнижчим – 67%.

З табл. 3.3 та 3.4 видно, що режими випікання впливали також на реологічні властивості м'якуша. Із подовженням тривалості зволоження загальна деформація зростала від 68,5 до 75,6 од. пенетрометра. Водночас відносна пластичність залишалася стабільною у межах 55-58%, що узгоджувалося з органолептичною оцінкою – у всіх випадках м'якуш мав еластичну консистенцію.

Зі збільшенням тривалості обсмажування від 0 до 4 хвилин загальна деформація зростала на 10% (див. табл. 3.4). Відносна пластичність м'якуша при цьому залишалася сталою – 56-57%.

Графічні залежності бальної оцінки від тривалості зволоження та обсмажування наведено на рис. 3.1 та 3.2.

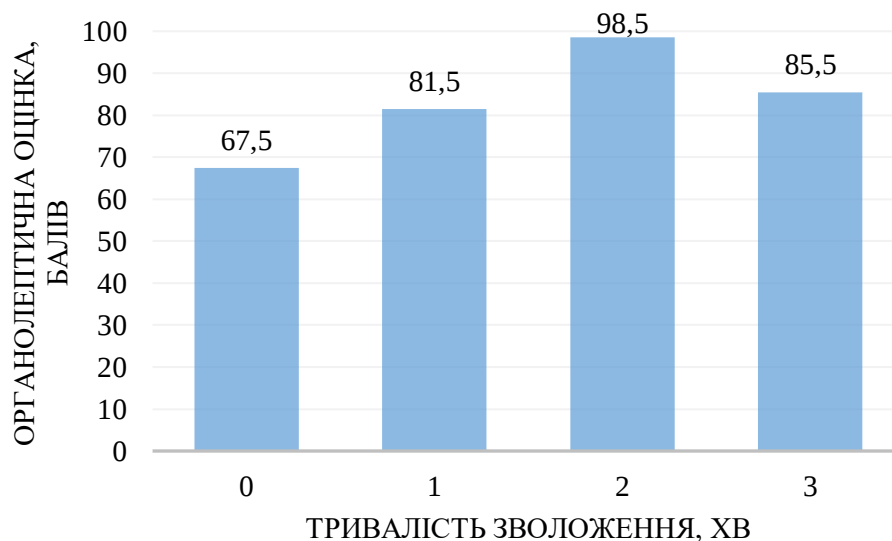


Рисунок 3.1 – Вплив тривалості зволоження на бальну оцінку якості хліба



Рисунок 3.2 – Вплив тривалості обсмажування на бальну оцінку якості хліба

Органолептична оцінка якості хліба (див. табл. 3.3), випеченого за різними режимами, показала, що за умов зволоження тістових заготовок та їх обсмажування вироби мали правильну форму з досить рівною поверхнею. У разі випікання без зволоження (варіант 6) хліб формувався неправильно, мав несиметричну форму та підриви по краях. Такий виріб отримав найнижчу оцінку – 67,5 бали (рис. 3.1). Відсутність обсмажування під час випікання (варіант 7) призводила до утворення

хліба з розпливчастим контуром і дрібними тріщинами на поверхні. Якість такого хліба оцінили також невисоко – 68,5 бали (рис. 3.4). Збільшення тривалості зволоження до 2 хвилин та обсмажування до 3 хвилин (варіант 1) сприяло отриманню хліба з чіткою, блискучою поверхнею.

Колір кірки коливався в межах від світло-коричневого до коричневого. Винятком були вироби, випечені без зволоження (варіант 6), які мали сірувату поверхню, та хліб із тривалістю обсмажування 4 хвилини (варіант 5) – його кірка була темно-коричневою. Режим випікання на колір м'якуша істотного впливу не справляв – в усіх варіантах він залишався з характерним сіруватим відтінком.

Відсутність зволоження під час випікання зумовлювала отримання хліба зі слабо вираженим ароматом і смаковими властивостями. Найвищу органолептичну оцінку – 98,5 бали – отримав хліб, випечений за умови зволоження впродовж 2 хвилин і обсмажування протягом 3 хвилин (варіант 1). Такий виріб мав приємний аромат, насичений смак, добре розжовувався і не злежувався в грудки.

Режим випікання також суттєво впливав на величину упікання. Максимальне упікання – 8,6% – відзначався у хліба, випеченого без зволоження (варіант 6). У разі зволоження протягом 1, 2 і 3 хвилин (варіанти 2, 1, 3) упікання зменшувався на 1,3; 1,5 та 2% відповідно. Зі збільшенням тривалості обсмажування з 2 до 4 хвилин упікання зростав на 0,5%. При відсутності обсмажування (варіант 7) упікання становив 6,9%.

Узагальнюючи результати дослідження впливу тривалості зволоження та обсмажування на якісні показники хліба й величину упікання, оптимальним було визнано режим випікання варіанта 1.

3.3 Вплив складу суміші борошна на характеристики заготовок, що випікаються, упікання і якість хліба

Описані в попередньому розділі дослідження проводилися на зразках хліба, виготовленого зі співвідношенням житнього та пшеничного борошна 50:50. Оскільки хлібопекарська промисловість випускає продукцію із різними

співвідношеннями цих видів борошна, у подальших дослідженнях ми досліджували вплив складу борошняної суміші на характеристики тістової заготовки (ТЗ), величину упікання та якість готового хліба.

Для вирішення поставленого завдання тісто готували з житнього борошна та його сумішей із пшеничним згідно з рецептурами, наведеними в таблиці 1 розділу 2. Для порівняння додатково випікали подовий хліб із пшеничного борошна першого сорту за безопарною технологією. Маса тістових заготовок становила 770 г.

Випікання здійснювали в лабораторному пічному модулі упродовж 38 хвилин за раціональним режимом (варіант 1). Під час випікання вимірювали масу та геометричні параметри ТЗ згідно з методиками, наведеними в розділі 2. Розрахунковим методом визначали кількість зволожуючого конденсату, формостійкість, об'єм ТЗ і величину упікання відповідно до зазначених методик.

У цьому розділі наведено дані, що відображають зміни температурних та геометричних характеристик заготовок у процесі випікання хліба залежно від виду борошна. Дослідження проводилися на зразках з борошна житнього, пшеничного та їх суміші у співвідношенні 50:50.

Графіки зміни температур центральних областей заготовок у процесі випікання представлені на рис. 3.3.

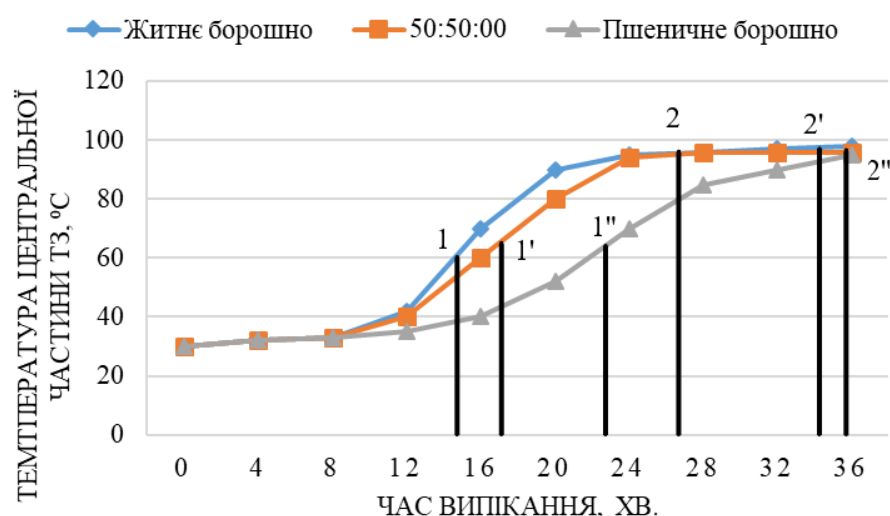


Рисунок 3.3 – Зміна температур центральних областей тістових заготовок різних видів борошна

Як зазначалося раніше, температура в центральній частині тістової заготовки (ТЗ) змінювалася за S-подібною кривою, на якій виділяються дві характерні точки – початку денатурації білка та клейстеризації крохмалю (т.1) і стабілізації температури (т.2). Залежно від виду використаного борошна змінювалася швидкість прогрівання ТЗ, що проявлялося у зміщенні точок перегину 1, 1', 1'' та стабілізації температури 2, 2'.

Досягнення температури, за якої розпочинається денатурація білків і клейстеризація крохмалю (т.1), найшвидше фіксувалося для тістових заготовок з житнього борошна. У заготовках із пшеничного борошна цей процес відбувався повільніше. Як видно з рис. 3.3, найтриваліший період стабілізації температури характерний для житніх заготовок, тоді як у пшеничних точка стабілізації температури (т.2'') наставала ближче до завершення випікання, однак тривала коротше, ніж у житніх тістових заготовках.

На рис. 3.4 наведено дані про зміну формостійкості ВЗ залежно від виду борошна.

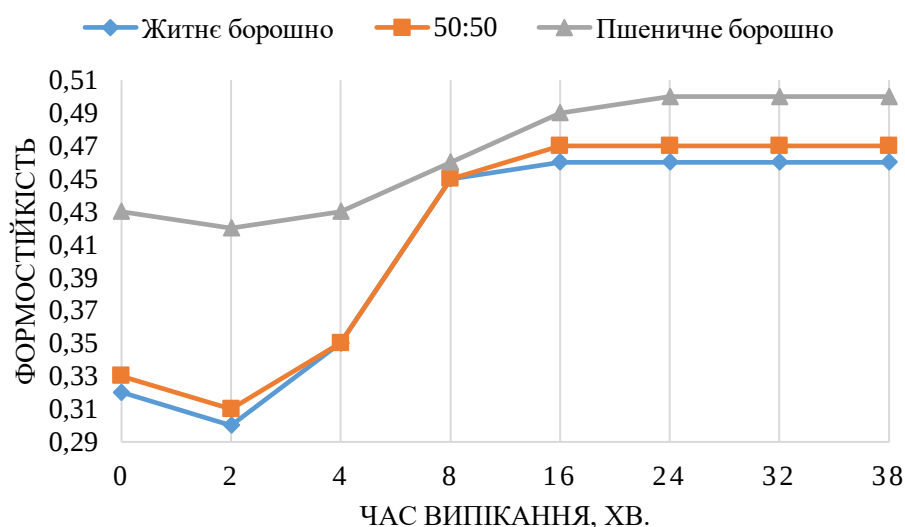


Рисунок 3.4 – Зміна формостійкості тістових заготовок різних видів борошна

Екстремум, характерний для тістових заготовок (ТЗ) з житнього борошна, на графіку формостійкості пшеничних заготовок не спостерігався. Пшеничні зразки проявляли пружно-еластичні властивості і при зволоженні меншою мірою

розтікалися. При обсмажуванні житніх та житньо-пшеничних заготовок відбувалося різке зростання формостійкості, і форма стабілізувалась досить швидко. Для пшеничних ТЗ формостійкість збільшувалась повільно і плавно, а стабілізація форми наступала помітно пізніше, порівняно з заготовками на основі житнього борошна, що добре корелює з даними про швидкість прогріву та формування м'якушу ТЗ.

Результати дослідження характеристик тістових заготовок, якості хліба та упікання при різному складі суміші наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Вплив складу суміші борошна на характеристики тістових заготовок, якість хліба та величину упікання

Показник	Значення показників при зміні вмісту житнього борошна, %				
	100	70	50	30	0
Об'єм, см ³	1479	1566	1715	1793	1891
Глянець	0,55	0,58	0,6	0,71	0,78
Кількість конденсату, г	8,1	9,3	11,8	12,0	13,6
Упікання, %	7,4	7,3	7,1	7,0	7,0
Об'єм м'якуша, що набух, см ³	34	34	33	32	32

При виборі хліба споживач особливо звертає увагу на його зовнішній вигляд, зокрема об'єм виробу та стан поверхні (глянець). З табл. 3.5 видно, що ці показники залежать від виду борошна та складу суміші. Найменший об'єм (1479 см³) і найгірший глянець (0,55) спостерігалися у хліба з житнього борошна. При зменшенні частки житнього борошна в суміші від 100 до 30% об'єм і глянець хліба збільшувалися відповідно на 21% і 29%. Хліб із пшеничного борошна відзначався найбільшим об'ємом (1891 см³) та кращим глянцем (0,78).

Величина глянцю хліба, зумовлена зміною кількості зволожуючого конденсату, що утворюється у першому періоді на поверхні тістових заготовок,

залежала від частки житнього борошна в суміші і зменшувалася в міру зниження цієї частки.

Вміст житнього борошна у суміші мав незначний вплив на величину упікання. Найбільший упікання (7,4%) спостерігався у хліба з житнього борошна.

Для пояснення причин змін характеристик тістових заготовок і якості хліба при різному складі суміші борошна визначали колоїдні властивості м'якуша. Перехід заготовки зі стану тіста у стан м'якуша під час випікання обумовлений зміною гідрофільності його складових – крохмалю та білка.

У табл. 3.5 наведені дані щодо об'єму набряклого м'якуша хліба залежно від частки житнього борошна. Вплив складу суміші на набухання м'якуша був незначним: об'єм набряклого осаду м'якуша хліба з житнього борошна становив 34 см³. При зменшенні частки житнього борошна від 100 до 30% гідрофільні властивості знижувалися на 6%. Найменшою гідрофільністю відзначався м'якуш хліба з пшеничного борошна (32 см³).

Висновки по розділу.

В результаті аналізу сучасного стану виробництва хліба з додаванням житнього борошна було встановлено, що впроваджені на хлібозаводах режими випікання забезпечують отримання хліба задовільної якості, що відповідає вимогам ДСТУ. Водночас для покращення питомого об'єму, пористості, аромату та смакових властивостей необхідно додатково дослідити вплив режимних параметрів випікання на якість хліба і властивості заготовок, а також науково обґрунтувати шляхи удосконалення технології випікання хліба з використанням суміші житнього та пшеничного борошна.

Встановлено, що питомий об'єм хліба залежав від тривалості зволоження тістової заготовки. Хліб, випечений без зволоження (варіант 6), мав найнижчий питомий об'єм – 2,32 см³/г, тоді як при збільшенні тривалості зволоження до 1 та 2 хвилин цей показник зростав відповідно на 4% та 8%. При зволоженні протягом 3 хвилин (варіант 3) питомий об'єм досягав 2,62 см³/г.

Також визначено, що тривалість обсмажування впливала на питомий об'єм: хліб без обсмажування (варіант 7) мав найбільший питомий об'єм – 2,77 см³/г, а при обсмажуванні незалежно від тривалості питомий об'єм зменшувався приблизно на 11%. Щодо формостійкості, то при випіканні без зволоження (варіант 6) цей показник був найнижчим – 0,36. Зі збільшенням тривалості зволоження від 0 до 1 і 2 хвилин формостійкість зросла на 17% та 19% відповідно, а при 3 хвилинах зволоження зміни були незначними – близько 3%.

Зафіксовано, що при зволоженні тістових заготовок протягом 1 хвилини (варіант 2) утворювалось 8,5 г конденсату. Подовження тривалості зволоження до 2 та 3 хвилин зумовлювало збільшення кількості конденсату відповідно на 39% і 73%. Також на глянець кірки впливала тривалість обсмажування: при її збільшенні від 0 до 3 хвилин показник глянцею різко зростав на 15%, а подальше подовження до 4 хвилин не спричиняло додаткових змін. Показник пористості при цьому, залишався стабільним у межах 72-73% у більшості варіантів, за винятком варіанта 6, де він був найнижчим – 67%.

Встановлено, що досягнення температури, за якої розпочинається денатурація білків і клейстеризація крохмалю, найшвидше фіксувалося для тістових заготовок з житнього борошна. У заготовках із пшеничного борошна цей процес відбувався повільніше. Найтриваліший період стабілізації температури характерний для житніх заготовок, тоді як у пшеничних точка стабілізації температури наставала ближче до завершення випікання, однак тривала коротше, ніж у житніх тістових заготовках.

Визначено, що пшеничні зразки проявляли пружно-еластичні властивості і при зволоженні меншою мірою розтікалися. При обсмажуванні житніх та житньо-пшеничних заготовок відбувалося різке зростання формостійкості, і форма стабілізувалась досить швидко. Для пшеничних ТЗ формостійкість збільшувалась повільно і плавно, а стабілізація форми наступала помітно пізніше, порівняно з заготовками на основі житнього борошна, що добре корелює з даними про швидкість прогріву та формування м'якушу ТЗ.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні аспекти охорони праці при виробництві хліба

На підприємстві обов'язково встановлюють вимоги безпеки до виробництва хліба. Проектування виробничих об'єктів, створення нових технологій, засобів виробництва, а також колективного й індивідуального захисту працівників має здійснюватися з обов'язковим урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. «Забороняється здійснювати будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення виробничих об'єктів, а також розробку та впровадження нових технологій і зазначених засобів без попередньої експертизи проєктної документації щодо її відповідності чинним нормативам з охорони праці та пожежної безпеки» [41].

Керівництвом ПрАТ «Дніпропетровський хлібзавод №9» було розроблено та затверджено наказом інструкції з охорони праці за професіями та окремими видами робіт з урахуванням вимог чинних правил, специфіки виробництва, фактичних умов виконання робіт і наявних засобів захисту.

У разі змін у технологічному процесі, заміни обладнання, виникнення аварійних ситуацій, нештатних подій або травмування працівників, відповідні технологічні регламенти, інструкції та нормативні документи з охорони праці й пожежної безпеки всі документи переглядаються у терміни, вказані в НПА України. «За необхідності вносяться зміни, які пройшли затвердження у встановленому порядку» [41].

Для кожного цеху, ділянки та виробництва на підприємстві визначено перелік шкідливих речовин, які можуть виділятися під час технологічних процесів або внаслідок аварій. Також затверджено обов'язковий перелік приладів і методик аналізу для контролю концентрації цих речовин у виробничих приміщеннях і лабораторіях.

«Відповідно до діючих нормативно-правових актів України, кожне підприємство зобов'язане розробити та затвердити внутрішнє Положення про

навчання з питань охорони праці» [41]. Така документація створюється на основі Типового положення, проте з обов'язковим урахуванням специфічних особливостей виробничого процесу та з дотриманням галузевих нормативних актів у сфері охорони праці. В умовах ПрАТ «Дніпропетровський хлібзавод №9» затверджене дане Положення шляхом видання відповідного наказу, одночасно з яким формуються детальні плани та графіки проведення навчальних заходів і перевірки знань персоналу. «Обов'язковою умовою є документальне підтвердження ознайомлення всіх працівників із вказаними документами» [41].

Особливої уваги потребує підготовка працівників, діяльність яких пов'язана із залізничними під'їзними коліями. «Програми навчання та перевірки знань для даної категорії персоналу повинні містити розширений блок питань щодо дотримання вимог безпеки, викладених у Правилах технічної експлуатації залізниць України, а також інших нормативних документах, що регламентують організацію сигналізації та руху залізничного транспорту» [41].

Навчання з питань пожежної безпеки проводиться згідно з окремою процедурою, визначеною Типовим положенням про спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України. «Законодавством категорично забороняється допуск до виконання трудових обов'язків осіб, які не пройшли встановлений порядок навчання, інструктажу та перевірки знань як з охорони праці, так і з пожежної безпеки» [41].

У виробничих приміщеннях хлібопекарських підприємств мікрокліматичні параметри (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря) та концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинні суворо відповідати нормативним показникам, детально представленим у відповідних технічних документах.

«Акустичні фактори впливу на працівників (шум, вібрація) на стаціонарних робочих місцях не повинні перевищувати гранично допустимих рівнів, встановлених Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та

інфразвуку, а також Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації» [41].

Для функціонуючих підприємств категоризація за вибухопожежною та пожежною небезпекою може виконуватися власними силами (за умови наявності відповідно кваліфікованих спеціалістів) або із залученням сторонніх організацій, що мають відповідний дозвіл від місцевого органу державного пожежного нагляду.

У контексті забезпечення оперативного реагування на надзвичайні ситуації, нормативними документами передбачено «обов'язкове розміщення у всіх виробничих і складських приміщеннях інформації з номерами телефонів медичних установ та пожежної охорони для невідкладного звернення у випадку травмування персоналу або виникнення пожежі» [41].

Забезпечення та підтримання чистоти на робочих місцях і проходах є обов'язковою умовою безпечного виробничого процесу. Категорично забороняється допускати нагромадження сторонніх предметів у робочій зоні та на шляхах пересування персоналу. «На технологічному устаткуванні не повинні знаходитися інструменти, деталі чи інші предмети, що не стосуються безпосередньо виробничого процесу» [41].

«Стаціонарні робочі місця, що розташовані на відстані менше 3 метрів від зовнішніх дверей або 6 метрів від воріт, необхідно обладнувати спеціальними захисними конструкціями у вигляді перегородок або екранів, які запобігатимуть негативному впливу холодних повітряних потоків на працівників» [41].

Регламентована процедура контролю безпеки робочих місць передбачає їх обов'язковий огляд відповідальною особою (майстром або начальником зміни) перед початком роботи або протягом робочої зміни з метою своєчасного виявлення та усунення потенційних порушень вимог безпеки праці.

Нормативними документами забороняється використання виробничого обладнання, транспортних засобів, діючих машин і механізмів у якості місць для відпочинку працівників під час технологічних перерв або перерв між змінами.

Кімнати відпочинку персоналу та приміщення для психологічного розвантаження рекомендовано розташовувати у безпосередній близькості до

гардеробних для зберігання домашнього одягу та пунктів надання медичної допомоги, що сприяє оптимізації внутрішньої логістики персоналу та підвищенню ефективності системи охорони здоров'я працівників.

«Розробка та впровадження карток безпеки праці у виробництві хлібобулочних виробів є фундаментальним елементом превентивної системи запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням» [41].

Картки безпеки праці слугують інструментом структуризації критично важливої інформації щодо потенційних небезпек на кожному етапі технологічного процесу, містять чіткі алгоритми дій за надзвичайних ситуацій та забезпечують систематизацію даних про необхідні засоби індивідуального захисту відповідно до специфіки робочого місця. Розроблена картка охорони праці для працівників ПрАТ «Дніпропетровський хлібзавод №9» наведена на рис. 4.1.

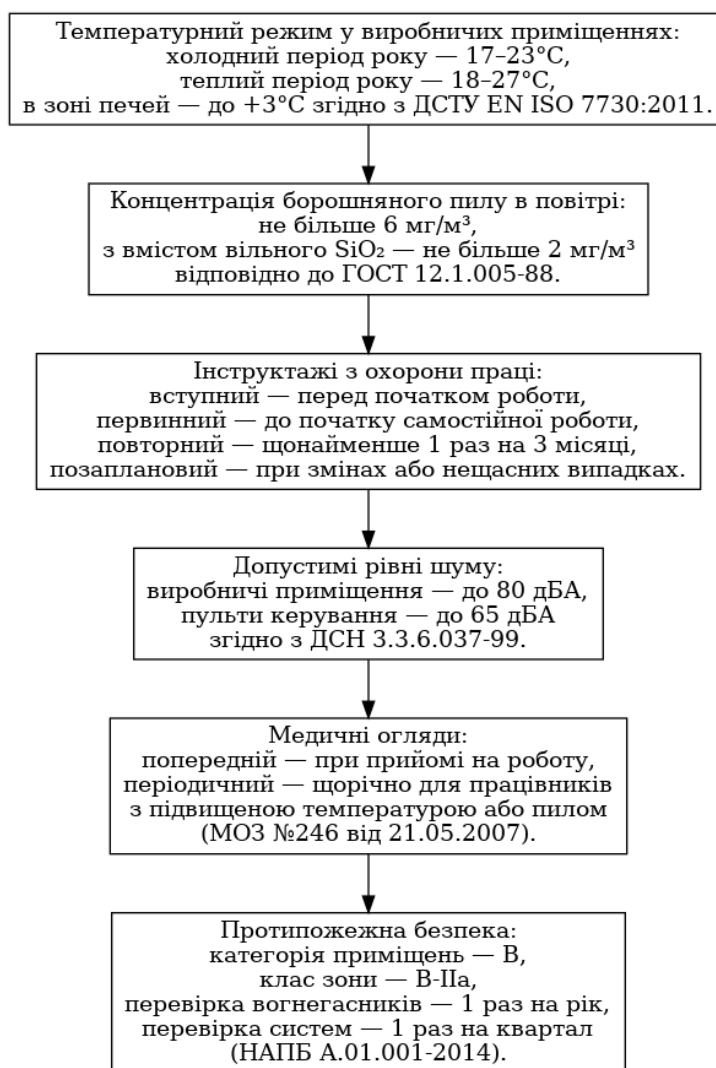


Рисунок 4.1 – Розроблена картка охорони праці

Враховуючи підвищені температурні режими, наявність рухомих частин у технологічному обладнанні, використання борошняного пилу та інших компонентів із потенційною здатністю до утворення вибухонебезпечних концентрацій у повітрі виробничих приміщень, картки безпеки набувають особливої актуальності як обов'язковий інструмент на підприємствах хлібопекарської галузі.

«Суттєвою перевагою впровадження системи карток безпеки праці є можливість їх інтеграції до загальної системи управління охороною праці підприємства з одночасним забезпеченням адресного інформування працівників про специфічні ризики кожного робочого місця» [41]. Методологічно обґрунтована форма подання інформації в картках безпеки, яка передбачає лаконічність, візуалізацію небезпек із використанням загальноприйнятих символів та піктограм, кольорове кодування рівнів ризику, сприяє підвищенню ефективності засвоєння інформації персоналом та формуванню стійких навичок безпечного виконання виробничих операцій. «Емпіричні дослідження на підприємствах харчової промисловості демонструють, що впровадження системи карток безпеки праці дозволяє знизити частоту виробничого травматизму на 27-35% протягом першого року після їх впровадження, що свідчить про високу ефективність даного інструменту в системі управління виробничими ризиками» [41].

Висновки по розділу.

Проведене дослідження нормативно-правових та організаційно-технічних аспектів охорони праці на підприємствах хлібопекарської галузі виявило необхідність комплексного підходу до забезпечення безпеки виробничих процесів. Встановлено важливість розробки внутрішньої документації з урахуванням галузевої специфіки, зокрема положень про навчання та перевірку знань з питань охорони праці, карток безпеки праці та відповідних інструкцій. Визначено критичні параметри виробничого середовища, які потребують суворого контролю: температурний режим у виробничих приміщеннях (17-27°C залежно від сезону), концентрація борошняного пилу (не більше 6 мг/м³), рівні виробничого шуму (не

вище 80 дБА) та особливості забезпечення протипожежної безпеки. Особлива увага приділена категоризації приміщень за вибухопожежною небезпекою, що має визначальне значення для проектування систем безпеки та електропостачання технологічних ліній.

Впровадження запропонованих заходів з охорони праці, включаючи систему карток безпеки, організацію ергономічних робочих місць із захистом від несприятливих кліматичних впливів та чітку регламентацію періодичності контролю безпеки робочих зон, становить науково обґрунтований інструментарій зниження виробничих ризиків. Емпіричні дослідження підтверджують ефективність комплексного застосування даних методів, що дозволяє зменшити частоту виробничого травматизму на 27-35%. Дотримання встановлених термінів проведення інструктажів, медичних оглядів та перевірок протипожежних систем формує надійну основу для превентивної системи управління охороною праці. Таким чином, інтеграція запропонованих технічних рішень та організаційних заходів у виробничі процеси хлібопекарських підприємств забезпечить створення безпечних умов праці, підвищення продуктивності виробництва та збереження здоров'я працівників.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження

«До витрат, що пов'язані із проведенням дослідження, включаються витрати на основні матеріали, електроенергію, оплату праці, амортизацію та накладні витрати» [42].

Витрати на основні матеріали, затрачені на проведення дослідження, розраховують по формулі (5.1):

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

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

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

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Борошно пшеничне вищого сорту, кг	2	18,00	36,00
Борошно пшеничне 1 сорту, кг	10	15,00	150,00
Борошно житнє, кг	20	30,00	600,00
Дріжджі хлібопекарські, уп.	10	36,00	360,00
Сіль, кг	1	24,00	24,00
Закваска, кг	5	50,00	250,00
Ємність 10 л, шт.	1	40,00	40,00
Всього			1460,00

«Заробітна плата працівників, що займалися дослідженням, визначається множенням середньогодинного заробітку працівника на кількість витраченого часу» [42]. Розрахунки зводяться в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату

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

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % єдиного соціального внеску. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

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

Затрати на витрачену електроенергію визначаються по формулі (5.2):

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

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на обладнанні, год;

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

$$E_{\text{містом.}} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 5 \cdot 4,32 = 48,60 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{вист.ш.}} = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 68 \cdot 4,32 = 475,90 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{ніч}} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 48 \cdot 4,32 = 466,56 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{ваг}} = 0,8 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 4,32 = 182,48 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати електроенергії становитимуть:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{містом.}} + E_{\text{вист.ш.}} + E_{\text{ніч}} + E_{\text{ваз}} = 48,60 + 475,90 + 466,56 + 182,48 = 1173,54 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, яке використовується в процесі проведення досліджень, обчислюються за наступною формулою:

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

де A – амортизаційні відрахування, грн.

Φ – вартість обладнання, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

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

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{містом.}} = \frac{9500 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 5,20 \text{ грн.};$$

$$A_{\text{вист.ш.}} = \frac{25000 \cdot 20 \cdot 4}{100 \cdot 365} = 54,79 \text{ грн.};$$

$$A_{\text{ніч}} = \frac{28000 \cdot 20 \cdot 3}{100 \cdot 365} = 46,02 \text{ грн.};$$

$$A_{\text{ваз}} = \frac{4500 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,54 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Тістоміс	9500,00	20	1	5,20
Вистоювальна шафа	25000,00	20	4	54,79
Піч	28000,00	20	3	46,02
Ваги лабораторні	4500,00	12,5	1	1,54
Всього				107,55

«Накладні витрати включають витрати, пов'язані з опаленням, освітленням, вентиляцією, утриманням бібліотеки, навчально-допоміжного і адміністративно-управлінського персоналу, а також інші господарські витрати» [42].

Накладні витрати приймаються на рівні 80% від нарахованої заробітної платні виконавців дослідження:

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

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

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	1460,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	1173,54
Амортизація	107,55
Накладні витрати	800,00
Всього	4761,09

З таблиці 5.4 видно, що найбільшу частку витрат під час проведення дослідження, пов'язані з удосконаленням технології виробництва житньо-пшеничного хліба, становлять витрати на основні матеріали, які складають 30% від загальної суми. Варто зазначити також високі витрати на електроенергію, які становлять близько 25%, у зв'язку з ростом тарифів для населення та підприємств. Найменші витрати – 2,2% від загальної суми, були пов'язані з амортизацією використаного обладнання.

5.2 Розрахунок ціни дослідження

«Науково-дослідна робота відноситься до фундаментальних досліджень, тому ціна визначається на основі витрат на дослідження та рентабельності, згідно формули (5.4)» [42]:

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

де $Ц$ – ціна дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

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

Таким чином:

$$Ц = 4761,09 + \frac{30 \cdot 4761,09}{100} = 6189,42 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 6189,42 грн.

Висновки по розділу.

Відповідно до плану проведення дослідження було розраховано основні витрати на проведення дослідження та ціну дослідження.

Найбільшу частку витрат під час проведення дослідження, пов'язані з удосконаленням технології виробництва житньо-пшеничного хліба, становлять витрати на основні матеріали, які складають 30% від загальної суми. Варто зазначити також високі витрати на електроенергію, які становлять близько 25%, у зв'язку з ростом тарифів для населення та підприємств. Найменші витрати – 2,2% від загальної суми, були пов'язані з амортизацією використаного обладнання.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6189,42 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто особливості формування якості хлібобулочних виробів, виготовлених із житнього борошна, з урахуванням властивостей сировини, специфіки фізико-хімічних та біохімічних змін у процесі випікання, а також впливу технологічних параметрів на структурно-механічні та органолептичні характеристики готової продукції.

Хліб із житнього борошна характеризується вираженою кислою реакцією середовища, високим вмістом пентозанів, значною в'язкістю тіста та здатністю до утворення щільного, рівномірно пропеченого м'якушу з еластичною текстурою. Основними факторами, що впливають на якість таких виробів, є кислотність тіста, ферментативна активність та гідратаційні властивості компонентів борошна.

В результаті аналізу сучасного стану виробництва хліба з додаванням житнього борошна було встановлено, що впроваджені на хлібозаводах режими випікання забезпечують отримання хліба задовільної якості, що відповідає вимогам ДСТУ.

Встановлено, що питомий об'єм хліба залежав від тривалості зволоження тістової заготовки. Хліб, випечений без зволоження (варіант 6), мав найнижчий питомий об'єм – $2,32 \text{ см}^3/\text{г}$, тоді як при збільшенні тривалості зволоження до 1 та 2 хвилин цей показник зростав відповідно на 4% та 8%. При зволоженні протягом 3 хвилин (варіант 3) питомий об'єм досягав $2,62 \text{ см}^3/\text{г}$.

Також визначено, що тривалість обсмажування впливала на питомий об'єм: хліб без обсмажування (варіант 7) мав найбільший питомий об'єм – $2,77 \text{ см}^3/\text{г}$, а при обсмажуванні незалежно від тривалості питомий об'єм зменшувався приблизно на 11%.

Зафіксовано, що при зволоженні тістових заготовок протягом 1 хвилини (варіант 2) утворювалось 8,5 г конденсату. Подовження тривалості зволоження до 2 та 3 хвилин зумовлювало збільшення кількості конденсату відповідно на 39% і 73%. Також на глянець кірки впливала тривалість обсмажування: при її збільшенні від 0 до 3 хвилин показник глянцею різко зростав на 15%, а подальше подовження

до 4 хвилин не спричиняло додаткових змін. Показник пористості при цьому, залишався стабільним у межах 72-73% у більшості варіантів, за винятком варіанта 6, де він був найнижчим – 67%.

Встановлено, що досягнення температури, за якої розпочинається денатурація білків і клейстеризація крохмалю, найшвидше фіксувалося для тістових заготовок з житнього борошна. У заготовках із пшеничного борошна цей процес відбувався повільніше. Найтриваліший період стабілізації температури характерний для житніх заготовок, тоді як у пшеничних точка стабілізації температури наставала ближче до завершення випікання, однак тривала коротше, ніж у житніх тістових заготовках.

Визначено, що пшеничні зразки проявляли пружно-еластичні властивості і при зволоженні меншою мірою розтікалися. При обсмажуванні житніх та житньо-пшеничних заготовок відбувалося різке зростання формостійкості, і форма стабілізувалась досить швидко. Для пшеничних ТЗ формостійкість збільшувалась повільно і плавно, а стабілізація форми наступала помітно пізніше, порівняно з заготовками на основі житнього борошна, що добре корелює з даними про швидкість прогріву та формування м'якушу ТЗ.

Встановлено важливість розробки внутрішньої документації з урахуванням галузевої специфіки, зокрема положень про навчання та перевірку знань з питань охорони праці, карток безпеки праці та відповідних інструкцій. Визначено критичні параметри виробничого середовища, які потребують суворого контролю: температурний режим у виробничих приміщеннях (17-27°C залежно від сезону), концентрація борошняного пилу (не більше 6 мг/м³), рівні виробничого шуму (не вище 80 дБА) та особливості забезпечення протипожежної безпеки.

Інтеграція запропонованих технічних рішень та організаційних заходів у виробничі процеси хлібопекарських підприємств забезпечить створення безпечних умов праці, підвищення продуктивності виробництва та збереження здоров'я працівників.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6189,42 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. К.: Логос, 2002. С. 217-227.
2. Лебеденко, Т. Є. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум: навч. посіб. / Т. Є. Лебеденко, Г. Ф. Пшенишнюк, Н. Ю. Соколова. Одеса : Освіта України, 2014. 392 с.
3. Новікова, О. В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів [Електронний ресурс] : навчальний посібник : [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Новікова . 2-ге вид., переробл. та доп. Київ : Ліра-К, 2017 . 540 с.
4. Ралко, О. С. Дослідження ринку хліба та хлібобулочних виробів України. Проблеми науки. – 2012. – № 8. – С. 39–44.
5. Теоретичні основи харчових технологій : навч. посібник за напр. "Харчова технологія та інженерія" / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, В. А. ДОМАРЕЦЬКИЙ, А. М. КУЦ, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ ; за ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО ; Національний університет харчових технологій. – Харків : ХПІ, 2010. – 720 с
6. Технологія галузі. Розділ «Технологія хліба» : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та робочий зошит [Електронне видання] / укладачі. : С. Г. Олійник, О. І. Болховітіна, Г. В. Степанькова. – Електрон. дані. – Х. : ДБТУ, 2022.
7. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва : навч. посіб. / 2-е вид., перероб. і допов. – К. : Профкніка, 2019. – 579 с.
8. Махинько, В. Норми споживання хліба в різних країнах з погляду задоволення основних потреб організму [Електронний ресурс] / В. Махинько, Л. Махинько // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2010. – № 6. – С. 8–11.
9. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв : Навчальний посібник. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.

10. Бокій, О. В. Споживання хліба і хлібопродуктів та купівельна спроможність населення України [Електронний ресурс] / О. В. Бокій // Економіка АПК. – 2016. – № 1 (255). – С. 48–55.

11. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві / [В. Г. Юрчак, Л. Ю. Арсенєва, В. М. Махинько та ін.]; за ред. В. І Дробот. – К. : Кондор, 2010. – 439 с.

12. Скопенко, Н. С. Сучасні тенденції інтеграції та концентрації в хлібопекарській галузі України [Електронний ресурс] / Н. С. Скопенко, О. А. Стретович // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2010. – Т. 1, вип. 38. – С. 420–424.

13. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів / [за ред. чл.-кор. НААН В. І. Дробот]. – К. : Кондор, 2015. – 972 с.

14. Лебеденко, Т. Є. Аналіз сучасних технологій хлібобулочних виробів із пшеничного борошна та перспективи їх удосконалення / Т. Є. Лебеденко, Н. Ю. Соколова // Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – № 2 (46). – С. 38–43.

15. Кузьміна Т. О., Євтушенко В. В. Системи управління якістю. Видавництво: Олді+, 2018. 500 с.

16. Ковальов О., Логвінський Р., Федорів В. "Виробництво житнього хліба у печах ФТЛ-2." *Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя* (2012): 118-118.

17. Розробка аналітичної моделі процесу тепломасопереносу у тістовій заготовці при випіканні хліба / В. І. Теличкун, Є. В. Штефан, О. В. Михайлов, Ю. С. Теличкун // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2008. – № 25. – С. 56–58.

18. Моделювання поведінки дисперсних систем у нерівноважних процесах харчових виробництв /Штефан Є.В., Наукові праці УДУХТ,2000, № 8, с.63-66.

19. Сидоренко, С. І. До питання про внутрішнє тепломасоперенесення при випіканні хліба. Наукові праці НУХТ. – К., 2008. - № 25, Ч. 2. – С. 63-64.

20. Теличкун, В. І. Розрахунок зміни об'єму хліба при випіканні / В. І. Теличкун, Ю. С. Теличкун, В. Ю. Горцепаєв // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2008. – № 25, Ч. 2. – С. 59–61.

21. Рутковський М. Р. Обґрунтування тривалості попередньої випічки хлібобулочних виробів при двоетапному процесі: кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. Тернопіль: ТНТУ, 2021. 86 с.

22. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Р.О., Українець А.І. та ін. Вінниця: Нова книга, 2004. 288с.

23. Десик, М. Г. Удосконалення процесів випікання та сушіння сухариків, сформованих екструдуванням : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Десик Микола Григорович ; НУХТ. К., 2014. 24 с.

24. Самойленко С. О. Харчова хімія. Фізико-хімічні та колоїдні основи харчових технологій: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» спеціальності „Технологія харчування”; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2012 . 125 с.

25. Харчова хімія: Навчальний посібник / В.В. Євлаш [та ін.] Х.: Світ книг, 2012. 504 с.

26. Карпик, Г. В. Закономірності перебігу колоїдних процесів у макаронному тісті зі збільшеним вмістом харчових волокон / Г. В. Карпик, В. Г. Юрчак // Здобутки, проблеми та перспективи розвитку готельно-ресторанного та туристичного бізнесу : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Київ : НУХТ, 2013. - С. 81-83.

27. Krog, N., Olesen, S.K., Toemaes, H., Joensson, T. Retrogradation of the starch fraction in wheat bread [Text] Cereal Foods World, 1989, 281.

28. Удворгелі, Л. І. Удосконалення технології хліба з використанням пектиновмісних порошків : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.18.01 "Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів" / Удворгелі Лариса Іванівна; НУХТ. - К., 2004. - 20 с.

29. Bushuk, W. Distribution of water in dough and bread [Text] Baker's Dig, 1966, 40,38-40.

30. Карпик, Г. В. Дослідження форм зв'язку вологи та сорбційних властивостей макаронних виробів, збагачених харчовими волокнами зернових / Г. В. Карпик, Н. О. Шелест, В. Г. Юрчак // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 79 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів та студентів. – Київ : НУХТ, 2013. – Ч. 1. - С. 171–172.

31. Дробот В.І., Удворгелі Л.І., Крапивницька І.О. Структурно-механічні властивості тіста з новими пектиновмісними порошками. - Зернові продукти і комбікорми. 2003. № 4. С. 32-34.

32. Чепелюк, О. О. Визначення оптимальної геометрії робочих органів та режимів замісу хлібного тіста / О. О. Чепелюк, М. С. Шпак // Нові ідеї в харчовій науці - нові продукти харчовій промисловості : міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13-17 жовтня 2014 р. К. : НУХТ, 2014. – С. 410.

33. Giovanelli, G., Peri, C., Borri, V. Effects of baking temperature on crumbstaling kinetics [Text] Cereal Chemistry, 1997, 74(6), 710-714.

34. Bushuk, W., Mehrotra, V.K. Studies of water binding by differential thermal analysis. I. Dough studies using the boiling mode [Text] Cereal Chemistry, 1997, 54, 311-320.

35. Bushuk, W., Mehrotra, V.K. Studies of water binding by differential thermal analysis. II. Dough studies using the melting mode [Text] Cereal Chemistry, 1997, 54, 320-325.

36. Федорова, Д. В., Ланська В. Д. Технологія безглютенового хліба на заквасці з клітковиною картоплі. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки* 5 (2024): 246-257.

37. Тітов П. В. Автоматизація процесу випікання хлібу: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 151 – автоматизація та комп'ютерно-

інтегровані технології / наук. кер. С. В. Соколов. Суми : Сумський державний університет, 2023. 64 с.

38. Bender; D., Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*. Vol. 91. 102904. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>.

39. Repeckiene, A., Eliasson, A.C., Juodeikiene, G., Gunnarsson, E. Predicting baking performance from rheological and adhesive properties of rye meal suspensions during heating [Text] *Cereal Chemistry*, 2001, 78(2), 193-199.

40. Walker, C.E. Baking hot [Text] *European Baker*, 1999, May/June, 40-48.

41. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підручник для студ. вищих навч. закладів. За ред. М. П. Гандзюк. К. Каравела, 2004. 408 с.

42. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.