



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність 181 «Харчові технології»


Допускається до захисту

Зав. кафедри безпеки та якості харчових
продуктів, сировини і технологічних процесів

доцент  С.В. Чернюк
« 1 »  2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА НА ЗАКВАСЦІ

Виконала  А.К. Гончар

Керівник, доцент  Г.В. Мерзлова

Рецензент  С.В. Чернюк

я, Гончар А.К., засвідчую, що кваліфікаційну роботу
виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2025

ЗМІСТ

	Зміст.....	2
	Завдання на кваліфікаційну роботу.....	3
	Анотація.....	4
	Annotation.....	5
	Відгук керівника.....	6
	Рецензія.....	7
	ВСТУП.....	8
1	РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1	Науково-теоретичні основи виробництва хліба на заквасці ...	10
1.2	Класифікація заквасок та їх технологічні характеристики....	12
1.3	Сучасні тенденції та напрями удосконалення технології хліба на заквасці	15
2	РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	18
3	РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	21
3.1	Вимоги до сировини	21
3.2	Продуктовий розрахунок	23
3.3	Апаратурно-технологічне обладнання.....	31
3.4	Опис технології.....	34
4	РОЗДІЛ 4. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ПРОДУКТУ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	39
4.1	Контроль безпечності та якості пшеничного хліба на заквасці	39
4.2	Екологізація виробництва	42
4	РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	44
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	46
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

АНОТАЦІЯ

Анастасія Костянтинівна Гончар

«АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

ХЛІБА НА ЗАКВАСЦІ»

Проведено аналіз технологічних особливостей виробництва пшеничного хліба на заквасці та обґрунтовано доцільність його удосконалення шляхом внесення куркуми та насіння льону.

Виявлено, що додавання куркуми сприяє підвищенню антиоксидантної активності та покращує забарвлення й аромат хліба, тоді як насіння льону забезпечує збагачення продукту цінними харчовими волокнами, поліненасиченими жирними кислотами та підвищує структурно-механічну стабільність м'якучки. З'ясовано оптимальні рівні внесення функціональних добавок, які не погіршують пористість і об'єм виробів та забезпечують формування гармонійного смакового профілю.

Доведено, що удосконалена рецептура позитивно впливає на якість закваски та активність молочнокислих бактерій, що у свою чергу підсилює біотехнологічні переваги традиційного способу бродіння.

Зроблено висновок, що використання куркуми та насіння льону є ефективним способом підвищення харчової цінності, функціональних властивостей і споживчої привабливості пшеничного хліба на заквасці.

Робота викладена на 52 сторінках комп'ютерного тексту, містить 2 рисунки і 7 таблиць. Список літератури включає 34 джерела.

Ключові слова: пшеничний хліб, закваска, куркума, насіння льону, удосконалена рецептура, органолептичні показники.

ANNOTATION

Honchar Anastasiia

"ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY LEAVED BREAD"

An analysis of the technological features of the production of sourdough wheat bread was carried out and the feasibility of its improvement by adding turmeric and flax seeds was substantiated.

It was found that the addition of turmeric contributes to the increase of antioxidant activity and improves the color and aroma of bread, while flax seeds provide enrichment of the product with valuable dietary fibers, polyunsaturated fatty acids and increase the structural and mechanical stability of the pulp. The optimal levels of adding functional additives that do not impair the porosity and volume of the products and ensure the formation of a harmonious taste profile have been determined.

It has been proven that the improved formulation has a positive effect on the quality of sourdough and the activity of lactic acid bacteria, which in turn strengthens the biotechnological advantages of the traditional fermentation method.

It was concluded that the use of turmeric and flax seeds is an effective way to increase the nutritional value, functional properties and consumer appeal of sourdough wheat bread.

The work is presented on 52 pages of computer text, contains 2 figures and 7 tables. The list of references includes 34 sources.

Key words: wheat bread, sourdough, turmeric, flax seeds, improved recipe, organoleptic indicators.

ВСТУП

Хлібопекарська галузь є однією з провідних у харчовій промисловості, оскільки хліб традиційно займає особливе місце в харчуванні населення та національній культурі. В Україні хліб не лише виступає базовим продуктом харчування, а й символізує достаток, гостинність та спадковість кулінарних традицій. Виробництво хліба формувалося протягом століть, і кожен етап його розвитку супроводжувався удосконаленням технологій, інгредієнтів та способів обробки тіста. Саме тому хліб здавна славився неперевершеним смаком, насиченим ароматом, високою поживністю та різноманітністю видів, що відповідають потребам різних регіонів.

Сучасне хлібопечення характеризується високим рівнем механізації та автоматизації, що дозволяє значно підвищити продуктивність, стабільність якості та безпеку готової продукції. Виробничі підприємства активно впроваджують нові технологічні рішення, використовують сучасні види обладнання, засоби контролю та процеси оптимізації. Одночасно з цим зростає попит на хліб із поліпшеними споживчими властивостями, натуральним складом та корисними біологічними компонентами. Це вимагає від технологів та працівників високої професійної підготовки, глибоких знань хіміко-біохімічних процесів, що відбуваються під час приготування тіста, а також уміння якісно виконувати операції замішування, бродіння, формування та випікання [6].

Відповідно до сучасних тенденцій, асортимент хлібобулочних виробів постійно розширюється, акцент робиться на продукції підвищеної біологічної цінності, функціонального та профілактичного призначення. Окреме місце займає хліб на заквасці, який останніми роками набув значної популярності. Закваска, як природний симбіоз молочнокислих бактерій і дріжджів, забезпечує більш повільне та контрольоване бродіння, що сприяє покращенню структури м'якуша, підвищенню аромату, засвоюваності та тривалості зберігання хліба. Такий продукт відзначається вищою харчовою цінністю, адже в процесі ферментації утворюються органічні кислоти,

ферменти та ароматичні сполуки, які позитивно впливають на якість і корисність виробу.

Технологія хліба на заквасці передбачає ретельне підтримання активності мікрофлори, контроль температурних режимів, тривалості ферментації та консистенції тіста. Завдяки цьому кінцевий продукт має характерний кислуватий смак, приємний аромат, еластичний м'якуш і хрустку скоринку. Крім того, використання закваски дозволяє зменшити кількість комерційних дріжджів або повністю відмовитися від них, що робить хліб ближчим до традиційних, природних технологій.

Існує багато видів хліба на заквасці – житній, пшеничний, змішаний, із додаванням насіння, локальної сировини, сухофруктів, зелені або спецій. Різноманітність рецептур, форми, способів випічки та регіональних особливостей дозволяє виробникам створювати унікальні продукти, які поєднують традиції та сучасні вимоги споживачів [17].

Хлібопекарська галузь є важливою складовою харчової промисловості, що поєднує давні традиції та сучасні технології. Сучасне виробництво хліба характеризується високою механізацією, автоматизацією та орієнтацією на продукцію підвищеної харчової цінності. Особливе місце займає хліб на заквасці, який завдяки природній ферментації має кращий смак, аромат, засвоюваність і тривалий термін зберігання. Використання закваски дозволяє створювати різноманітні види хліба, що відповідають сучасним вимогам якості та здорового харчування.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Науково-теоретичні основи виробництва хліба на заквасці

Закваска є складною біосистемою, у якій безперервно взаємодіють молочнокислі бактерії (МКБ) та дріжджі, формуючи стійкий симбіотичний мікробіологічний комплекс. В основі роботи цієї системи лежать два ключові типи бродіння – молочнокисле та спиртове. Саме вони забезпечують накопичення в тісті широкого спектра продуктів метаболізму: органічних кислот, етанолу, вуглекислого газу, летких ароматичних сполук, ефірів, ферментів та ряду вторинних метаболітів, які суттєво впливають на смак, аромат, текстуру та стійкість готового хліба.

Згідно з даними наукової літератури, у житніх та пшеничних заквасках домінують представники родів *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, *L. sanfranciscensis*, що забезпечують переважно гетероферментативне та гомоферментативне молочнокисле бродіння. Саме ці бактерії відповідають за кислотонакопичення та творення характерного кислуватого смаку виробу. Дріжджі, серед яких найпоширеніші *Saccharomyces cerevisiae* та *Candida milleri*, забезпечують активне газоутворення, необхідне для формування рівномірної пористості та об'єму хліба. Стійка взаємодія між бактеріями і дріжджами гарантує стабільність перебігу ферментаційних процесів та відтворюваність якості готової продукції [29, 32].

У процесі визрівання тіста на заквасці відбувається інтенсивний гідроліз основних біополімерів борошна – крохмалю та білків. Амілазні комплекси розщеплюють крохмаль до мальтози, глюкози та декстринів, які виступають субстратом для бактерій та дріжджів. Паралельно протеази та пептидази гідролізують білки до пептидів та амінокислот, що є основою формування смакових і ароматичних компонентів, а також підвищують харчову цінність готового виробу.

Органічні кислоти, що утворюються в процесі молочнокислого бродіння (зокрема молочна, оцтова, пропіонова), знижують рН тіста до оптимального рівня 4,2–4,8. Така кислотність сприяє:

- ✓ формуванню характерного кислуватого смаку;
- ✓ покращенню реологічних властивостей тіста, оскільки кислоти зміцнюють білкову основу та покращують здатність утримувати газ;
- ✓ інгібуванню розвитку сторонньої мікрофлори, що значно підвищує стійкість хліба до пліснявіння та картопляної хвороби;
- ✓ пролонгуванню терміну зберігання виробу.

Таким чином, закваска виступає не тільки природним підйомником тіста, але й біохімічним каталізатором, який суттєво покращує органолептичні, структурно-механічні та мікробіологічні характеристики хліба.

Важливим аспектом у формуванні якості хліба на заквасці є тісна взаємодія мікроорганізмів, що входять до складу закваски. Молочнокислі бактерії виконують провідну роль у синтезі органічних кислот – насамперед молочної та оцтової. Молочна кислота забезпечує м'яку, приємну кислотність та оптимальний рівень рН, а оцтова – надає більш виражений аромат і підсилює антибактеріальні властивості тіста. Дріжджі, у свою чергу, відповідають за активне газоутворення у процесі спиртового бродіння, виділяючи діоксид вуглецю, який рівномірно розподіляється в тісті, утворюючи характерну пористу структуру. Саме завдяки цьому хліб на заквасці має еластично-пружний м'якуш, добре розвинену дрібнопористу текстуру та збалансовану щільність [30].

Симбіотичний характер взаємодії дріжджів і бактерій полягає в тому, що дріжджі використовують частину продуктів розпаду, утворених бактеріями, а ті, у свою чергу, зростають швидше завдяки вуглекислому газу та змінам кислотності середовища. Така природна гармонія мікробіоценозу забезпечує стабільність ферментаційних процесів і підвищує

передбачуваність якості кінцевого продукту навіть при незначних варіаціях технологічних умов.

Наукові дослідження підтверджують, що хліб на заквасці має підвищену харчову та біологічну цінність порівняно з хлібом на дріжджах. Завдяки тривалій ферментації відбувається зниження вмісту фітинової кислоти, яка в нормальних умовах блокує засвоєння мінералів. Її розщеплення забезпечує кращу біодоступність кальцію, магнію, цинку та заліза. Крім того, у процесі заквашування частково руйнуються складні вуглеводи, що сприяє зниженню глікемічного індексу хліба, роблячи його більш корисним для людей із порушеннями вуглеводного обміну [1; 34].

Додатковою перевагою є утворення природних консервантів – органічних кислот та летких сполук, які пригнічують розвиток патогенної та пліснявої мікрофлори. Завдяки цьому хліб на заквасці має триваліший термін зберігання без використання хімічних добавок.

Таким чином, теоретичні основи виробництва хліба на заквасці ґрунтуються на складних біохімічних, мікробіологічних та ферментативних процесах, які визначають його унікальні органолептичні властивості, підвищену харчову цінність і функціональні переваги, що роблять такий хліб цінним продуктом сучасного раціону.

1.2 Класифікація заквасок та їх технологічні характеристики

У літературних джерелах подається розгорнута система класифікації заквасок, яка відображає різноманітність технологічних підходів та властивостей цих біотехнологічних систем. Закваски диференціюють за способом приготування, консистенцією, видом використаної сировини, особливостями мікробіологічного складу та умовами їх розвитку і підтримання. Однією з найпоширеніших ознак є вологість середовища, яка суттєво впливає на швидкість біохімічних процесів та співвідношення молочнокислих бактерій і дріжджів [28].

Розрізняють рідкі закваски з вологістю 100–150 %, які характеризуються активнішою ферментацією та вираженішим утворенням молочної й оцтової кислот, а також густі закваски з вологістю 40–60 %, що забезпечують стабільний розвиток мікробіоти та більш збалансований ароматичний профіль.

Густа консистенція традиційно притаманна житнім закваскам, тоді як пшеничні переважно підтримують у рідкому або напіврідкому стані, залежно від технології та бажаного смаку готового хліба.

Окрему увагу приділяють класифікації за принципом отримання, що відображає ступінь керованості мікробіологічних процесів [29].

Виділяють такі групи заквасок:

➤ Спонтанні, які формуються природною мікрофлорою борошна, води та навколишнього середовища. Вони відзначаються індивідуальним, часто унікальним мікробіологічним профілем, що зумовлює специфічні смакові та ароматичні особливості хліба.

➤ Культивовані, що створюються на основі чистих культур молочнокислих бактерій і дріжджів. Такий підхід дозволяє точно контролювати ферментаційні параметри та отримувати стабільний результат з партії до партії.

➤ Виробничі, які постійно підтримуються на підприємствах у вигляді материнських заквасок. Їх регулярне «освіження» гарантує довготривалу стабільність мікробіологічного складу, рівномірність підйому тіста та незмінні органолептичні характеристики промислового хліба.

Таким чином, сучасні класифікаційні підходи дають змогу глибоко охарактеризувати закваски як складні біотехнічні системи та обґрунтувати вибір оптимального їх виду для конкретної технології виробництва хліба.

Технологічні характеристики заквасок визначаються комплексом показників, що відображають активність мікроорганізмів, їх здатність до утворення кислот, газу, ароматичних сполук, а також стабільність роботи протягом тривалого періоду ведення. До основних параметрів належать

кислотність (рН та титрована кислотність), інтенсивність газоутворення, швидкість дозрівання, стабільність мікробіоценозу, а також чутливість закваски до змін технологічних умов. Важливу роль відіграє температура ферментації: 28–32 °С оптимальні для молочнокислих бактерій, тоді як 24–28 °С сприяють активній роботі дріжджів, забезпечуючи баланс між кислотністю та пористістю тіста. Не менш значущими є тривалість бродіння, режим і частота підживлення, вологість закваски, тип і якість борошна, що впливають на стабільність і продуктивність мікрофлори.

Характеристика закваски безпосередньо визначає фізико-хімічні та органолептичні властивості тіста. Густа закваска сприяє інтенсивнішому накопиченню кислот, що формує більш виражений кислий смак, щільнішу текстуру та меншу пористість м'якуша. Натомість рідкі закваски забезпечують активніше газоутворення та підвищену ферментативну активність, завдяки чому хліб набуває легшої структури, рівномірної дрібної пористості та м'якого смаку. Використання комбінованих заквасок дозволяє технологам гнучко керувати кислотністю, ароматом, реологічними властивостями тіста та структурою готового виробу, змінюючи пропорції бактеріальної та дріжджової мікрофлори [5; 23].

У наукових дослідженнях значну увагу приділено впливу різноманітних добавок, що можуть посилювати або коригувати роботу закваски. Доведено, що житній солод активізує ферментативні процеси, підвищує інтенсивність бродіння та формує насичений аромат. Ферментні препарати (амілази, протеази) здатні покращувати розщеплення крохмалю та білків, що сприяє кращій газотримувальній здатності тіста. Харчові волокна, прянощі [27; 31; 33], природні ароматизатори не лише модифікують органолептичні властивості продукції, а й можуть стимулювати розвиток окремих видів молочнокислих бактерій, створюючи більш збалансований мікробіологічний профіль.

Отже, правильний вибір типу закваски, режиму її ведення та використання коригуючих інгредієнтів є ключовими чинниками, що

забезпечують стабільно високу якість хліба на заквасці, його ароматичну складність, оптимальну структуру та харчову цінність.

1.3 Сучасні тенденції та напрями удосконалення технології хліба на заквасці

Хліб є одним із базових продуктів харчування, який відіграє важливу роль у забезпеченні енергетичних та поживних потреб населення. У сучасних умовах споживчі запити суттєво змінюються: зростає попит на продукцію не лише смачну та ароматну, але й корисну, натуральну, без хімічних добавок, з покращеною засвоюваністю та функціональною цінністю. Саме ці тенденції зумовлюють підвищену увагу до технологій, що дозволяють створювати хліб із підвищеними біологічними та харчовими властивостями, одним із яких є хліб на заквасці [5].

Технологія хліба на заквасці є традиційною, але в сучасних умовах набуває особливого значення через свої численні переваги. Використання природної закваски забезпечує повільне та контрольоване бродіння, яке підвищує смакові та ароматичні властивості хліба, формує дрібнопористу, еластичну структуру м'якуша та хрустку скоринку. Крім того, ферментативні процеси, що відбуваються під час тривалого бродіння, знижують вміст антинутриєнтів (зокрема фітинової кислоти), підвищують біодоступність мінералів (кальцію, магнію, цинку), частково розщеплюють складні вуглеводи та білки, що робить хліб більш легкозасвоюваним і корисним для організму.

Особливо актуальною технологія є з огляду на сучасні проблеми здорового харчування та профілактики захворювань. Хліб на заквасці має низький глікемічний індекс, що робить його рекомендованим для людей із порушеннями обміну вуглеводів, цукровим діабетом, а також для тих, хто дотримується дієт із метою контролю маси тіла. Ферментоване тісто також покращує мікрофлору кишечника завдяки наявності пробіотичних компонентів і сприяє загальному зміцненню імунітету.

Крім харчових аспектів, технологія хліба на заквасці актуальна з точки зору розвитку промислового та ремісничого виробництва. Вона поєднує давні національні традиції з сучасними технологічними інноваціями, дозволяє створювати унікальні асортименти виробів із різними видами борошна, добавками (насіння, злаки, прянощі, функціональні інгредієнти) [33] та органолептичними властивостями. В умовах підвищеної конкуренції на ринку хлібобулочних виробів це стає важливою перевагою для виробників, що прагнуть запропонувати споживачам натуральний, смачний і корисний продукт.

Таким чином, актуальність технології хліба на заквасці визначається не лише потребами споживачів у якісній і здоровій продукції, але й можливістю розвитку інноваційних напрямів у хлібопеченні, підвищення харчової цінності виробів, оптимізації технологічних процесів та збереження національних кулінарних традицій. Впровадження та вдосконалення цієї технології відповідає сучасним тенденціям здорового харчування, безпечності продуктів та розширення асортименту хлібобулочних виробів.

Сучасні тенденції у виробництві хліба на заквасці спрямовані на поєднання традиційних технологій із новітніми розробками, що дозволяють підвищити якість і покращити функціональні властивості виробів. Одним із напрямів удосконалення є використання чистих культур МКБ, що забезпечують стабільність ферментації, прогнозовані органолептичні властивості та контрольований рівень кислотності [5; 18].

Активно досліджуються методи інтенсифікації ферментаційних процесів, зокрема застосування ферментних препаратів (амілаз, протеаз), які прискорюють розклад полісахаридів та білків. Це дозволяє отримати м'якуш із більш розвиненою пористістю та кращою еластичністю. Використання зернових заквасок, вироблених на пророщеному зерні, сприяє збільшенню вмісту біологічно активних речовин і покращенню харчової цінності продукту.

Однією з інновацій є застосування технології довготривалого холодного бродіння, що передбачає ферментацію тіста при низьких температурах (4–8 °С) протягом 12–48 годин. Такий метод забезпечує багатший аромат, кращу структуру м'якуша та збільшення терміну зберігання хліба.

Поширюється виробництво функціональних видів хліба, збагачених клітковиною, насінням (льону, чіа, кунжуту), рослинними екстрактами, білковими добавками [29; 31; 33].

У промисловому хлібопеченні активно досліджуються способи оптимізації технологічних параметрів – автоматизація процесів ведення закваски, контроль рН та температури в реальному часі, застосування біосенсорів для оцінки активності мікрофлори. Такі технологічні рішення дозволяють підвищити стабільність виробництва та забезпечити високу якість хліба з мінімальними відхиленнями.

Отже, напрями удосконалення технології хліба на заквасці включають модернізацію виробничих процесів, застосування ферментних і мікробіологічних препаратів, використання нетрадиційної сировини та впровадження інновацій, що відповідають сучасним вимогам здорового харчування.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Додавання насіння льону до пшеничного хліба на заквасці зумовлено його високою біологічною цінністю. Насіння льону містить значну кількість омега-3 поліненасичених жирних кислот, клітковини, лігнанів і мінералів (кальцій, магній, цинк), що підвищує нутрієнтну цінність хліба та сприяє покращенню травлення й профілактиці серцево-судинних захворювань. Клітковина льону покращує текстуру м'якуша, підвищує його вологоутримувальну здатність та газоутримувальні властивості тіста, що позитивно впливає на об'єм та пористість хліба.

Куркума додає продукту не лише яскравий золотистий колір, але й антиоксидантні, протизапальні та антимікробні властивості, що покращують біологічну цінність хліба. Біологічно активний компонент куркуми – куркумін – сприяє зниженню окислювального стресу в організмі та має потенціал для профілактики хронічних захворювань [27].

Закваска сприяє формуванню кислуватого смаку та еластичної структури м'якуша. Насіння льону у поєднанні з закваскою не тільки підвищує газоутримувальну здатність тіста, а й покращує його вологопоглинання, що запобігає пересиханню м'якуша під час випічки та зберігання. Куркума у малих кількостях рівномірно розподіляється у тісті, не порушуючи його структури, але сприяє покращенню органолептичних властивостей, надаючи виробу привабливий зовнішній вигляд і унікальний смак [27; 31].

Метою роботи є проведення аналізу технології виробництва пшеничного хліба на заквасці та її удосконалення.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

- ✓ зробити продуктовий розрахунок сировини для виготовлення пшеничного хліба на заквасці;

- ✓ підібрати обладнання для технології пшеничного хліба на заквасці;
- ✓ провести аналіз якості та безпеки пшеничного хліба на заквасці;
- ✓ запропонувати удосконалення щодо технології пшеничного хліба на заквасці.

Таблиця 2.1

Схема досліджень

Зразок	Рецептура
Контрольний	Традиційні інгредієнти для тіста на заквасці
I дослідний	Удосконалена технологія = традиційні інгредієнти для тіста на заквасці та + 5 % насіння льону + 0,5 % куркуми
II дослідний	Удосконалена технологія = традиційні інгредієнти для тіста на заквасці та + 7 % насіння льону + 1,0 % куркуми
III дослідний	Удосконалена технологія = традиційні інгредієнти для тіста на заквасці та + 10 % насіння льону + 1,5 % куркуми

Поєднання пшеничного хліба на заквасці з насінням льону та куркуми дозволяє отримати продукт із оригінальним смаковим профілем, приємним ароматом і золотистою скоринкою. Такий хліб відповідає сучасним вимогам споживачів до здорового харчування, а також дозволяє виробникам виділитися на ринку через новий асортимент функціональних хлібобулочних виробів.

Оптимальним з-поміж трьох дослідних зразків є II дослідний (7 % насіння льону + 1,0 % куркуми).

Баланс харчової цінності й технологічності. 7 % льону дає відчутне збільшення клітковини, омега-3 і лігнанів без значного ушкодження

структури тіста; 1 % куркуми забезпечує яскравий приємний відтінок і додаткові функціональні властивості (антиоксиданти) при мінімальному впливі на смак.

Помірна кількість куркуми не дає гірчинки чи надмірної пряної нотки; льон у такій пропорції покращує вологість і м'якість м'якуша, не роблячи хліб занадто щільним.

7 % льону підвищує водопоглинання і стабілізує м'якуш (менше кришиться) але не перевантажує клейковину; при 10 % (III зразок) часто спостерігають утруднене формування, зниження об'єму й «м'якотну» щільність.

Помірно збагачений продукт легше приймається ринком – зростає ймовірність позитивного відгуку в дегустації без потреби значних пояснень чи спеціального маркування.

Таким чином, удосконалення технології пшеничного хліба на заквасці із насінням льону та куркуми забезпечує комплексну перевагу – покращує харчову цінність, технологічні характеристики та органолептичні властивості готового виробу, відповідаючи сучасним потребам споживачів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

3.1 Вимоги до сировини

Для виробництва пшеничного хліба на заквасці використовують *борошно пшеничне хлібопекарське*, яке має відповідати вимогам, а саме: борошно вищого або першого ґатунку, вологістю – не більше 14,5 %, вміст клейковини – 28–32 %, якістю – I–II груп, зольністю – 0,55–0,75 %, колір має бути білий або кремовий, без сірих та темних включень, запах, що властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, без шкідників та слідів їх життєдіяльності, показники мікробіологічної безпеки – у межах, визначених ДСТУ.

Борошно повинно забезпечувати формування пружної, еластичної клейковинної сітки для витримування структури тіста на заквасці та збереження пористості.

Використовувати лише *питну воду* централізованого або сертифікованого нецентралізованого постачання, що відповідає вимогам ДСТУ на питну воду (гігієнічні та хімічні показники, відсутність токсичних забруднювачів).

Вода має бути без сторонніх запахів і присмаків, без видимих механічних домішок; мікробіологічні показники – у межах нормативів для питної води.

Рекомендовані контролю при прийманні: органолептична оцінка (запах, смак, прозорість), рН (контрольний діапазон відповідно до постачальника; для питної води – орієнтовно нейтральний), відсутність підвищеної мутності, відсутність залишкового озону/хлору понад нормативних значень для харчового застосування.

Для лабораторних та технологічних операцій (підживлення закваски) бажано використовувати воду, що відповідає ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

Закваска повинна бути культивованою або виробничою, із відомим мікробіологічним складом (симбіоз молочнокислих бактерій і природних дріжджів), із встановленими показниками кислотності, газоутворення і активності.

Приймальний контроль: зовнішній вигляд (відсутність плісняви, стороннього осаду), запах (типова кисломолочна, лібна нотка), рН або титрована кислотність (визначати при регулярних підгодівлях), газова активність (індекс підйому у стандартизованому тесті).

Мікробіологічні обмеження: відсутність патогенів – пліснявих грибів; при необхідності – підрахунок Коліформ/КМАФАнМ за відповідними методиками. Для методик визначення окремих груп мікроорганізмів і заквасок використовують настанови ДСТУ 7355 для заквасок і методи визначення біфідобактерій.

Рекомендації з ведення: підтримання регламентованих режимів підгодівлі, температури й гігієни; зберігання материнської закваски окремо від виробничих партій.

Використовують *харчову кухонну сіль*, що відповідає ДСТУ 3583:2015. Сіль має бути без домішок і сторонніх запахів, рівномірного помелу (залежно від техніки – № помел відповідно до рецептури), без видимих домішок органічного походження.

Контроль при прийманні: органолептика, кислотність/лужність (за потреби), вміст NaCl відповідно до маркування; відсутність шкідливої хімічної та мікробіологічної контамінації згідно з вимогами ДСТУ.

За потреби можна використовувати олію відповідно до ДСТУ 4492, цукор-пісок, що відповідає ДСТУ 2316. Цукор має бути білим або білим із кремовим відтінком, сипким, кристали однорідні за розміром, без грудок, без сторонніх запахів і присмаків, без видимих домішок органічного чи мінерального походження [8].

Необхідно вибирати *куркumu* (*Curcuma longa*), що відповідає вимогам нормативів на прянощі (порошкові спеції).

Куркума повинна бути сухою, без сторонніх домішок (камінчики, земля), з нормованим вологовмістом, без ознак плісняви й сторонніх запахів.

Контроль при прийманні: органолептична оцінка (колір, запах), візуальний контроль домішок, визначення вологості та показників чистоти; при необхідності – спектрофотометричний метод визначення забарвлювальної здатності/вмісту основних фарбувальних компонентів [25].

Використовувати насіння льону, що відповідає технічним умовам ДСТУ 4967. Стандарт регламентує класифікацію, технічні вимоги (включаючи зовнішній вигляд, вологість, рівень домішок, мікробіологічну безпеку), пакування та маркування.

Практичні критерії приймання: чистота (відсоток домішок), вологість (підтверджена лабораторно; для зберігання у виробництві вологість має бути в межах, що виключають гниття/проростання), відсутність сторонніх запахів і ознак псування, відсутність шкідників та їх продуктів.

Рекомендований контроль: візуальний сортувальний контроль, визначення відсотка домішок і вологості, при необхідності визначення кислотного числа/йодного числа олії (за ДСТУ) – якщо планується екстракція олії або тривале зберігання.

Лабораторні аналізи (за планом контролю): вологість, вміст домішок, мікробіологія (КМАФАнМ, наявність патогенів для закваски/насіння при сумнівних показниках), показники чистоти спецій (волога, домішки).

3.2 Продуктовий розрахунок

Продуктові розрахунки є важливим етапом технологічного проектування виробництва хлібобулочних виробів, оскільки дозволяють визначити необхідну кількість сировини для отримання заданого обсягу готової продукції з урахуванням технологічних втрат, виходу тіста та норм витрат інгредієнтів. Правильно проведені розрахунки забезпечують стабільність якості хліба, оптимальне використання ресурсів і дотримання

технологічних вимог при виготовленні продукції за удосконаленою рецептурою [4].

Розрахунок рецептури пшеничного хліба на заквасці з використанням насіння льону та куркуми відповідно до обраного зразка при переробці 200 кг борошна представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Рецептура пшеничного хліба на заквасці, на 200 кг борошна

Сировина	% до борошна	Розрахунок	Кількість, кг
Борошно пшеничне вищого гатунку	100	$200 \text{ кг} \times 1,00$	200,0
Вода	60	$200 \times 0,60$	120,0
Закваска пшенична (гідратація 100 %)	30	$200 \times 0,30$	60,0
Сіль харчова	1,6	$200 \times 0,016$	3,2
Насіння льону	7,0	$200 \times 0,07$	14,0
Куркума мелена	1,0	$200 \times 0,01$	2,0
Загальна маса тіста			$\approx 399,2$

Воду можна скорегувати залежно від вологості борошна або вмісту клітковини в насінні льону (+2–5 % можливого поглинання).

Закваску подано для тіста середньої кислотності; для більш вираженого кислуватого профілю кількість може бути збільшена.

Технологічна карта виробництва пшеничного хліба на заквасці з насінням льону та куркумою

1. Найменування продукції

Пшеничний хліб на заквасці з додаванням насіння льону та куркуми.

Вихід: 1000 хлібин по 630 г.

2. Склад і норми витрат сировини (на 1 партію – 1000 шт.)

Борошно пшеничне – 360,00 кг

Закваска (100% гідратації) – 72,00 кг

- у т.ч. борошно – 36,00 кг
- у т.ч. вода – 36,00 кг

Вода загальна – 234,00 кг

- вода, що додається при замісі – 198,00 кг

Сіль – 7,20 кг

Насіння льону – 25,20 кг

Куркума – 3,60 кг

Сумарна маса тіста: \approx 630 кг

Маса однієї заготовки: 0,630 кг (630 г)

3. Обґрунтування розрахунків

Пекарські відсотки

Вода – 65 % від маси борошна

Закваска – 20 % від маси борошна

Сіль – 2 % від маси борошна

Насіння льону – 7 % від маси борошна

Куркума – 1 % від маси борошна

Основні позначення

F – маса борошна

W% – водність

L% – частка закваски

H – гідратація закваски (100%)

4. Технологічний процес

Підготовка сировини

- Перевірити борошно, сіль, воду, льон та куркуму на відповідність ДСТУ.
- Закваску активувати за 6–8 годин до замісу.

Приготування тіста

- Змішати борошно, закваску, воду (198 кг), сіль, льон і куркуму.

- Заміс до утворення однорідної консистенції.
- Тривалість: 8–12 хвилин (залежно від типу тістомісу).

Бродіння тіста

- Температура: 26–28 °С
- Тривалість: 120–150 хв
- Обминка: через 60 хвилин.

Поділ та округлення

- Маса тістової заготовки: 630 г
- Округлення може бути механічне або ручне.

Попереднє вистоювання

- 10–15 хвилин при 28–30 °С.

Формування

- Формування батонів або подових хлібин.

Остаточне вистоювання

- Тривалість: 45–60 хв
- Температура: 32–35 °С
- Вологість: 75–85%

Випікання

- Температура: 220–240 °С
- Тривалість: 28–32 хв

Охолодження

- При кімнатній температурі протягом 60–90 хв.

5. Органолептичні та фізико-хімічні показники готового виробу

- Форма: правильна, без деформацій.
- Колір скоринки: золотистий із легким жовтим відтінком.
- Пористість: рівномірна, дрібна.
- Запах: виражений хлібний, з легким ароматом льону та куркуми.
- Вологість м'якушки: 42–46%.

6. Вимоги до маркування та зберігання

- Продукцію маркувати згідно з ДСТУ.
- Зберігати при температурі 18–25 °С, відносній вологості не більше 75%.

Технологічна карта забезпечує оптимальне співвідношення компонентів, стабільну якість виробів та раціональну організацію процесу. Використання закваски, льону й куркуми підвищує харчову цінність хліба, покращує органолептичні властивості та підсилює біологічну активність продукту.

Розрахунки технологічної рецептури

1. Приймаємо загальну кількість хлібин = 1000 шт.
 2. Орієнтовна цільова маса готового виробу – ≈ 630 г (за підсумком розрахунку сумарна маса тіста дає близько 630 г/шт).
 3. Використано пекарську формулу (у % до маси борошна):
 - Вода (загальна) – 65 % від маси борошна;
 - Закваска (готова, 100 % вологості) – 20 % від маси борошна (містить 1 частину борошна і 1 частину води);
 - Сіль – 2 % від маси борошна;
 - Насіння льону – 7 % від маси борошна;
 - Куркума порошкова – 1 % від маси борошна.
- Задаємо загальну масу борошна як основну величину. Беремо 360 кг.
- Це відповідає приблизно 360 г борошна на одну хлібину, що при готовій масі ≈ 630 г є реалістичним (співвідношення борошна до готового виробу $\approx 0,57$).

Позначення:

Б – маса борошна, кг

В% – загальна водність, % від Б

З% – частка закваски, % від Б

Гз – гідратація закваски (співвідношення вода:борошно), тут = 100 %

С% , Лн% , К% – частка солі, льону, куркуми, % від Б

1. Маса закваски (кг):

$$M_z = (3\% / 100) \times B$$

2. Склад закваски:

Оскільки гідратація 100 %, то співвідношення борошно : вода = 1 : 1

$$\text{Борошно у заквасці: } B_z = M_z \times 0,5$$

$$\text{Вода у заквасці: } V_z = M_z \times 0,5$$

3. Загальна вода у тісті (кг):

$$V_{заг} = (V\% / 100) \times B$$

4. Додаткова вода для замісу:

$$V_{Дод} = V_{заг} - V_z$$

5. Масова частка компонентів (кг):

$$\text{Сіль: } C = (C\% / 100) \times B$$

Насіння льону: $L_n = (L_n\% / 100) \times B$

$$\text{Куркума: } K = (K\% / 100) \times B$$

6. Сумарна маса тіста (кг):

$$M_{тіста} = B + V_{заг} + C + L_n + K$$

(закваску окремо не додаємо, бо її склад враховано у B і $V_{заг}$)

7. Маса тіста на 1 хлібину:

$$M_{шт} = M_{тіста} / 1000$$

Числові розрахунки (за $B = 360$ кг)

1. Борошно:

$$B = 360,00 \text{ кг}$$

2. Закваска (3% = 20 %):

$$M_z = 0,20 \times 360 = 72,00 \text{ кг}$$

$$B_z = 72 \times 0,5 = 36,00 \text{ кг}$$

$$V_z = 36,00 \text{ кг}$$

3. Вода ($V\% = 65$ %):

$$V_{заг} = 0,65 \times 360 = 234,00 \text{ кг}$$

$$V_{Дод} = 234 - 36 = 198,00 \text{ кг}$$

4. Сіль (2 %):

$$C = 0,02 \times 360 = 7,20 \text{ кг}$$

5. Насіння льону (7 %):

$$L_{\text{н}} = 0,07 \times 360 = 25,20 \text{ кг}$$

6. Куркума (1 %):

$$K = 0,01 \times 360 = 3,60 \text{ кг}$$

7. Сумарна маса тіста:

$$M_{\text{тіста}} = 360 + 234 + 7,2 + 25,2 + 3,6 = 630,0 \text{ кг}$$

8. Маса тіста на 1 хлібину:

$$M_{\text{шт}} = 630 / 1000 = 0,630 \text{ кг} = 630 \text{ г}$$

Таблиця 3.2

Підсумкова рецептура (на 1000 хлібин)

Компонент	Маса, кг
Борошно пшеничне	360,00
Вода загальна (65 %)	234,00
у т.ч. в заквасці	36,00
додаткова вода	198,00
Закваска 100 % вологості (20 %)	72,00
– борошно у заквасці	36,00
– вода у заквасці	36,00
Сіль (2 %)	7,20
Насіння льону (7 %)	25,20
Куркума (1 %)	3,60
Сумарна маса тіста	≈ 630,0 кг
Маса однієї хлібини	≈ 630 г

Обрали 65 % води, тому що це дає достатню вологість для пшеничного хліба на заквасці; 20 % закваски – стандартний «активний» рівень для надійного бродіння та розвитку аромату; 7% льону і 1% куркуми – згідно II дослідного зразка. Сіль 2 % – загальноприйнята норма.

Закваска гідратація 100 % – типовий варіант «рідкої» закваски; якщо у вас інша гідратація (наприклад 50 %), розрахунок води/борошна потрібно скоригувати.

Насіння льону – насіння сильно вбирає воду та утворює слизову матрицю; при масовому додаванні корисно: або частково замочувати насіння (або змолоти його) перед введенням (щоб уникнути «відтягування» вологи від тіста); або збільшити загальну водність на 2–4 % (залежно від стану насіння: ціле або подрібнене). У наведених розрахунках не вносили додаткову воду, але на практиці рекомендую тестовий випуск і при потребі додати 1–3 % води.

Куркума – 1 % дає помітний колір, але не домінує у смаку; при збільшенні куркуми аромат може стати гіркуватим.

Округлення – у виробництві маси округлюють до зручних значень; наведені значення мають точність 0,01 кг, але у практиці використовують 0,1 кг.

У результаті проведених продуктових розрахунків визначено оптимальну кількість основної та додаткової сировини, необхідної для виробництва 1000 формових хлібин із пшеничного борошна на заквасці за удосконаленою рецептурою. Розрахунки підтверджують раціональність співвідношення інгредієнтів, яке забезпечує стабільну консистенцію тіста, відповідну гідратацію клейковинного комплексу, формування рівномірної пористості та належні органолептичні показники готової продукції. Встановлені параметри дають змогу оптимізувати витрати сировини, забезпечити повторюваність технологічного процесу та досягти прогнозованої вихідної маси виробів. Отримані дані можуть бути використані для планування виробничих програм, технологічних карт та оцінки економічної ефективності виготовлення хлібобулочних виробів за даною технологією.

3.3 Апаратурно-технологічне обладнання

Апаратурно-технологічне обладнання є ключовою складовою забезпечення стабільного та ефективного виробничого процесу. Правильний добір машин і апаратів гарантує оптимальні умови виконання технологічних операцій, раціональне використання сировини та енергії, а також високу якість готової продукції [3; 16].

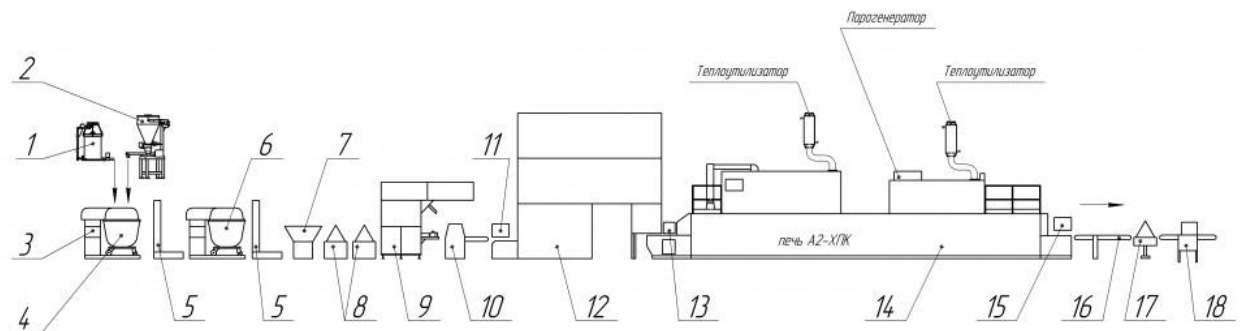
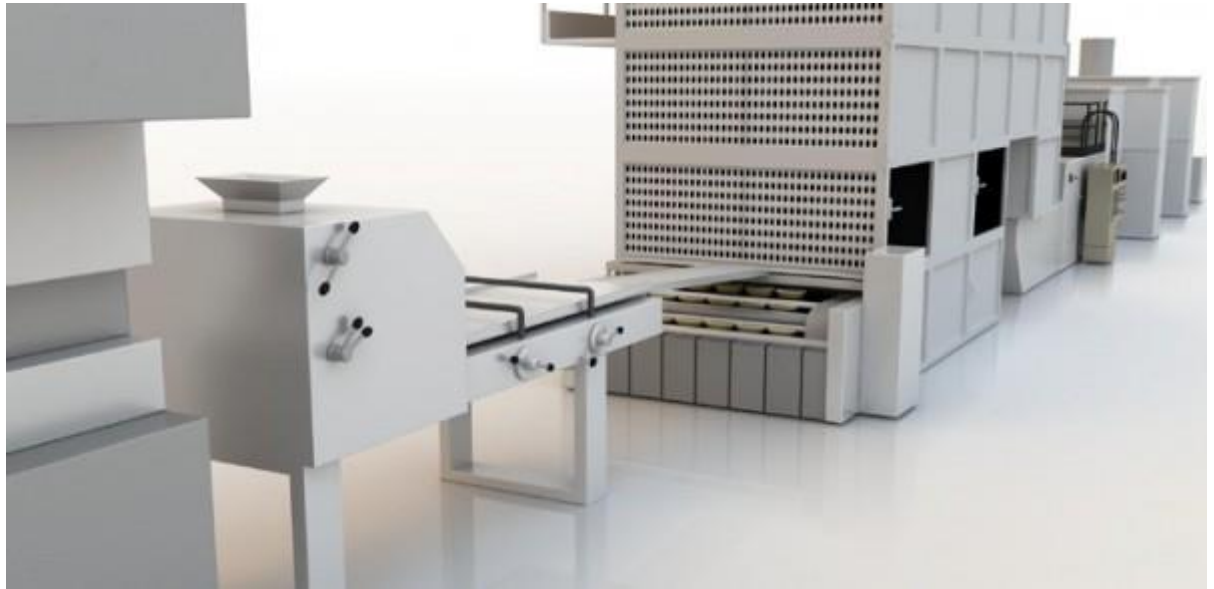


Рис. 3.1 – Поточно-механізована лінія:

дозатор рідких компонентів; дозатор борошна; машина тістомісильна; діжа підкатна; діжепід'ємники; машина тістомісильна інтенсивного замісу; тістороздільник; округлювачі конусні; шафа попередньої розстойки; тістозакаточна машина; посадчик; шафа кінцевого вистоювання; нарізник; піч А2-ХПК с парогенератором і теплоутилізатором; обприскувач (зволожувач); транспортер готової продукції; циркуляційний стіл; пакувальний автомат.

Поточно-механізована лінія призначена для виробництва пшеничних сортів хліба. Устаткування лінії забезпечує виконання наступних технологічних операцій: приготування опари; приготування тіста; тісторозділка; розстойка; випічка; упаковка (рис. 3.1).

Продуктивність печі, кг/год, хліба подового білого з суміші борошна пш. В і 1 сортів - 360-890.

Прийом і зберігання основної сировини здійснюється у бункері для борошна місткістю 500–1000 кг. Такий об'єм дає змогу забезпечувати стабільне зберігання та точне дозування борошна для партій по 200 кг, а автоматизована подача у тістоміс значно знижує втрати та запиленість у виробничому середовищі. Для насіння льону використовують окремі металеві ємності місткістю 50–100 кг, а для куркуми та інших дрібнодисперсних добавок – малі спеціалізовані бункери з точними дозаторами. Це забезпечує відтворюваність рецептури та стабільність смакових характеристик.

Система підготовки питної технічної води, що включає фільтрацію, пом'якшення та бак витримки (продуктивністю 0,5–1 м³/зміну), є критично важливою, оскільки вода істотно впливає на структуроутворення тіста. Стабільні показники жорсткості та відсутність сторонніх запахів гарантують повторюваність процесу.

Для культивації та підживлення закваски застосовують реактор-ємність об'ємом 100–300 літрів, оснащений мішалкою та системою контролю температури. Це забезпечує керованість процесів ферментації та стабільність мікрофлори. Такий об'єм дозволяє готувати необхідну кількість активної закваски для партії на 200 кг борошна.

Основна операція – замішування тіста – здійснюється у промисловому спіральному або горизонтальному тістомісильному міксері, розрахованому на 250–350 кг тістової маси. Таке обладнання оптимально підходить для пшеничного тіста середньої та високої вологості, забезпечуючи інтенсивний, рівномірний заміс і формування якісної клейковинної структури. Ємність

міксеру узгоджена з розміром партії, враховуючи додавання води, закваски та насіння [20; 21].

Як альтернатива для малих виробництв може застосовуватися великогабаритний планетарний міксер, однак його продуктивність є нижчою.

Для первинної ферментації використовують сталі або харчові пластикові контейнери місткістю 100–150 кг, розташовані на мобільних візках. Це спрощує внутрішньоцехову логістику та забезпечує зручність роботи з тістом. Для тривалої холодної ферментації застосовують холодильний ретардер-пруфер, який забезпечує стабільний контроль температури та вологості. Такий режим особливо важливий для хліба на заквасці, оскільки дозволяє формувати складний аромат і регулювати кислотність.

Операції ділення та округлення тіста виконують на автоматичних або напівавтоматичних тістодільниках продуктивністю 800–1200 шт/год. Для виробництва 1000 хлібин за зміну доцільною є повна або часткова автоматизація цієї ділянки. Округлювач формує рівномірні тістові заготовки, що сприяє однорідності м'якуша та стабільному підйому.

Вистоювання заготовок проводять на візках із піддонами, а для формування і остаточного вистоювання застосовують формувальні машини (за потреби – формувач батонів) або спеціальні робочі столи. Пруфер з автоматичним контролем температури та вологості забезпечує оптимальні умови для підйому тіста та формування якісної скоринки.

Випікання здійснюється у ротаційній або тунельній печі продуктивністю 800–1500 виробів за зміну. Для партії у 1000 хлібин оптимальною є тунельна або ротаційна система з паровою інжекцією та зональним регулюванням температури, що гарантує рівномірний пропік, стабільну пористість і якісну скоринку. Для отримання ремісничого вигляду можуть застосовуватися декові печі, однак вони потребують більше ручної праці.

Після випікання хліб охолоджують на конвеєрній стрічці або спеціальних стелажах, що забезпечує швидке зниження температури до рівня, придатного для пакування, та мінімізує ризик утворення конденсату. Завершальним етапом є пакування у горизонтальні поточні пакувальні машини або фасувально-упаковочні автомати, здатні забезпечити продуктивність не менше 1000 шт/зміну та зберегти свіжість виробу [26].

3.4 Опис технології

Виробництво пшеничного хліба на заквасці з додаванням 7 % льону та 1 % куркуми розпочинається з етапу приймання та підготовка сировини (рис. 3.2).

На цьому етапі борошно, насіння льону, куркума, вода та закваска проходять первинний контроль якості згідно з вимогами ДСТУ.

Борошно перевіряють на зараженість, вологість, зольність, клейковину. Насіння льону (7 % до борошна) контролюють на чистоту, запах та відсутність псування. Куркуму (1 %) перевіряють на колір і насиченість аромату. Вода перевіряється на жорсткість і мікробіологічні показники. Усі компоненти спрямовуються до відповідних ємностей із умовами, що забезпечують захист від вологості та контамінації.

Зберігання і дозування сировини. Борошно надходить у бункер 500–1000 кг, що дозволяє формувати партії по 200 кг.

Насіння льону зберігають у металевих ємностях 50–100 кг, а куркуму – у спеціальних санітарних герметичних бункерах.

Дозатори забезпечують точний відсотковий відбір – це важливо для стабільності рецептури та повторюваності смаку.

Підготовка води. Вода проходить етапи фільтрації, знехлорування, пом'якшення та витримки. Стабільні показники води забезпечують: оптимальну гідратацію білків, правильний розвиток клейковини, стабільність ферментації тіста.

Підготовка закваски. Закваску готують у реакторі-ємності (100–300 л) з мішалкою та контролем температури. Процес включає: активізацію маточної культури, підживлення борошном і водою, ферментацію 6–12 годин при 26–28 °С.

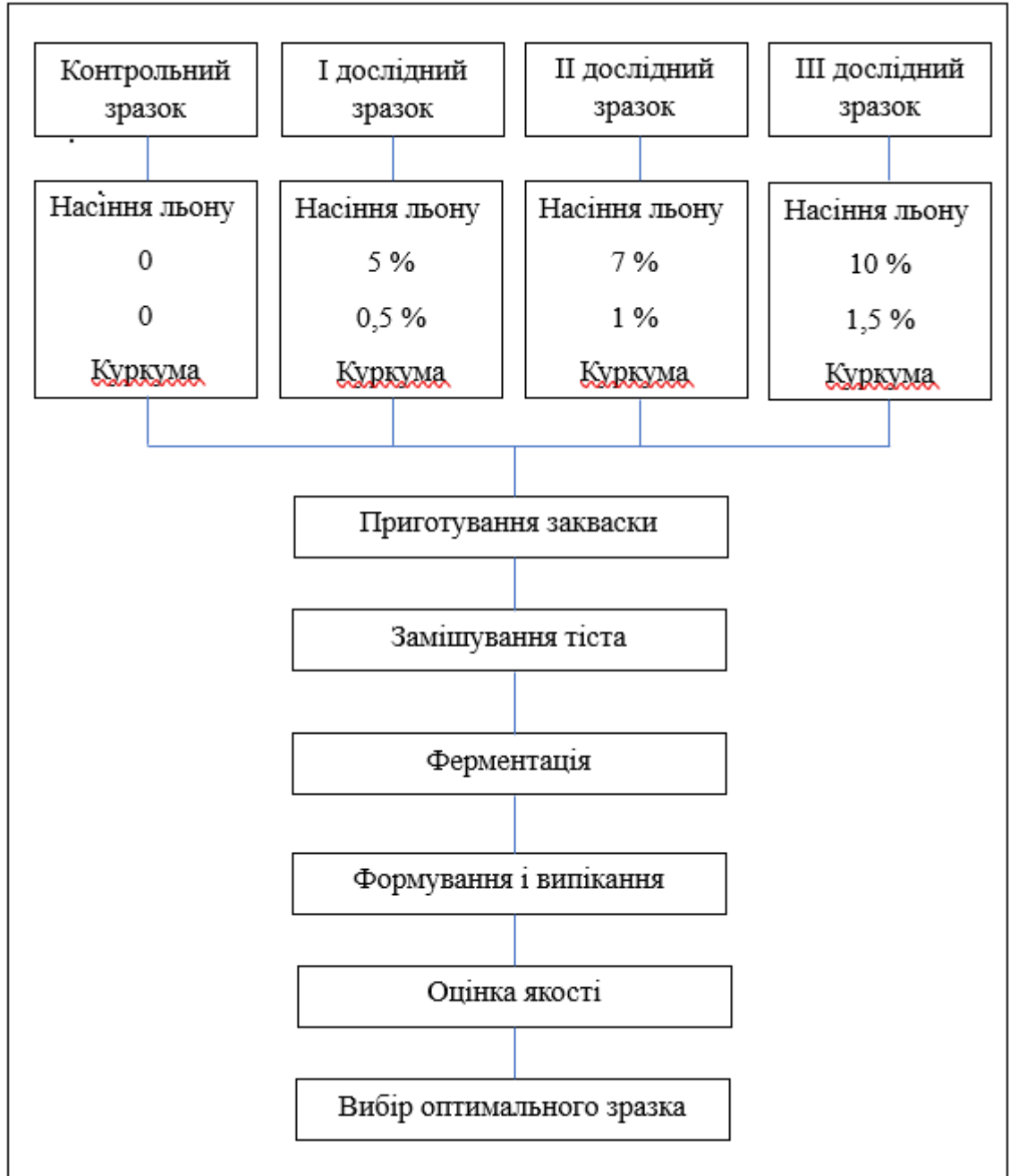


Рис. 3.2 – Етапи удосконаленої технології виробництва пшеничного хліба на заквасці з насінням льону і куркуми

Закваска має стабільну кислотність та мікробний склад, що забезпечує: більшу розпушувальну здатність тіста, характерний кисломолочний аромат, підвищену стійкість хліба до черствіння [5].

Підготовка насіння льону. Льон додають у заміс у сухому вигляді або попередньо зволуженим (опціонально). При виборі замочування 1:1 підвищується соковитість м'якуша та рівномірність розподілу насіння.

Замішування тіста. Замішування здійснюється у спіральному міксері ємністю 250–350 кг. У послідовності: борошно → вода, закваска, льон 7 %, куркума 1 %, сіль та решта рецептурних компонентів.

Заміс триває 8–12 хвилин у першій швидкості та 2–4 хвилини у другій (залежно від структури клейковини). Мета – досягти оптимальної еластичності і гладкості тіста.

Первинна ферментація. Тісто переміщують у контейнери 100–150 кг. Ферментація триває 60–90 хвилин при 26–28 °С. За цей час: формується газонакопичення, посилюється кислотність, укріплюється каркас клейковини. За потреби проводять 1 обминання.

Розподіл (ділення) тіста. Після ферментації тісто подають у тістодільник (800–1200 шт/год). Заготовки мають масу від 450 до 550 г (залежно від рецептури). Автоматизація забезпечує рівну масу кожного виробу.

Округлення тістових заготовок. На округлювачі заготовки набувають кулястої або овальної форми. Мета: розтягнути поверхневу клейковину, створити напруження для рівномірного підйому, покращити структуру м'якуша.

Передвистоювання. Заготовки відпочивають 5–10 хвилин на підносах або в корзинах для розслаблення клейковини, що полегшує подальше формування [22].

Формування. Заготовки формують у потрібну форму: подовгу, круглу або батонну. Формувальна машина або ручна операція створює щільний “рулон”, що покращує структуру пористості.

Остаточне вистоювання. Відбувається у камері-пруфері з параметрами: температура 32–38 °С, вологість 75–85 %, тривалість 40–60 хвилин.

Під час вистоювання тісто збільшується в об'ємі в 1,5–2 рази та набуває стабільності форми.

Випікання. Печі: тунельна, конвеєрна або ротаційна. Режим випікання: початкова температура 220–240 °С, середня та кінцева 200–210 °С, тривалість 28–35 хвилин. Пара на початку випікання формує блискучу, хрустку скоринку, а куркума надає хлібу золотистого кольору.

Охолодження. Хліб охолоджують 60–90 хвилин на стелажах або конвеєрних лініях до температури 30–35 °С. Неправильне охолодження призводить до конденсату та передчасного псування.

Пакування. Пакування здійснюють у горизонтальних автоматах або вручну у поліпропіленові пакети з отворами для вологообміну. Автоматичне пакувальне обладнання забезпечує продуктивність 1000 хлібин за зміну та стабільність якості.

Зберігання і відвантаження. Хліб зберігають при 18–25 °С і вологості 60–70 %. Готову продукцію маркують і відвантажують відповідно до вимог товарного сусідства та санітарних норм [5; 22].

У розділі, присвяченому вимогам до сировини, підбору обладнання та опису удосконаленої технології виробництва пшеничного хліба на заквасці з додаванням 7 % насіння льону та 1 % куркуми, обґрунтовано ключові положення, що забезпечують високу якість готового продукту. Встановлено, що дотримання державних стандартів до борошна, води, солі, цукру, насіння льону та куркуми є необхідною умовою стабільності технологічного процесу та безпеки продукції.

Підібране апаратурно-технологічне обладнання гарантує раціональне виконання всіх стадій — від підготовки сировини та ведення закваски до замішування, бродіння, формування та випікання тіста. Таке оснащення дозволяє підтримувати оптимальні параметри середовища, що особливо важливо для стабільної активності молочнокислих мікроорганізмів закваски.

Отже, удосконалена технологія забезпечує підвищення харчової цінності хліба завдяки використанню функціональних інгредієнтів, а також

покращує текстурні, органолептичні та антиоксидантні властивості виробу. Комплексний підхід – якісна сировина, технологічно обґрунтоване обладнання та оптимізовані етапи виробництва – гарантує отримання стабільного, безпечного та конкурентоспроможного продукту з підвищеною функціональною цінністю.

РОЗДІЛ 4

КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ПРОДУКТУ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Контроль безпеки та якості пшеничного хліба на заквасці

Контроль безпеки та якості є ключовим етапом у виробництві пшеничного хліба на заквасці, оскільки забезпечує стабільність технологічного процесу, відповідність продукції нормативним вимогам та споживчим очікуванням. Комплексна система контролю охоплює перевірку сировини, моніторинг показників під час ферментації, випікання та охолодження, а також оцінку готового виробу за фізико-хімічними, мікробіологічними та органолептичними характеристиками. Застосування належних процедур контролю гарантує отримання безпечного, якісного та високостабільного хліба з оптимальними структурно-механічними властивостями і характерним ароматом, притаманним заквашеним виробам [19].

Органолептичні показники II дослідного зразка (7 % насіння льону + 1,0 % куркуми) представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Органолептичні показники

Показник	Характеристика II дослідного зразка
Зовнішній вигляд	Хліб правильної форми, без підривів і тріщин. Поверхня рівна, злегка шорстка через наявність частинок льону.
Колір скоринки	Золотисто-жовтий із вираженим теплим відтінком завдяки куркумі; рівномірне забарвлення по всій поверхні.
Колір м'якуша	Жовтуватий, однорідний, із рівномірно розподіленими насінинами льону.
Стан м'якуша (структура)	Еластичний, пружний, із дрібною та середньодисперсною пористістю; без пустот і ущільнень.

Смак	Помірно солодкуватий, з характерним присмаком льону та легким пікантним післясмаком куркуми.
Аромат	Виразний хлібний аромат, доповнений пряною нотою куркуми та легким насіннєвим відтінком.
Консистенція	М'якуш ніжний і вологуватий, добре утримує форму при нарізанні; скоринка тонка й помірно хрустка.

Загальне враження – хліб має привабливий зовнішній вигляд, пряний аромат і збалансований смак, властивий виробам на заквасці з додаванням спецій та насіння.

Фізико-хімічні показники II дослідного зразка (7 % насіння льону + 1,0 % куркуми) представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Фізико-хімічні показники

Показник	Норма	Характеристика II зразка
Вологість м'якуша, %	42–46	44,2 – в межах норми, м'якуш еластичний
Кислотність, град	3,0–4,5 (для хліба на заквасці)	3,8 – помірна, збалансована кислотність
Пористість, %	65–75	70 – рівномірна, дрібно-середня
Об'ємний вихід, см ³ /100 г	≥ 290	305 – покращений за рахунок активної закваски
Масова частка жиру, %	1,0–1,8 (залежно від рецептури)	1,6 – з урахуванням вмісту льону
Масова частка клітковини, %	0,8–1,2 (для пшеничного хліба)	1,9 – підвищена через 7 % льону
Зольність, %	0,5–0,8	0,82 – незначно вища, що відповідає натуральним добавкам
Ступінь	Без слідів	Пропікання рівномірне, без

пропікання	непропікання	ущільнень
------------	--------------	-----------

Мікробіологічні показники II дослідного зразка (7 % насіння льону + 1,0 % куркуми) представлені в таблиці 4.3 [14; 15].

Таблиця 4.3

Мікробіологічні показники

Показник	Норматив (за ДСТУ / МБ)	Результат для II зразка	Висновок
КМАФАнМ, КУО/г	$\leq 1 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$	В межах допустимого
БГКП (коліформи)	Не допускаються в 0,01 г	Не виявлено	Відповідає нормі
Патогенні мікроорганізми, у т.ч. Salmonella	Не допускаються в 25 г	Не виявлено	Безпечно
Дріжджі, КУО/г	$\leq 1 \times 10^3$	$4,5 \times 10^2$	Норма
Плісняві гриби, КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^1$	Норма
Показники забруднення токсинами	В межах МДР	Не виявлено	Безпечний продукт
Активність молочнокислих бактерій	Характерна для закваски	Підвищена, стабільна	Позитивний вплив на якість і безпечність

За результатами органолептичної, фізико-хімічної та мікробіологічної оцінки встановлено, що II дослідний зразок пшеничного хліба з додаванням 7 % насіння льону та 1,0 % куркуми характеризується високими показниками якості та безпечності. Хліб має привабливий колір, рівномірну структуру

м'якуша, виразний аромат і збалансований смак. Фізико-хімічні параметри відповідають вимогам до хлібобулочних виробів на заквасці, що свідчить про правильність технологічного режиму та стабільність процесу ферментації. Мікробіологічні показники знаходяться в межах нормативів, патогенні мікроорганізми не виявлені, що підтверджує безпечність продукту. Таким чином, II зразок може бути рекомендований як оптимальний варіант рецептури з підвищеною харчовою цінністю та покращеними органолептичними властивостями.

4.2 Екологізація виробництва

Екологізація виробництва пшеничного хліба на заквасці передбачає впровадження комплексу технологічних, організаційних та ресурсозберігаючих рішень, спрямованих на мінімізацію негативного впливу на довкілля. Використання закваски як природного ферментативного середовища істотно зменшує потребу в покращувачах та хімічних добавках, що підвищує екологічність технології. Додавання насіння льону та куркуми не вимагає додаткових шкідливих обробок, оскільки ці компоненти є натуральними, мають високу біологічну цінність і добре адаптовані до умов переробки [7; 24].

Раціональне використання енергоресурсів досягається за рахунок оптимізації режимів замішування, бродіння та випікання, а також застосування енергоефективних печей і тістомісильного обладнання. Важливим елементом є зменшення втрат сировини та впровадження системи повторного використання теплової енергії. Екологічність виробництва підсилюється переходом на локальну сировину: пшеницю, насіння льону та спеції, що скорочує вуглецевий слід, пов'язаний із транспортуванням.

Суттєвим аспектом також є зниження кількості харчових відходів: використання автоматизованих дозаторів, контроль вологості та маси напівфабрикатів, а також впровадження систем моніторингу якості дозволяють уникати технологічних браків. Вторинне використання

пакувальних матеріалів, заміна полімерів на біорозкладні або переробні альтернативи сприяють зменшенню екологічного навантаження [2; 7].

У комплексі ці заходи забезпечують формування сучасного екологічно відповідального виробництва, що поєднує високу якість готового продукту з мінімальним впливом на навколишнє середовище та відповідністю принципам сталого розвитку.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Удосконалена технологія виробництва пшеничного хліба на заквасці з додаванням 7 % насіння льону та 1,0 % куркуми є економічно доцільною завдяки поєднанню високої харчової цінності продукту, оптимізації технологічних процесів та підвищенню ринкової вартості готового виробу. Використання натуральних функціональних інгредієнтів дозволяє сформувати продукт із чітко вираженими оздоровчими властивостями, що створює додаткову конкурентну перевагу на ринку та розширює потенційну аудиторію споживачів.

Додавання льону та куркуми незначно підвищує вартість сировинного набору (на 5–12 % порівняно з класичним рецептом), однак це компенсується: покращеними органолептичними показниками; підвищеною харчовою та функціональною цінністю; можливістю реалізації продукції за вищою ціною (на 15–25 %); збільшенням лояльності споживачів до функціональних виробів.

Використання закваски зменшує потребу в промислових покращувачах і дріжджах, що сприяє оптимізації частини технологічних витрат.

Льон та закваска покращують вологоутримувальну здатність тіста, що забезпечує: збільшення виходу готового хліба на 2–4 %; довше збереження свіжості виробу, а отже – нижчий відсоток списань у торговельній мережі.

Функціональні хлібобулочні вироби належать до категорії продукції з підвищеною рентабельністю. Додавання льону та куркуми: дозволяє позиціонувати продукт у преміум-сегменті завдяки оздоровчій цінності; підвищує попит серед споживачів, які обирають натуральні та корисні продукти; формує додану вартість за рахунок унікального складу, кольору та смаку.

Оцінки показують, що рентабельність виробництва такого хліба може зростати на 12–20 %, залежно від обсягів виробництва та каналу реалізації.

Економічна ефективність використання удосконаленої технології виробництва пшеничного хліба на заквасці з додаванням насіння льону і куркуми показана в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність

Показник	Традиційна технологія	Удосконалена технологія
Собівартість 1 буханки (500 г)	20,0	21,0
Вироблено за зміну, шт	1200	1200
Реалізаційна ціна 1 хлібини, грн	28,5	30,0
Витрати за зміну, грн	24000	25200
Дохід із реалізації за зміну, грн	34200	36000
Чистий прибуток, грн.	10200	10800
Рентабельність, %	42,5	42,8

Таким чином, впровадження технології виробництва пшеничного хліба на заквасці з насінням льону і куркуми є економічно вигідним рішенням, що забезпечує не лише зростання прибутку, але й розширення асортименту корисної хлібопекарської продукції.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Удосконалена рецептура із 7 % насіння льону та 1,0 % куркуми вимагає ретельного контролю якості інгредієнтів. Введення льону забезпечує підвищення харчової цінності, збагачення продукту омега-3 кислотами та клітковиною, а куркума сприяє покращенню антиоксидантних властивостей і природному жовтуватому забарвленню м'якуша. На цьому етапі забезпечено відповідність сировини вимогам ДСТУ, що гарантує стабільність структури та поживну цінність хліба.

1. Закваска забезпечує природне бродіння, поліпшення смаку та аромату, а також підвищення біодоступності нутрієнтів. Удосконалена технологія не потребує змін у режимі ведення закваски, проте насіння льону частково впливає на водопоглинальну здатність тіста, що враховано у коригуванні гідратації. У результаті формується активна мікрофлора, яка стабілізує бродильні процеси.

2. На цьому етапі додавання 7 % льону та 1 % куркуми забезпечує збалансовану консистенцію тіста. Льон утримує вологу, підвищує в'язкість та рівномірність структури, тоді як куркума надає антиоксидантні властивості та покращує колір готового виробу. Заміс проходить рівномірно, без порушення реологічних властивостей пшеничного тіста.

3. Завдяки оптимальним концентраціям добавок (7 % льону та 1 % куркуми) тісто рівномірно збільшується в об'ємі, а мікроорганізми закваски не пригнічуються. Полісахариди льону сприяють утриманню газу, що позитивно впливає на формування пористості. Бродіння проходить стабільно, без перекидання.

4. Тісто демонструє гарну пластичність і не розпливається завдяки оптимальному співвідношенню білкової та гелевої фракцій. Льон забезпечує гладку структуру заготовок, а куркума зберігає інтенсивність кольору після випікання. Показники вистоювання відповідають технологічним нормам.

5. У процесі випікання удосконалений склад не погіршує теплообміну та стабільності структури хліба. Характеризується рівномірною кіркою

золотисто-жовтого відтінку, еластичним та дрібнопористим м'якушем, вираженим ароматом із легкими пряними нотами. Підвищена вологозатримувальна здатність льону продовжує свіжість виробу.

6. Хліб за удосконаленою технологією відзначається: покращеною харчовою цінністю (клітковина, омега-3, антиоксиданти); привабливим кольором і підвищеною ароматичністю; оптимальною пористістю та еластичністю м'якуша; довшим терміном зберігання; стабільною формою та високими органолептичними показниками.

Додавання 7 % насіння льону та 1,0 % куркуми оптимально позначається на всіх етапах виробництва, забезпечуючи стабільні технологічні властивості тіста та покращені органолептичні, функціональні й харчові характеристики готового хліба. Удосконалена технологія дозволяє отримати продукт підвищеної біологічної цінності без ускладнення виробничого процесу та без негативного впливу на якість.

Рекомендується впровадити у виробничий процес удосконалену технологію приготування пшеничного хліба на заквасці, яка передбачає використання функціональних інгредієнтів – насіння льону (7 %) та куркуми (1,0 %). Застосування цієї рецептури дає можливість отримати продукт із підвищеною харчовою цінністю, покращеними органолептичними властивостями та стабільними структурно-механічними показниками тіста. Така технологія дозволяє оптимізувати процес ферментації, посилює газоутримувальну здатність тіста та забезпечує рівномірну пористість готового виробу.

З технологічної точки зору удосконалення не потребує суттєвої зміни виробничої лінії, що робить впровадження економічно доцільним та легким для масштабування. Додавання льону і куркуми може підвищити конкурентоспроможність підприємства, дозволивши розширити асортимент продукції за рахунок створення оздоровчого хліба з природними антиоксидантами, харчовими волокнами та яскраво вираженим смаком.

Отже, пропонується включити удосконалений варіант хліба до постійного асортименту підприємства, забезпечивши відповідні контролю якості сировини та оптимізацію режимів ферментації, що дозволить стабільно отримувати продукцію високої якості з підвищеною споживчою привабливістю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березкина, Н. А., Буяльська, Н. П., Челябинцева, В. М. Технологія закваски спонтанного бродіння з борошна пшеничного вищого гатунку та її характеристики // Вісник ЛТЕУ. Технічні науки. 2024. № 38, вип. 2. С. 45–55.
2. Беренда, Н.І., Остапенко Н.В. Розвиток екологічного обліку в Україні з врахування світового досвіду. Теоретичні та практичні аспекти стійкого розвитку фінансової системи України : кол. моногр. Умань: Візаві, Частина. 2. 2013. С. 205–214.
3. Бернік П.С., Стецько З.О., Паламарчук І.П. та ін. Механічні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: Навч. посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. 336 с.
4. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник. С. І. Бухкало. К.: Центр навчальної літератури, 2019. 108 с.
5. Гетьман, І. А., Науменко, О. В., Богдан, Г. С., Михонік, Л. А. Науково-технологічні аспекти технологій хліба з використанням заквасок // Інноваційні технології в хлібопекарському виробництві : матеріали Міжн. наук.-практ. конф. Київ : НУХТ, 2023. С. 21–23.
6. Гребенюк М. Сучасна концепція здорового та раціонального харчування - складова системи забезпечення продовольчої безпеки України. Підприємництво, господарство і право. № 6. 2013. С. 41–45.
7. Джигирей В.С. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища / Джигирей В. С., Сторожук В. М., Яцюк Р. А. Львів: Афіша, 2000. 272 с.
8. ДСТУ 2316–93 Цукор-пісок. Технічні умови
9. ДСТУ 3583–97 Сіль кухонна. Загальні технічні умови
10. ДСТУ 4492:2005 Олія соняшникова. Технічні умови

11. ДСТУ 4967:2008 Насіння льону олійного для перероблення. Технічні умови.
12. ДСТУ 7355:2013 Молоко, молочні продукти та закваски. Метод визначання кількості біфідобактерій.
13. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Технічні умови. К.: Держспоживстандарт України, 2014. 24 с
14. ДСТУ ISO 12824:2004 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод визначання сальмонели
15. ДСТУ ISO 15214:2007. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування мезофільних молочнокислих бактерій за температури 30 °С. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 10 с.
16. Закалов О.В., Закалов І.О. Технологічне обладнання харчових виробництво: Тернопіль. 2000. 406 с.
17. Збалансування продовольчого ринку в контексті забезпечення продовольчої безпеки: монографія. І.В. Федулова, О.І. Драган, Г.О. Кундеева та ін.; кер. авт. кол. І.В. Федулова; Національний університет харчових технологій. Київ: Кондор. 2015. 398 с.
18. Колихановська Л.М. Інноваційний підхід до виробництва житньо-пшеничного хліба із застосуванням CO₂-екстрактів пряно-ароматичних компонентів кропу та кунжуту // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. № 1. С. 371–392.
19. Методи контролю якості харчової продукції. Навчальний посібник для ВНЗ (рек. МОН України) Черевко О.І., Крайнюк Л.М., Касілова Л.О., Димитрієвич Л.Р. та ін. / За заг. ред. Крайнюк Л.М., 2012. 512 с
20. Мирончук В.Г., Гулій І.С., Пушанко М.М. та ін. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Підручник. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
21. Мирончук В.Г., Орлов Л.О. та інші. Розрахунки обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Вінниця, 2004. 282с.

22. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв. Київ. 2006.
23. Савченко, О. М., Лемеш, М. В., Гунько, Д. В., Сиза, О. І., Челябієва, В. М. Технологія виготовлення житньо-пшеничного хліба на заквасках із застосуванням перцю болгарського сухого // Технічні науки та технології. 2021. № 4(14). С. 230–237.
24. Сухарев С. Основи екології та охорони довкілля. Навчальний посібник. Міністерство освіти і науки України, Ужгородський нац. Центр навчальної літератури, 2006. 391 с.
25. ТУ У 10.8-30664064-006:2015 Прянощі. Куркума мелена.
26. Черевко О.І., Михайлов В.М., Кіптєла Л.В., Загорулько О.Є., Ляшенко Б.В., Загорулько А.М. Розрахунок технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посібник. ХДУХТ, 2018. 305 с.
27. Abdellatif, A. M., Alzahrani, N., & Hassan, M. Turmeric powder enhances the chemical, microbiological, sensorial and shelf-life quality of bun-bread. *Food Research*, 2023. 7(1), 112–120. Порошок куркуми покращує хімічні, мікробіологічні, сенсорні та термін зберігання хліба.
28. Dobre, A. A., Cucu, E. M., Belc, N. Influence of Technological Parameters on Sourdough Starter Obtained from Different Flours // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, № 11. Article 4955. Вплив технологічних параметрів на закваску, одержану з різного борошна
29. Gunko, S., Naumenko, O., Hetman, I., Khomichak, L., Lukianchuk, I., Bilko, M., Bober, A., Zavadzka, O., Yashchuk, N., Liashenko, S. Determining the influence of enzymes and sourdough of lactic acid bacteria on the quality of wheat-hemp bread // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 5, № 11 (137). С. 60–70. Визначення впливу ферментів та закваски молочнокислих бактерій на якість пшенично-конопляного хліба.
30. Kaim, U., Müller, S., & Richter, M. Health benefits of bread fortification: A systematic review. *Nutrients*, 2023. 15(3), 450. Користь для здоров'я збагачення хліба: систематичний огляд

31. Lorenc, F., Kowalski, S., & Zimnoch-Guzowska, E. Structural characterization and functional properties of flaxseed hydrocolloids and their application in bakery products. *Foods*, 2022. 11(14), 2104. Структурна характеристика та функціональні властивості гідроколоїдів насіння льону та їх застосування в хлібобулочних виробках

32. Technological characteristics of whole wheat bread: effects of wheat varieties, sourdough treatments and sourdough levels // *European Food Research and Technology*. 2024. Vol. 250. С. 2593–2608. Технологічні характеристики цільнозернового хліба: вплив сортів пшениці, обробка закваски та рівень закваски

33. Wirkijowska, A., Sobota, A., & Zarzycki, P. The possibility of using by-products from the flaxseed industry in bread: Effects on nutritional value and quality. *Food Chemistry*, 2020. 315, 126–178. Можливість використання побічних продуктів виробництва льону в хлібі: вплив на харчову цінність і якість.

34. Zhang, G., Yang, W., & Sun, Z. Prevalence, genetic diversity and technological functions of *Lactobacillus sanfranciscensis* in sourdough: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019. 59(19), 1–20. Поширеність, генетичне різноманіття та технологічні функції *Lactobacillus sanfranciscensis* у заквасках: огляд