

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський державний університет харчування та торгівлі

**ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО
З ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА
ТА КУКУРУДЗИ**

Монографія

Харків
ХДУХТ
2017

УДК 664.663

ББК 36.83-1

Т 38

Автори:

С. Г. Олійник, Г. В. Степанькова,
О. В. Самохвалова, О. І. Кравченко

Рецензенти:

д-р техн. наук, проф. Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут» Ф. Ф. Гладкий,
д-р техн. наук, проф. Харківського національного технічного
університету сільського господарства ім. П. Василенка О. М. Шаніна

Рекомендовано до видання вченою радою Харківського державного
університету харчування та торгівлі, протокол № 9 від 28.12.2016 р.

Технологія хліба пшеничного з продуктами переробки зародків
Т 38 вівса та кукурудзи : монографія / С. Г. Олійник, Г. В. Степанькова,
О. В. Самохвалова, О. І. Кравченко. – Х. : ХДУХТ, 2017. – 123 с.

ISBN 978-966-405-416-1

У монографії узагальнено результати багаторічних досліджень щодо теоретичного та практичного обґрунтування технологій хлібобулочних виробів підвищеної харчової та біологічної цінності з використанням продуктів переробки зародків вівса та кукурудзи.

Рекомендовано для викладачів, аспірантів, студентів спеціальності «Харчові технології», а також фахівців хлібопекарської галузі та закладів ресторанного господарства.

УДК 664.663

ББК 36.83-1

©Олійник С. Г., Степанькова Г. В.,
Самохвалова О. В., Кравченко О. І., 2017

©Харківський державний університет
харчування та торгівлі, 2017

ISBN 978-966-405-416-1

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБА	7
1.1. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності пшеничного хліба.....	7
1.2. Досвід використання зернової сировини та продуктів її переробки у технологіях пшеничного хліба підвищеної харчової цінності.....	11
1.3. Зародки зернових культур та продукти їх переробки – перспективна сировина для виробництва хліба оздоровчого призначення.....	23
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ У ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО	29
2.1. Дослідження хімічного складу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи.....	29
2.2. Дослідження функціонально-технологічних властивостей дослідних добавок.....	34
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА, БІОХІМІЧНИХ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЙОГО ДОЗРІВАННЯ ЗА НАЯВНОСТІ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ	39
3.1. Дослідження структурно-механічних властивостей пшеничного тіста з використанням дослідних добавок.....	39
3.2. Дослідження біохімічних та мікробіологічних процесів у пшеничному тісті з додаванням шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи.....	48
3.2.1. Характеристика біохімічних процесів, що відбуваються у тісті з добавками.....	48
3.2.2. Вплив дослідних добавок на протікання мікробіологічних процесів у тісті з добавками.....	51
РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ	58
4.1. Удосконалення технології пшеничного хліба за безопарного і опарного способів приготування тіста.....	58
4.1.1. Визначення впливу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи на технологічні параметри та якість хліба	

за безопарного способу тістоприготування.....	58
4.1.2. Визначення впливу дослідних добавок на технологічні параметри та якість хліба за опарного способу тістоприготування.....	61
4.1.3. Оптимізація технологічних параметрів та рецептурного складу хліба з використанням шроту зародків вівса.....	63
4.2. Розробка рецептур і технологічних схем виробництва хліба з використанням шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи.....	66
РОЗДІЛ 5. СПОЖИВЧА ЦІННІСТЬ ХЛІБА З ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ.....	73
5.1. Харчова, біологічна та енергетична цінність хліба зі шротом зародків вівса та жмихом зародків кукурудзи.....	73
5.2. Дослідження впливу дослідних добавок на перетравлюваність білків та вуглеводів хліба.....	77
5.3. Дослідження впливу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи на процеси черствіння хліба.....	79
5.4. Кваліметрична оцінка якості хліба з дослідними добавками.....	83
5.4.1. Розрахунок комплексного показника якості хліба зі шротом зародків вівса та жмихом зародків кукурудзи.....	83
5.4.2. Розрахунок економічного ефекту під час упровадження технології хліба з використанням дослідних добавок.....	89
5.4.3. Розрахунок інтегрального показника якості хліба з дослідними добавками.....	96
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	100

ВСТУП

Однією з глобальних проблем сьогодення є розповсюдження серед населення більшості країн світу хвороб аліментарного характеру, викликаних незбалансованістю харчування. Концептуальним підходом до її вирішення є підвищення харчової та біологічної цінності продуктів повсякденного споживання, в першу чергу, хлібобулочних виробів, частка яких у харчових раціонах складає до 15%. Відомо, що традиційні сорти хліба, маючи високу енергетичну цінність, характеризуються незбалансованим амінокислотним складом, низьким вмістом харчових волокон, багатьох вітамінів та мінеральних речовин. Отже, важливою задачею хлібопекарської галузі є формування асортименту хлібобулочних виробів, збагачених фізіологічно функціональними інгредієнтами. Науковий та практичний досвід свідчить, що з цією метою доцільно включати до рецептур хліба вторинні продукти переробки зернових культур, які є природними біокоректорами з високим вмістом біологічно цінних білків, неперетравлюваних полісахаридів та інших корисних для організму людини речовин.

Обґрунтуванню науково-практичних підходів до використання побічних зернових продуктів та відходів борошномельного, круп'яного, олійного та інших виробництв у технологіях хліба присвячено праці відомих вітчизняних та закордонних вчених В.І. Дробот, Л.Ю. Арсенєвої, Г.М. Лисюк, Р.Ю. Павлюк, О.М. Шаніної, В.О. Моргун, М.М. Капрельянца, С.Я. Корячкіної, Л.І. Пучкової, Т.Б. Циганової, Y. Pomeranz, R.C. Hosney, C.R. Wang та інших. Проте в літературних джерелах відсутні систематизовані дані щодо формування якості, харчової та біологічної цінності хліба, виготовленого з використанням зародків зернових культур та продуктів їх переробки.

У даній роботі для створення технологій хліба оздоровчого призначення в якості перспективної вітчизняної сировини пропонується використовувати дрібнодисперговані шрот зародків вівса та жмих зародків кукурудзи – вторинні продукти у технологіях вівсяної й кукурудзяної олій. Вони є джерелом харчових волокон, що, як відомо, мають потужні пребіотичні, детоксикаційні, імуностимулюючі властивості. Крім того, ці продукти переробки вівсяних та кукурудзяних зародків характеризуються значним вмістом вітамінів, макро- та мікроелементів, поліфенольних сполук, а також білків з високим скором дефіцитних для хліба амінокислот лізину та треоніну. Шрот зародків вівса у хлібопекарському виробництві раніше не використовувався, а вплив жмиху зародків кукурудзи на якість, харчову та біологічну цінність хліба висвітлений у літературних джерелах не достатньо. Це стало передумовою системного вивчення їх хімічного складу,

функціонально-технологічних властивостей, а також впливу на перебіг процесів формування якості напівфабрикатів та готових виробів на всіх етапах технологічного процесу виготовлення хліба.

Перший розділ монографії присвячений аналізу харчової та біологічної цінності пшеничного хліба, теоретичних та практичних підходів до використання зернової сировини з метою його збагачення фізіологічно функціональними інгредієнтами. Розглянуто вітчизняний та зарубіжний досвід застосування зародків зернових культур та продуктів їх переробки у хлібопекарському виробництві. Обґрунтовано перспективність використання для корекції хімічного складу хліба шроту зародків вівса (ШЗВ) і жмиху зародків кукурудзи (ЖЗК), які є вторинними продуктами у виробництві олії методом екстракції та пресування відповідно.

У другому розділі наведено результати власних досліджень хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей дослідних продуктів переробки зародків вівса та кукурудзи. Визначено вплив добавок на клейковину пшеничного борошна, структурно-механічні властивості тіста, зміну в ньому стану вологи та кількості редуруючих цукрів, перебіг процесів газоутворення та кислотонакопичення під час бродіння тіста, а також на активність молочнокислих бактерій.

У третьому розділі наведено результати вивчення впливу дослідних добавок на показники технологічного процесу та якості хліба за безопарного й опарного способів тістоприготування, оптимізовано рецептурний склад виробів із ШЗВ, розроблено асортимент, технологічні та апаратурно-технологічну схеми виробництва хліба з добавками.

Четвертий розділ базується на результатах вивчення споживчих властивостей розроблених виробів, а саме: оцінено харчову, біологічну цінність, перетравлюваність білків та вуглеводів нових видів хліба, досліджено перебіг процесів, що відбуваються під час їх зберігання. На завершення подано дані розрахунку інтегрального показника якості на основі визначення комплексного показника якості та економічної ефективності розробок.

В основу монографії покладено матеріали дисертаційної роботи Г.В. Степанькової, що виконана на кафедрі технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів Харківського державного університету харчування та торгівлі під керівництвом к.т.н., доцента С.Г. Олійник.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБА

1.1. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності пшеничного хліба

Аналіз стану здоров'я населення України та багатьох інших країн, що проводиться в останні кілька десятиліть у межах медико-соціальних досліджень, переконливо свідчить про неухильне зростання числа осіб, які страждають або схильні до різних захворювань, і, перш за все до таких, які отримали назву «хвороби цивілізації». Сьогодні безперечним є той факт, що захворювання серцево-судинної системи, цукровий діабет, ожиріння, онкологічні захворювання викликані незбалансованим раціоном харчування [1–3]. Ще в 1992 році 159 країн світу, у тому числі Україна, прийняли першу Всесвітню декларацію і Програму дій в галузі харчування (World Declaration and Plan of Action on Nutrition), положення якої спрямовані на усунення хронічної нестачі в раціоні харчування основних вітамінів, мікроелементів та інших необхідних сполук. У процесі пошуку шляхів вирішення цієї проблеми провідними країнами світу було сформульовано Наукову концепцію функціональних продуктів харчування Європи (Scientific Concepts of Functions Food in Europe), згідно з якою корекцію харчового статусу населення пропонується здійснювати за рахунок створення функціональних продуктів харчування [1; 3–9].

Фізіологічно функціональні інгредієнти – це речовини, або комплекс речовин, що за умови систематичного вживання, здатні позитивно впливати на фізіологічні процеси в організмі людини [1; 4; 6]. Згідно з даними наукової літератури, до них відносяться харчові волокна (розчинні та нерозчинні), вітаміни, антиоксиданти, мінеральні речовини, поліненасичені жирні кислоти, олігоцукриди (пребіотики) і корисні мікроорганізми (пробіотики), білки та амінокислоти тощо [4; 6–8; 10].

В Україні виробництво функціональних продуктів харчування регулюється Законом «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини» [11].

Відповідно до принципів, сформульованих у матеріалах Комісії Codex Alimentarius ВООЗ, збагаченню необхідно піддавати насамперед продукти масового вжитку, що регулярно використовуються у щоденних харчових раціонах [1; 4; 6; 12; 13]. До них в першу чергу відносяться хлібобулочні вироби, які відіграють важливу соціальну роль в житті суспільства і споживаються всіма категоріями населення незалежно від

статі, віку, соціального статусу та рівня доходів. Їх виїняткове значення у харчових раціонах сформоване історично та зумовлене традиціями хлібопечення в нашій країні [14–19].

У асортименті хлібобулочної продукції лідируючу позицію посідають вироби з пшеничного борошна. За даними статистики, у 2014 р. в Україні частка пшеничного хліба складала близько 45% від загального обсягу виробництва хлібних виробів [18].

Відомо, що хімічний склад хліба залежить перш за все від сорту борошна, з якого він виробляється. Технологічна переробка зерна пшениці в сортове борошно передбачає видалення зародку, алейронового шару та оболонки зерна, що є цінними природними «коморами» білка, жиру, вітамінів і мінеральних речовин [15; 16]. За мірою підвищення виходу борошна, вміст білків, жирів та харчових волокон у хлібі з такого борошна підвищується (табл. 1.1) [20]. За вживання денної норми хліба (277 г), зазначеної у «споживчому кошику» України [21], забезпечується добова потреба в білках на 40,0...43,0%. Проте існує проблема недостатньо високої біологічної цінності білків пшеничного хліба. Відомо, що у виробах із пшеничного борошна недостатньо таких незамінних амінокислот, як лізин, який є найбільш дефіцитним у світовому харчовому балансі, а також треонін та триптофан [15; 16; 20].

Таблиця 1.1 – Харчова та енергетична цінність пшеничного хліба (на 100 г) [15]

Найменування показника	Хліб пшеничний, виготовлений з борошна			
	вищого гатунку	першого гатунку	другого гатунку	обойного
Білки, %	7,59	7,63	8,56	8,15
Жири, %	0,8	0,86	1,29	1,4
Вуглеводи, %	49,2	48,3	45,3	37,5
Харчові волокна, %	2,6	3,3	4,0	5,6
Енергетична цінність, ккал	234,4	226,0	220,0	203,0

У пшеничному хлібі незбалансованим є співвідношення білків і вуглеводів, що становить 1: (6...7), тоді як згідно з концепцією здорового харчування рекомендованим є співвідношення 1:4. Вуглеводний склад виробів в основному представлений легкозасвоюваними вуглеводами: крохмалем, моно- і дицукридами [16].

За мірою підвищення сорту пшеничного борошна в ньому знижується вміст таких фізіологічно важливих речовин, як харчові волокна. Ураховуючи рекомендації ФАО/ВООЗ, їх денна норма

споживання становить 25...30 г, проте їх кількість у виробах із сортового борошна (табл. 1.1) не є фізіологічно значущою [8; 15; 22].

Відомо, що хліб пшеничний є джерелом вітамінів групи В, РР та Е. Хоча їх вміст у хлібі із сортового борошна значно менший, ніж у виробах із борошна високого виходу. Так, за умови вживання добової норми хліба з борошна першого сорту організм людини забезпечується вітаміном В₁ на 27%, В₆ – на 15%, В₃ – на 11%, РР – на 23%, вітаміну Е – на 39%, а за споживання виробів з обойного борошна міра забезпечення потреби у цих вітамінах зростає у 1,5–2,3 рази [15].

Мінеральна цінність хліба також знижується із підвищенням сорту борошна. Також відомим є те, що хліб являється незбалансованим за співвідношенням кальцію та фосфору, яке повинно становити 1:1,5, тоді як, наприклад, у хлібі з борошна вищого ґатунку – 1:3. Крім того, порушено співвідношення кальцію і магнію, яке становить 1:(2...2,5) за оптимального співвідношення 1:(0,5...0,75). Вміст заліза у хлібі з борошна вищого ґатунку становить 1,12 мг, що складає 20,6% від добової потреби, тоді як у виробах з борошна більших виходів – 34,2...77,3% [16].

Отже, хімічний склад хліба є не збалансованим за вмістом і співвідношенням харчових та біологічно активних речовин, що позиціонує його як перспективний базовий об'єкт для створення виробів з підвищеним вмістом фізіологічно функціональних інгредієнтів.

Вітчизняний та закордонний досвід свідчать, що для підвищення харчової та біологічної цінності хліба, надання йому оздоровчих, лікувальних та лікувально-профілактичних властивостей можливо виділити наступні основні напрями:

- біофортифікація сільськогосподарських культур;
- збагачення хлібопекарської сировини на етапі її виробництва;
- використання збагачуючих компонентів під час технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів [23].

Біофортифікація (*biofortification*), або біозбагачення основних сільськогосподарських культур є перспективним та багатообіцяючим підходом до вирішення світових глобальних проблем ХХІ сторіччя, пов'язаних із харчуванням. Це стратегія створення рослин із запрограмованими функціональними властивостями, здатними до накопичення підвищеного рівня вітамінів, мінералів та цільових сполук. Основними підходами до її реалізації є підвищення біоадсорбції мінеральних речовин із ґрунту та зміна спектра харчових компонентів у їстівних частинах рослин за рахунок пошуку оптимальних шляхів мінерального живлення рослин, використання прийомів традиційної селекції сучасних методів молекулярної генетики та геноміки [24; 25].

Питаннями біофортificaції опікуються такі міжнародні організації, як Всесвітня організація охорони здоров'я, Консультативна група з міжнародних сільськогосподарських досліджень (CGIAR Research Program), International Food Policy Research Institute (IFPRI) та інші. На сьогоднішній день перспективними проектами, що реалізуються під егідою Всесвітньої організації охорони здоров'я, є біозбагачення рису та бобових (залізом та цинком), кукурудзи (цинком та каротиноїдами), сорго та маніоки (амінокислотами), пшениці тощо [25].

Відповідно до світових тенденцій у нашій країні розроблено та схвалено проект Концепції Державної науково-технічної програми «Біофортificaція та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012–2016 роки». Серед основних сформульованих у Концепції завдань слід відзначити розробку технологічних прийомів регуляції вмісту та складу макро- та мікронутрієнтів у сільськогосподарських культурах України, зменшення в них вмісту антинутрієнтів, створення принципово нових технологій глибокої комплексної переробки сировини на продукти оздоровчого та лікувально-профілактичного призначення [26].

Іншим шляхом покращення профілю харчової цінності хлібобулочних виробів є збагачення хлібопекарської сировини, в першу чергу борошна в технологічному процесі її виготовлення.

Фортificaція борошна (*flour fortification*) вітамінами та мінеральними речовинами є визнаним шляхом подолання дефіциту цих есенціальних речовин. У США, Європі, Китаї, Канаді та інших розвинутих країнах вже понад 70 років упроваджені обов'язкові національні програми щодо фортificaції борошна [27]. Збагачення пшеничного, а також інших видів борошна, наприклад, кукурудзяного, на борошномельних підприємствах здійснюється за рахунок внесення в нього вітамінів або мінеральних речовин у вигляді хімічних препаратів або преміксів. У більшості випадків борошно фортифікують такими мінеральними речовинами, як залізо, цинк, мідь, селен, магній, марганець, йод, а також вітамінами групи В (тіамін, рибофлавін, ніацин), фолієвою кислотою [27–29]. У якості джерела білка додають суху пшеничну клейковину [30]. Значною перевагою фортифікованого борошна є висока точність корегування його вітамінного й мінерального складу.

В Україні створено Національний альянс із фортificaції та розроблено готові до впровадження пілотні проекти, проте питання збагачення борошна досі не вирішено, а ринок фортифікованого борошна знаходиться на стадії розвитку [31]. Серед виробників такої продукції в Україні можна назвати ВАТ «Екватор», ДП «Новопокровський КХП», ТОВ КХП «Тальне».

Окрім збагаченого борошна для підвищення харчової цінності хліба використовують також йодовані [32] або селенозбагачені хлібопекарські дріжджі [33], йодовану сіль [34], мінералізовану воду тощо [35].

Найбільш поширеним шляхом підвищення харчової цінності хліба є внесення збагачуючих інгредієнтів безпосередньо під час технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів. Науково обґрунтованим є підхід, що полягає в застосуванні з цією метою натуральної сировини тваринного та рослинного походження з високим вмістом фізіологічно функціональних інгредієнтів [2; 12].

Серед сировини рослинного походження, що використовується для підвищення харчової та біологічної цінності хліба, найбільшу групу складають зернові культури та продукти їх переробки, аналіз досвіду застосування яких представлено нижче.

1.2. Досвід використання зернової сировини та продуктів її переробки у технологіях пшеничного хліба підвищеної харчової цінності

Різноманітні зернові культури здавна супроводжують людство та відіграють важливу роль у харчуванні завдяки закладеному природою в зернівки багатому складу необхідних для життєвості людини речовин [36].

Основними зерновими культурами, що вирощуються в Україні, є пшениця, жито ячмінь, кукурудза, овес. Їх хімічний склад представлений у табл. 1.2. Слід відзначити, що серед них пшениця й овес містять велику кількість білка (близько 13,0%). Проте відомо, що білки вівса мають більш збалансований амінокислотний склад, ніж білки пшениці [37–39], а така зернова культура, як кукурудза поступається пшениці за вмістом незамінних амінокислот – лізину, триптофану, метіоніну [9; 38].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад зернових культур (на 100 г) [38]

Компонент зерна	Пшениця		Жито	Ячмінь	Овес	Кукурудза
	озима	ярова				
1	2	3	4	5	6	7
Білок, г	11,0	13,2	9,0	9,5	13,0	9,9
Жир, г	1,9	2,0	1,7	2,1	4,8	4,4
Крохмаль, г	53,7	52,4	54,0	50,1	38,1	59,3
Харчові волокна, г						
целюлоза, г	2,4	2,5	2,6	4,30	10,7	2,2
геміцелюлози, г	5,3	7,7	6,9	6,7	10,0	4,2
Вітаміни, мг						
Е	6,02	6,1	5,34	2,7	2,8	5,5

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7
В ₅ (пантотенова кислота)	1,1	1,2	1,0	0,7	1,0	0,6
В ₆ (піридоксин)	0,5	0,56	0,41	0,47	0,26	0,48
В ₇ (біотин), мкг	8,8	12,0	6,0	11,0	15,0	21,0
РР	5,04	7,13	1,3	4,48	1,5	2,1
Мінеральні речовини, мг						
калій	323	350,0	424,0	453,0	421,0	340,0
кальцій	50,0	57,0	59,0	93,0	117,0	34,0
магній	111,0	104,0	120,0	150,0	135,0	104,0
натрій	8,0	8,0	4,0	32,0	37,0	27,0
фосфор	340,0	400,0	366,0	353,0	361,0	301,0
Зола	1,7	1,9	1,7	2,5	3,6	1,3

Вміст жиру в зернових незначний, найбільша його кількість міститься у у вівсі та кукурудзі – 4,8 і 4,4% відповідно. Слід зазначити, що жир у зернівці вівса міститься як у ендоспермі, так і у зародку, тоді як у кукурудзи – лише у зародку. Завдяки цьому культури використовують як джерело рослинних жирів: кукурудзяна олія, як відомо, вже є традиційною, а технологія отримання вівсяної олії з'явилася в Україні нещодавно [38; 39].

Вуглеводи зернових в основному представлені крохмалем, харчовими волокнами і незначною часткою моно- та дицукридів. Крохмаль у зернівці злакових розташований нерівномірно, його більшість сконцентрована саме в ендоспермі, дуже мало в зародку (наприклад, до 7,0% у зародку кукурудзи). До того ж кукурудзяний крохмаль має високий ступінь атакуємості амілолітичними ферментами [40]. Більшість харчових волокон (ХВ) у зернових (до 90,0%) знаходиться в оболонках і алейроновому шарі зерна.

Вуглеводи вівса характеризуються низьким глікемічним індексом, тому всі продукти його переробки вважаються дієтичними. Особливостями їх вуглеводного складу, як відомо, є наявність розчинних полісахаридів: пентозанів (до 14,0%), левулезану (до 2,0%), а також β-глюкану, що становить більшу частину геміцелюлоз вівса [9]. Так, наприклад, у вівсяних висівках вміст β-глюкану становить 5,0...10,0%, у вівсяній крупі – 3,0...7,0% [41; 42]. Із фізіологічної точки зору β-глюкан виявляє потужну імуностимулюючу дію, є природним пребіотиком [43], значно знижує рівень холестерину й ліпідів крові, глікемічний індекс крохмалевміщуючих продуктів сприяє утворенню коротколанцюгових жирних кислот (наприклад, масляної), що знижує ризик розвитку онкологічних захворювань [7; 44–46]. Відомо, що розчинні ХВ є

сильними антиоксидантами, проявляють бактерицидну активність відносно патогенних і потенціально патогенних мікроорганізмів, нерозчинні – покращують метаболічну активність кишкової мікрофлори, виявляють високу сорбційну здатність. Некрохмальні полісахариди сприяють покращенню процесів травлення, мають антиоксидантну, гіпоглікемічну і гіпохолестеринемічну дію [47].

Слід зазначити, що зернові культури є важливим джерелом вітамінів групи В, вітаміну Е. Їх мінеральний склад представлений в основному значним вмістом калію, натрію, магнію і фосфору, проте вміст кальцію є недостатнім [9].

Останніми роками вивчається антиоксидантна активність зернових, яка, на думку вчених, є недооціненою [48]. Зернові культури є джерелом поліфенольних сполук, більшість яких (85,0% у кукурудзі, 75,0% у вівсі, 76,0% у пшениці) знаходяться у зв'язаному стані і значною мірою сконцентровані в зовнішній оболонці зерен [48; 49]. Серед фенольних речовин злаків переважають фенольні кислоти [50].

Отримати людині всю користь комплексу корисних речовин, закладених в зернівку природою, можливо за умови вживання в їжу зернового хліба. Технологія такого хліба передбачає часткову або повну заміну борошна на цілі або дисперговані зерна пшениці [51], жита [52; 53], а також їх суміші [54], тритикале [55], полби [56], кукурудзи [57], ячменю [58] тощо. Зерно може бути використано як у непророслому, так і біоактивованому стані із розміром ростків до 1–2 мм [59].

Біоактивація дозволяє підвищити в зерні вміст біологічно активних речовин за рахунок процесів синтезу, що протікають під час його пророщування. Швецькими вченими встановлено, що заміна 50,0% пшеничного борошна на борошно з пророслого зерна пшениці дозволяє підвищити вміст фолієвої кислоти на 60,0% [60].

Проте використання замоченого і особливо пророслого зерна в тістоприготуванні призводить до погіршення реологічних характеристик тіста за рахунок активації ферментного комплексу й гідролізу значної частини вуглеводів і білків зернівки під час гідратації [61].

Підвищити технологічні характеристики зернової сировини дозволяє процес екструдкування. Отримати вироби підвищеної харчової цінності та високої якості можливо за рахунок додавання під час виготовлення хліба до 25,0% екструдованих зерен ячменю [62; 63], 5,0–7,0% гречки і рису [64; 65], до 12,0% кукурудзи, жита [66], до 30,0% екструдатів із пшениці для пшеничного і до 45,0% для житньо-пшеничного сортів хліба [67; 68].

Перспективною сировиною для підвищення харчової та біологічної цінності хліба також є крупи.

Гречана крупа і гречаний проділ, що характеризуються збалансованим амінокислотним складом, високим вмістом харчових волокон, вітамінів групи В, у технології хліба застосовуються в кількості 5,0...50,0% від маси пшеничного борошна І гатунку [69; 70], а в технології здобних виробів – до 10,0% [71].

Пшоно доцільно вносити в тісто для хліба в кількості 5,0...15,0% від маси борошна [72], а для булочних виробів – до 10,0% від маси борошна [73]. Для покращення якості такого хліба рекомендовано проводити мікрохвильову обробку пшона в розмеленому вигляді разом із плівками [72].

Рисову крупу, що є джерелом складних вуглеводів, вітамінів групи В, лецитину, калію, рекомендовано використовувати під час тістоприготування в кількості до 10,0% від маси борошна [74].

Відома технологія пшеничного хліба із використанням до 12,0% від маси борошна суміші пшоняної, рисової і гречаної крупи. Висока якість таких виробів забезпечується подрібненням крупів на дезінтеграторі [75].

Ячневу крупу, що характеризується значим вмістом харчових волокон, у технології хліба вносять до 30,0% від маси пшеничного борошна [76].

Знайшла своє застосування в замоченому й оцукреному стані й кукурудзяна крупа, що є джерелом вітамінів групи В, Е, заліза, кремнію і міді. Авторами рекомендовано її використовувати в кількості до 12% замість пшеничного борошна [77].

Для підвищення харчової цінності пшеничного хліба доцільним є застосування круп'яних пластівців, а саме гречаних – до 20,0% [78], пшоняних – до 10,0% [79], вівсяних – до 50,0% замість пшеничного сортового борошна [80; 81]. Для покращення структурно-механічних характеристик хліба з пластівцями пропонується використовувати суху пшеничну клейковину, аскорбінову кислоту, покращувач «Гаранта Макс» тощо [82; 83].

Одним із поширених шляхів підвищення харчової та біологічної цінності хліба є застосування суцільнозмеленого борошна, в якому зберігаються всі периферійні частинки зернівки – оболонки, алейроновий шар, зародок.

Науковцями Інституту харчової хімії НАН України і НУХТ отримано суцільнозмелене пшеничне борошно «Здоров'я» і розроблена технологія хлібобулочних виробів на його основі. Для покращення структурно-механічних властивостей тіста і хліба запропоновано вносити суху пшеничну клейковину, ферментативно активне соєве борошно, а також концентровану молочнокислу закваску, а в разі виготовлення хліба за прискореною технологією – підкислювач «Ефективний» [84].

Авторами [82] запропоновано для підвищення харчової цінності та покращення якості хліба з цільнозмеленого пшеничного та спельтового борошна додавати 15,0% гречаних або вівсяних пластівців.

Науковцями встановлено, що використання суцільнозмеленого борошна сприяє підвищенню вмісту антиоксидантів та харчових волокон, а також зниженню ступеня перетравлюваності вуглеводів *in vitro* [85]. Проте слід відмітити, що суцільнозмелене борошно має коротший термін зберігання порівняно із сортовим за рахунок високого вмісту жиру, тому воно виробляється невеликими партіями і призначено здебільшого для виробництва хлібобулочних виробів оздоровчого призначення в умовах невеликих підприємств.

У наш час одним із перспективних і ефективних шляхів підвищення харчової та біологічної цінності хліба є використання борошна із нетрадиційних злакових культур, таких як тритикале, кукурудза, овес, гречка тощо (табл. 1.3) [86–131]. Проте застосування будь-якого нетрадиційного для хлібопечення борошна дуже часто негативно впливає на органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів, що потребує додаткових технологічних прийомів для їх покращення.

Таблиця 1.3 – Використання борошна з нетрадиційної зернової сировини в технології хлібобулочних виробів

Вид борошна	Фізіологічно-функціональний інгредієнт	Рецептурна кількість, %
1	2	3
Тритикалеве	Білки, мінеральні речовини	до 60,0 [86–88]; 100,0 [89–95]
Кукурудзяне	Ненасичені жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини	10,0...30,0 [96–98]; 100,0 [99]
Вівсяне	Білки, вітаміни групи В, РР, β-глюкани, фенольні речовини	10,0...30,0 [100–103]; 5,0...51,0 [104–111]
Гречане	Білки, харчові волокна, вітаміни В1, В2, РР, рутин, мінеральні речовини, фенольні речовини	5,0...40,0 [112–116]
Рисове	Білки, мінеральні речовини, вітаміни В ₁ , В ₂ , РР, біотин	до 50,0 [117–120]
Ячмінне	Білки, мінеральні речовини, вітаміни В ₁ , В ₂ , РР, β-глюкани, фенольні речовини	10,0...20,0 [121–123]

Продовження табл. 1.3

1	2	3
Сорго	Білки, ненасичені жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини, дубильні речовини	5,0...15,0 [124–125]
Просяне	Білки, ненасичені жирні кислоти, вітаміни групи В, мінеральні речовини	2,5...10,0 [126]
Спельтове	Харчові волокна, мукополісахариди, вітаміни А, Е, В ₁ , В ₂ , В ₃	до 20,0 [127–129]
Полб'яне	Білки, ненасичені жирні кислоти	5,0...20,0 [130; 131]

Відомо, що якість хліба з борошна тритикале залежить від фенотипу зерна, з якого воно вироблене (фенотип пшениці або фенотип жита). Тритикалеве борошно може використовуватися в суміші із пшеничним і нутовим борошном [86], тільки пшеничним [87–88] або із 100% заміною пшеничного борошна [89–95]. За використання тритикалевого борошна науковцями рекомендовано тісто готувати опарним способом із подовженою тривалістю дозрівання (до 20 год) [90], на густих заквасках із використанням ферментних препаратів [91] або густих заквасках, оброблених багатоходовим полем СВЧ [92]. Також доцільно використовувати підкислювачі [93], молочну сироватку [94], солі органічних кислот із гліцерином [95], пектинові речовини [87], цукрозамінники [88].

Кукурудзяне борошно характеризується низькими хлібопекарськими властивостями, а його використання в технології хліба надає м'якушці жорсткості й ущільненості, прискорює процеси черствіння [96]. Для вирішення цих проблем науковцями рекомендовано кукурудзяне борошно замочувати й заквашувати, використовувати для приготування опари, збродженої заварки разом із 1,0% неферментованого солоду, а також додатково вносити в тісто суху пшеничну клейковину, цукор, жир, фосфатидний концентрат тощо [97; 98]. Кукурудзяне борошно може виступати в якості основної сировини у виробництві безглютенового хліба. Вченими В.І. Дробот та А.М. Грищенко для забезпечення високих структурно-механічних характеристик такого хліба рекомендовано застосовувати як структуроутворювач суміш камедей гуару і ксантану [99].

Під час отримання вівсяного борошна зернівка вівса обов'язково піддається гідротермічній обробці з метою знищення гіркуватого присмаку, що притаманне зерну [132] за рахунок інактивації його ліполітичних ферментів. Вівсяне борошно сприяє зниженню процесу газоутворення в тісті, надає виробам специфічного запаху і

присмаку [100; 101]. Для вирішення цієї проблеми під час виробництва вівсяного хліба пропонується вносити цукор [102], а для покращення смакових властивостей – солод житній ферментований [103]. У праці Flander показано, що для забезпечення якості хліба з такого борошна його доцільно виготовляти на заквасках, що дозволяє підвищити об'єм виробів та якісні характеристики м'якушки [104]. Також авторами для покращення структури хліба з вівсяного борошна рекомендовано тісто готувати на заквасках із використанням ферментних препаратів ксиланазі і лакказі [105; 106], лактази і протеази [107], 8,0% нативної клейковини, 2,5% порошку насіння полину [108], використовувати частину суцільнозмеленого вівсяного борошна, обробленого під тиском 200 МПа [109].

Слід відмітити, що особливістю вівсяного хліба є наявність в ньому розчинних харчових волокон β -глюканів. Так, внесення 50% суцільнозмеленого вівсяного борошна сприяє тому, що у виробі міститься до 1,3 г/100 г β -глюкану [110; 111].

Для одержання хлібобулочних виробів високої якості із гречаного борошна авторами пропонується використовувати гідротермічно оброблене зерно [112], а також опарний спосіб тістотворення із заварюванням і подальшим заквашуванням гречаного борошна [113–116].

Рисове борошно застосовується як для традиційних хлібобулочних виробів, так і для дієтичних, зокрема, для виготовлення безгліадинового хліба [117]. Для покращення якості таких виробів використовують закваски з рисового борошна на основі біфідумбактерина [118], гуарову і ксантанову камеді [119], підкислюючі добавки у вигляді ананасового соку, хлібопекарські поліпшувачі – соєве борошно, аскорбінову кислоту, ферментні препарати [120].

Ячмінне борошно в хлібобулочній застосовується у суміші з житнім або пшеничним борошном [121; 122]. Його додавання призводить до зниження пористості та еластичності, затемнення м'якушки хліба, збільшення кількості і глибини тріщин, для зменшення розпливання тіста. З метою нівелювання його негативного впливу на якість хліба пропонується під час замішування використовувати воду з підвищеною температурою, подовжувати тривалість дозрівання, застосовувати біоконверсію ячмінного борошна й опарні технології приготування тіста, випікати вироби за зниженої температури [123].

Для покращення якості, смаку й аромату хліба із соргового борошна, а також уповільнення його черствіння авторами [124] рекомендовано нетривалий час бродіння тіста (до 30...50 хв). М.Т. Єрбулековою показано, що одночасне використання в технології хліба 10,0% борошна та 4,0% сиропу із цукрового сорго забезпечує

інтенсивність дозрівання тіста, покращення органолептичних, фізико-хімічних показників якості хліба, а також показники його безпечності [125].

Із метою підвищення харчової й біологічної цінності хлібобулочних виробів авторами [126] рекомендовано вносити просяне борошно в кількості 2,5...10,0% від маси борошна.

Також значної уваги в технології хліба заслуговує спельтове борошно, що характеризується високим вмістом харових волокон, мукополісахаридів, жиророзчинних вітамінів [127]. Його клейковина характеризується як слабка, тому спельтове борошно рекомендовано застосовувати разом із пшеничним або в складі композиційних сумішей [128; 129].

Полб'яне борошно, що є джерелом білка, ненасичених жирних кислот, вітамінів А, Е, групи В, а також позитивно впливає на органолептичні та фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів, рекомендовано вносити в кількості 5,0...20,0% від маси борошна [130; 131].

Одним із ефективних шляхів збагачення хліба є використання багатокомпонентних сумішей, що можуть включати як цільне зерно хлібних культур, бобових, олійних культур, так і продукти їх переробки, а також мінеральні та вітамінні премікси, хлібопекарські поліпшувачі тощо. Комплексний підхід до їх створення надає можливість виробництва широкого асортименту виробів оздоровчого призначення із заданими функціональними властивостями [133]. Мультикомпонентний склад таких сумішей сприяє підвищенню в хлібі вмісту харчових волокон, білків, вітамінів (В₁, В₂, В₉, Е, Н), мінеральних речовин (К, Са, Mg, Fe, Cu тощо) [134].

Під час виготовлення хліба широко застосовуються солодові продукти. Солод і солодові екстракти із жита, ячменю, гречки також є важливим джерелом незамінних амінокислот, вітамінів і мінеральних речовин [135; 136]. На ринку України представлений широкий асортимент як вітчизняних солодових продуктів, таких як холесол, полісол, житньо-солодові екстракти, так і закордонних: «Глофа» (Ireks GmBh, Германія), «Солекс» (Baskaldrin, Австрія), Malt Extra (OY Lahden Polttimo AB, Фінляндія) тощо. Використання цих продуктів призводить до інтенсифікації технологічного процесу, скорочення тривалості приготування виробів, покращення їх кольору, смаку та аромату [137; 138].

Останніми роками науковці в пошуках натуральних харчових компонентів для збагачення хліба звертають увагу саме на вторинні продукти переробки зерна. Вторинною сировиною вважають побічну та супутню продукцію, а також відходи, що залишаються після

виготовлення цільових продуктів і потенційно можуть бути використані в народному господарстві [139]. Залучення вторинних продуктів у господарський обіг сприяє підвищенню ефективності переробки сільськогосподарської продукції і є економічно обґрунтованим [140–142]. Крім того, застосування вторинних продуктів переробки зернових у технології хліба зумовлено й фізіологічною доцільністю. Це пояснюється тим, що вони містять подрібнені периферійні частки оболонки, алейронового шару, зародку, а від вихідного зерна відрізняються меншим вмістом крохмалю й більш високою кількістю білка, жиру, харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів [140–142].

Аналіз літературних джерел дозволив виділити перспективну вторинну сировину борошняно-круп'яного, крохмале-патокового, олієжирового, пивоварного та спиртового виробництв (табл. 1.4) для виготовлення хліба оздоровчого призначення [143–184].

Таблиця 1.4 – Вторинні продукти переробки зернових культур, що використовують у хлібопеченні

Харчове виробництво	Найменування побічних продуктів	Вид зернової сировини
Борошняно-круп'яне	висівки	пшеничні, житні, вівсяні, ячмінні
	мучка	пшенична, житня, вівсяна, тритикалева, ячмінна, кукурудзяна, рисова, горохова, пшоняна
	зародки	пшеничні, житні, вівсяні, кукурудзяні
	оплодень	гречаний
	крихта зерна	пшоняна, вівсяна, ячмінна
	крихта пластівців	пшенична, вівсяна, пшоняна
Крохмале-патокове	зародки	пшеничні, кукурудзяні
	мезга	кукурудзяна
Олієжирове	шрот і жмих зародків	пшеничний, кукурудзяний, вівсяний
Пивоварне і спиртове	дробина (пивна і квасна)	пшенична, житня, ячмінна

Серед вторинних продуктів переробки зернових культур найбільше застосування знайшли висівки завдяки невисокій вартості та багатому

хімічному складу (табл. 1.5). Під час переробки зерна в борошно та крупи їх вихід становить близько 18,0% [143–146].

Білки висівок за своїми властивостями близькі до фізіологічно активних білків тканин тварин і є більш повноцінними і збалансованими за амінокислотним складом, ніж білки ендосперму зерна [144; 145; 147].

Таблиця 1.5 – Хімічний склад висівок

Нутрієнти	Вид висівок				
	пшенич-ні	житні	трिति-калеві	вівсяні	ячмінні
Білок, %	17,6	18,1	18,3	14,3	17,7
Жир, %	5,6	4,8	5,1	2,2	4,2
Крохмаль, %	25,6	17,4	24,2	58,1	36,8
Геміцелюлози, %	26,4	30,5	21,8	12,3	20,4
Целюлоза, %	9,1	12,1	11,4	3,1	8,2
Пектин, %	4,9	3,8	5,3	0,5	0,7
Лігнін, %	9,0	10,1	10,7	2,2	3,4
Вітамін РР, мгк/г	139,7	110,8	140,9	98,4	115,6
Вітамін В ₁ , мгк/г	19,6	15,8	16,3	12,3	13,6
Вітамін В ₂ , мгк/г	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4
Вітамін Е, мгк/г	63,4	42,6	58,3	34,9	41,3

Більший практичний досвід застосування в технології хліба знайшли саме пшеничні висівки в кількості 5,0...30,0% від маси борошна [148–152]. Традиційними хлібобулочними виробами з використанням пшеничних висівок, що випускаються на вітчизняних хлібопекарських підприємствах, є батон «Висівковий», хлібець «Докторський», хліб білково-висівковий. Внесення 20,0% висівок до рецептури хліба за умови споживання 277 г виробу дозволяє забезпечити потребу організму людини в харчових волокнах на 40,0...70,0%. Ці вироби також відрізняються збільшеним на 30,0...50,0% вмістом вітамінів групи В та у 1,3–1,5 рази мінеральних речовин [153]. Серед технологічних переваг використання висівок слід відмітити збільшення виходу і зменшення показника упікання хліба.

Численними дослідженнями встановлено, що високий вміст харчових волокон, ферментативна активність висівок призводять до погіршення структурно-механічних властивостей хліба з його використанням [144; 148–152; 154; 155]. У цьому зв'язку за безопарного способу тістоприготування їх рекомендовано використовувати в кількості не більше 15,0% від маси борошна. За більшого дозування висівок необхідно застосовувати опарний спосіб тістоведення з їх внесенням на стадії замішування тіста [154]. Іншими авторами для

покращення фізико-хімічних показників якості хліба висівки пропонується вносити в опару із заквашеною заваркою [155] або у хмельову та рідку закваску, що сприяє підвищенню мікробіологічної чистоти та покращенню ступеня засвоюваності хліба [156].

Фінськими вченими Kati Katina, Riikka Juvonen та ін. встановлено, що попереднє зброджування пшеничних висівок дозволяє підвищити в них вміст фолієвої кислоти на 5,0...50,0%, фенольних кислот в 5,0 разів, а розчинних харчових волокон – на 60,0%. Авторами для забезпечення високих фізико-хімічних показників якості, смако-ароматичних властивостей, харчової цінності, подовження терміну зберігання хліба рекомендовано додавати 20,0% зброджених висівок під час його приготування [157].

С.Ф. Єрьоміним встановлено доцільність ферментації пшеничних висівок у присутності амілаз, геміцелюлаз та молочної сироватки. Автором показано, що внесення в тісто 15,0...30,0% оброблених у такий спосіб висівок дозволяє покращити його реологічні властивості та якість хліба [158].

Для забезпечення високих фізико-хімічних показників якості виробів із висівками пропонується вносити їх в опару [159], використовувати до 2,0% сухої пшеничної клейковини та комплексний хлібопекарський поліпшувач «Свіжість» [160], аскорбінову кислоту, ферментні препарати ксиланази та ліпази [161; 162], лецитин [163]. Також із метою прискорення набрякання висівок, підвищення мікробіологічної чистоти хліба, уповільнення процесів його черствіння пропонується замочувати їх у 2,0%-му електрохімічноактивованому сольовому розчині [163]. Підвищити фізіологічну ефективність та якість хліба з висівками можливо також за рахунок їх попереднього екструдуювання, гідробаротермічної обробки та СВЧ-сушіння [164; 165].

Аналіз огляду наукової літератури показав, що функціонально-технологічні властивості висівок, як і інших продуктів переробки зерна, значною мірою залежать від ступеня їх дисперсності. Їх гранулометричний склад впливає на протікання процесів дозрівання тіста, формування його структурно-механічних властивостей і, в результаті, на якість готових виробів [155; 166–172].

Диспергування висівок призводить до зміни їх фізичних та біохімічних характеристик і, як наслідок, впливає на технологічні властивості [166; 168–171]. Висока дисперсність висівок зумовлює підвищення водопоглинальної здатності тіста за рахунок збільшення їх сорбційних властивостей, а також більш інтенсивне протікання ферментативних процесів, що призводить до інтенсифікації дозрівання тіста. У разі їх використання відмічається покращення показників якості хліба порівняно з виробами, виготовленими з неподрібненими

висівками [167; 169–171]. З фізіологічної точки зору тонке подрібнення висівків знижує можливість їх подразнюючої дії на шлунково-кишковий тракт, збільшується засвоюваність білкових речовин хліба [169; 170].

Разом із пшеничними в технології хлібобулочних виробів знайшли застосування житні висівки [173], а також гречані, що мають назву оплодня гречихи [174]. Знайшли застосування в технології хліба вівсяні висівки в кількості 3,0...10,0% [164], а кукурудзяні – 5,0–10,0% від маси борошна [175].

Ефетивним шляхом збагачення пшеничного хліба баластними речовинами є використання концентратів вівсяних або пшеничних харчових волокон у кількості 5,0...10,0% [162; 171; 176].

Дослідженнями М. Нао та Т. Вета встановлена перспективність застосування екстрактів ячмінної лузги для підвищення вмісту фенольних сполук у паровому хлібі [177].

До вторинних продуктів переробки зерна також відносяться мучки, що представляють собою суміш тонко подрібнених оболонок та ендосперму, які утворилися під час лушення, шліфування та полірування крупи, що проходять крізь отвори розміром 1,5 мм [178].

Використання в хлібі вівсяної мучки замість 25,0% пшеничного борошна дозволяє підвищити в ньому вміст білків, вітамінів Е, В₁ в 1,2 рази [178], додавання 6,0% рисової мучки до пшеничного борошна 1-го гатунку – вміст вітамінів В₁, В₂, РР на 8,0; 10,0 і 9,0% відповідно [179], а внесення 6,0% ячмінної – вміст вітамінів групи В на 7,0...10,0%. Також знайшло використання в технології хліба рисової або гречаної мучки у кількості 10,0–15,0% від маси борошна 1-го гатунку, а використання їх суміші у складі комбінованої поліштамової закваски дозволяє скоротити тривалість дозрівання тіста на (20...30)×60 с [180].

Борошно із крихти пшеничних, вівсяних і пшоняних пластівців науковці Одеської національної академії харчових технологій рекомендують використовувати у технології зернового хліба в кількості 25,0...50,0% до диспергованої зернової маси, що дозволяє стабілізувати реологічні властивості зернового тіста, підвищити його газоутворюючу здатність, покращити показники пористості, питомого об'єму, формостійкості, смако-ароматичні властивості готових виробів [181].

Н. Березіною [182] рекомендовано для підвищення вмісту в житньо-пшеничному хлібі білка, харчових волокон, мінеральних речовин застосовувати 3,0% кукурудзяної мезги, що є вторинною сировиною під час виробництва крохмалю. Крім того, це дозволяє підвищити активність бродильної мікрофлори тіста і скоротити тривалість його дозрівання.

Залишкові продукти пивоваріння – солодове зерно, пивна дробина [183; 184], пивні дріжджі – також є перспективною сировиною для підвищення харчової цінності хліба. У ряді країн запатентовано

спосіб виробництва виробів із використанням від 6,0 до 25,0% пивної дробини. Такий хліб відрізняється приємним кольором, смаком і ароматом, а також високим вмістом білків і харчових волокон, тому що борошно із пивної дробини містить біля 40,0% білка, 10,0% клітковини [183]. Авторами [184] у технології хлібобулочних виробів запропоновано вносити не більше 30,0% спиртової пивної дробини.

Серед вторинних продуктів переробки зернових особливу увагу науковців привертають зародки зернових культур як цінне джерело фізіологічно-функціональних інгредієнтів.

1.3. Зародки зернових культур та продукти їх переробки – перспективна сировина для виробництва хліба оздоровчого призначення

Зародок зерна є біологічною «коморою» збалансованого білка, вітамінів, мінеральних речовин, жирів із високим вмістом поліненасичених жирних кислот (табл. 1.6) [185; 186]. Проте його висока протеазна, ліпазна та оксидазна активності [186; 187] є причиною його видалення під час виробництва борошна [188].

Таблиця 1.6 – Середній вміст поживних і біологічно активних речовин у зародках пшениці та кукурудзи [186; 192; 193]

Показник	Зародки	
	пшениці	кукурудзи
Масова частка, %:		
вологи	13...15	5,0...8,3
жиру	13,0...24,0	30,0...57,0
білка	24...42,0	14,0...26,0
крохмалю	–	1,5...5,5
целюлози	2,3...2,5	2,4...5,2
золи	5,5...6,5	7,0...10,0
Вітаміни, мг/100г:		
Е	30,0	16,40
В ₁ (тіамин)	2,29	0,33
В ₆ (піридоксин)	15,0	0,42
РР (ніацин)	6,8	2,87
β-каротин (провітамін А)	6,0	0,23

На сьогоднішній день розроблено низку технологічних підходів до використання в технології хліба як цілого зародку, так і продуктів його переробки у вигляді пластівців, борошна тощо. Важливий внесок у

розвиток цих питань внесли вчені наукових шкіл Національного університету харчових технологій, Одеської національної академії харчових технологій, Харківського державного університету харчування та торгівлі, інших ВНЗ та наукових установ [189–191]. Аналіз літературних джерел показав, що в технології хліба в основному використовують зародки пшениці, набагато рідше – кукурудзи (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Використання зародків зернових культур і продуктів їх переробки в технології хліба

Сировина	Рецептурна кількість	Спосіб виробництва хліба і заходи щодо забезпечення його якості
1	2	3
Зародок пшениці та продукти його переробки		
Зародок пшениці	5,0...15,0%	Опарний спосіб виробництва із внесенням зародку під час виготовлення рідких дріжджів, або заварки (замість обдирного борошна), або мезофільних заквасок (замість всієї кількості борошна); внесення зародку у виброджене тісто, використання 2,0% цукру і 3,0% жиру; бромату калію (0,002%), аскорбінової кислоти (0,007...0,01%) або фосфатидного концентрату (3,0% до маси борошна) [195; 196]
Зародкові пшеничні пластівці	5,0...15,0% 0,5...5,0%	Опарний спосіб виробництва. Попереднє замочування пластівців у електроактивованому водному розчині [191; 204; 206; 207]. Безопарний спосіб з внесенням до 0,005% аскорбінової кислоти [208–211]
Екструдовані зародки пшениці	2,0...20,0%	Однофазний спосіб виробництва [212]
Зародкове борошно	3,0...6,0%	Опарний та безопарний способи виробництва [213]
Шрот зародків пшениці	10,0...20,0%	Опарний та безопарний способи виробництва [214]
Жмих зародків пшениці	до 6,0%; 10,0...30,0%	Зерновий хліб [215]. Однофазний спосіб виробництва [216]

Продовження табл. 1.7

1	2	3
Спиртовий екстракт зародків пшениці «Глюкорн-100»	4,0...10,0%	Опарний та безопарний способи виробництва [214]
Зародок кукурудзи та продукти його переробки		
Зародкове кукурудзяне борошно	5,0...25,0%	Однофазний спосіб виробництва [217–220]
Макуха зародків кукурудзи	5,0...15,0%	Однофазний спосіб виробництва [227]

У технології хлібобулочних виробів пшеничний зародок у нативному вигляді застосовують у кількості не більше 15,0% від маси борошна [194; 195], а в борошняних сумішах – не більше 5,0% [142]. Іранськими вченими показано, що за рахунок високого вмісту в зародку глютаміну внесення 5,0...15,0% зародку пшениці сприяє зниженню водопоглинальної здатності тіста та його стабільності, об'єму й пористості хліба [196].

Біокаталітичні реакції, які відбуваються під час зберігання зародків під впливом ліпази, ліпоксигенази, каталази, роблять утрудненим застосування цього цінного компонента з високим біотехнологічним потенціалом у технологіях харчових продуктів за рахунок його швидкого прогрівання [197; 198]. З метою вирішення цієї проблеми науковцями розроблені способи стабілізації зародку, що направлені на інактивацію його ферментативного комплексу за рахунок мікрохвильової обробки, сушіння інфрачервоним випромінюванням [198; 199], за низьких температур і термічної обробки за нагрівання до 130°C [200], обробки паром [201], фумаровою кислотою [202], електромагнітної стабілізації [203].

Для зниження розріджуючого впливу глютаміну зародку й покращення структурно-механічних характеристик тіста та його газотримуючої здатності автори [204] пропонують застосовувати до 0,005% аскорбінової кислоти.

Професором А.М. Дорохович запропоновано проводити термічну обробку зародків «обжарку» – за температури 125...130°C (25...30)×60 с. За таких параметрів біологічна цінність зародків не знижується, і вони набувають горіхового смаку й аромату [205].

Більш широкого застосування для виготовлення хлібобулочних виробів знаходять продукти переробки зародків. Так, зародкові пшеничні пластівці в технології хліба рекомендовано використовувати в кількості –

5,0...15,0% від маси борошна [191; 206; 207], а в булочних виробках – 0,5...20,0% [199].

Часто зародкові пластівці є мікробіологічно забрудненими, тому для зниження супутньої паразитичної мікрофлори рекомендовано замочувати їх у електроактивованому водному розчині протягом (24...30)×60 с з використанням 2%-го розчину NaCl, 0,005% аскорбінової кислоти [204, 208].

Використання пшеничних зародкових пластівців сприяє підвищенню вітамінної цінності виробів. Так, за вживання 150 г булочного виробу із використанням 5,0...10,0% пшеничних зародкових пластівців забезпечується добова потреба дітей у білку на 19,5...27,0%, вітамінах В₁ на 33,0...57,0%, В₂ на 13,5...52,5%, РР на 22,5...40,5%, харчових волокнах на 27,0...60,0% [209].

Зародкові пластівці характеризуються нестійкістю до ферментативного окиснення ліпідів під час зберігання, тому в технології хлібобулочних виробів використовують екструдовані зародки в кількості 2,0...20,0% від маси борошна [211], оскільки під час екструзійної обробки відбувається інактивація ферментів, у тому числі й оксидаз [221; 222].

На сьогоднішній день великі масштаби сучасних борошномельно-круп'яних, крохмало-патокових, харчоконцентратних виробництв дозволяють концентрувати зародки різних зернових культур у великих обсягах. Дослідження фахівців у галузі медицини та нутриціології останніх років довели цінність жирнокислотного складу олій зародків зернових культур [223] і, в першу чергу, зародків пшениці, що сприяло активному розвитку відповідних технологій їх перероблення.

Вторинними продуктами, що залишаються в процесі виробництва олії, причому в значних кількостях, є жмихи і шроти зародків. Жмихи утворюються під час отримання олії методом пресування, в них завжди міститься залишкова кількість жиру (від 5,0 до 10,0%). Шроти залишаються під час технологічного процесу виробництва олії екстракцією і є знежиреною сировиною. Дані продукти переробки зародків є концентратами біологічно активних речовин [224]. Це відкриває шлях до забезпечення в продуктах харчування фізіологічно ефективної кількості корисних нутрієнтів за використання невеликих дозувань зародкових продуктів, і, разом з тим, дозволяє отримати асортимент виробів із оригінальними властивостями.

Відомо, що шрот зародків пшениці є джерелом повноцінного білка, ω-3, ω-6 жирних кислот, вітамінів Е, Д, РР, вітамінів групи В, каротиноїдів, мінеральних речовин [212; 225]. Науковцями ХДУХТ Г.М. Лисюк, С.Г. Олійник, О.І. Кравченко розроблена технологія пшеничного хліба з використанням продуктів комплексної переробки пшеничних зародків, а саме зі шротом зародків пшениці та спиртовим

екстрактом «Глюкорн-100». Встановлено, що внесення до рецептури хліба 4,0...8,0% спиртового екстракту дозволяє отримати вироби з підвищеним вмістом білка, вітамінів, низькомолекулярних фенольних сполук, а хліб з 10,0...20,0% шроту зародків пшениці, крім зазначених речовин, містить значну кількість харчових волокон [214].

Вченими О.І. Пономарьовою, Н.Н. Альохіною та іншими досліджувалась можливість застосування борошна із жмиху зародків пшениці в технології зернового хліба. Встановлено, що його внесення в кількості 6,5% призводить до покращення якості та антиоксидантної активності виробів, підвищення ступеня перетравлюваності білків хліба [215].

У роботі [216] запропоновано використовувати дрібнодиспергований жмих зародків пшениці у кількості 10,0...30,0% у складі жироборошняної композиції для виготовлення хліба, що дозволить не тільки сбалансувати жирнокислотний склад хліба, підвищити його вихід, а й знизити рецептурну кількість цукру у хлібобулочних виробках.

Зародкове борошно «Вітазар», отримане у результаті комплексної переробки пшеничного зародку, містить білка в 2,8 разів, харчових волокон – у 1,4 рази, кальцію – в 1,5, магнію – в 2,7, фосфору – в 3,6 рази більше, ніж у цілому зерні пшениці. Борошно «Вітазар» рекомендовано використовувати для виробництва харчових продуктів підвищеної харчової цінності, у тому числі і хлібобулочних виробів [226].

Цінним джерелом поживних та біологічно активних речовин є зародки кукурудзи, що є вихідною сировиною у технології кукурудзяної олії. Після відокремлення олії залишається вторинна сировина, яка містить значну кількість харчових волокон, вітамінів Е, РР, групи В, заліза, магнію тощо. Важливою складовою її хімічного складу є значний вміст білка з високим амінокислотним скором лізину, що вигідно відрізняє продукти переробки зародку від інших кукурудзяних продуктів, таких як борошно та крупи [38].

Ці вторинні продукти переробки кукурудзяного зародку, що у значних кількостях накопичуються на олієжирових підприємствах, донедавна використовувалися в основному у виробництві кормів для худоби.

Останніми роками кукурудзяні зародкові продукти привертають увагу науковців як збагачувальна сировина для підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів. Так, закордонними вченими пропонується у технології хліба застосовувати борошно із знежирених зародків кукурудзи у кількості від 5 до 25% [217–220].

Вченими Одеської національної академії харчових технологій Г.Ф. Пшенишнюк, К.Г. Іоргачовою, О.В. Макаровою досліджувався вплив макухи кукурудзяної (жмиху) у кількості 5,0...15,0% до маси борошна

на властивості тіста [227]. Авторами встановлено, що її внесення до рецептури хліба сприяє інтенсифікації процесів газоутворення та кислотонакопичення в ньому, а також до зниження пористості та питомого об'єму хліба.

Жмих зародків кукурудзи залежно від способу виробництва кукурудзяної олії може мати різні вміст жиру, дисперсність, вміст біологічно активних речовин.

На підприємстві ТД «Таврійські млинарі» (м. Одеса) після відділення олії методом холодного пресування виробляють дрібнодиспергований жмих зародків кукурудзи, що містить 6,0% жиру [228] і є цінним джерелом білка, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон. Його рекомендовано включати до раціону харчування для створення оптимальних дієтологічних умов функціонування органів шлунково-кишкового тракту, виведенню токсичних речовин із організму.

Новими на ринку України є продукти переробки вівсяного зародку. Так, на НВ ТОВ «Житомирбіопродукт» (м. Житомир) способом низькотемпературної екстракції отримують вівсяну олію. Вторинний продукт у цій технології – шрот зародків вівса – представляє собою знежирений дрібнодиспергований продукт [229]. Це дієтична добавка, яка рекомендована до вживання в їжу як додаткове джерело антиоксидантів, харчових волокон, білка, вітамінів В₁, РР, токоферолу, макро- та мікроелементів тощо [230].

У проаналізованій науковій літературі не знайдено відомостей щодо застосування шроту зародків вівса в технології хліба, а вплив продуктів переробки зародків кукурудзи на його якість та харчову цінність системно не вивчений. На наш погляд, цінний хімічний склад, наявність нормативної документації та випуск у промислових масштабах, а також відносно невисока вартість цих добавок підтверджують актуальність досліджень, спрямованих на обґрунтування їх використання в технології хліба підвищеної харчової та біологічної цінності.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ У ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО

2.1. Дослідження хімічного складу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи

Виходячи з відомостей про хімічний склад морфологічних частин зерна вівса та кукурудзи [38], у дослідних добавках визначали вміст поживних, баластних, мінеральних речовин, вітамінів, низькомолекулярних фенольних речовин та дубільних сполук. Отримані дані порівнювали із хімічним складом пшеничного борошна першого гатунку партії № 1.

Результати досліджень представлені в табл. 2.1–2.4.

Як свідчать наведені в табл. 2.1 дані, шрот зародків вівса та жмих зародків кукурудзи характеризуються значним вмістом білка – 23,0 і 20,0% відповідно, що в 2,2 і 1,9 разів більше, ніж у пшеничному борошні.

Таблиця 2.1 – Вміст поживних і баластних речовин у шроті зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи

Найменування речовини	Масова частка речовини в сировині, %		
	Борошно пшеничне І г	ШЗВ	ЖЗК
Білок	10,6±0,4	23,0±1,0	20,0±0,8
Жир	1,30±0,03	сліди	6,00±0,20
Вуглеводи	73,2±2,8	58,4±1,8	57,5±1,7
у т. ч. моно-, дицукриди	1,80±0,06	5,10±0,2	11,0±0,50
крохмаль	67,1±2,1	30,0±1,0	25,0±0,7
харчові волокна:	4,0±0,2	23,3±0,7	22,5±0,7
розчинні	0,60±0,01	9,50±0,40	3,70±0,16
нерозчинні	3,40±0,12	13,80±0,42	18,80±0,60
у т. ч. геміцелюлози	3,70±0,14	13,90±0,56	15,80±0,48
целюлоза	0,30±0,01	7,10±0,26	4,80±0,16
пектинові речовини	–	2,30±0,10	1,90±0,08

Внаслідок різних способів отримання вівсяної та кукурудзяної олій ШЗВ знежирений, а ЖЗК містить 6% олії, що більше, ніж у пшеничному борошні в 4,6 разів. Із літературних джерел відомо [231], що ліпідний

комплекс кукурудзяної олії в основному представлений полі- та мононенасиченими жирними кислотами: лінолевою (ω -6) (до 53,5%) і олеїною (ω -9) (до 27,3%), які є необхідними чинниками здорового харчування. Також кукурудзяна олія містить фосфоліпіди, що переважно представлені фосфатидилхоліном (лецитином). Вони відіграють важливу роль у профілактиці серцево-судинних захворювань, метаболічних процесах організму людини: входять до складу кліткових мембран, регулюють більшість функцій головного мозку тощо [3]. У хлібопеченні фосфоліпіди використовуються з метою покращення консистенції тіста, пористості та питомого об'єму виробів, а також для подовження терміну їх зберігання [232].

Порівняно з пшеничним борошном добавки відрізняються меншою кількістю вуглеводів (58,4 і 57,5% відповідно проти 73,2%). Вони представлені моно- та дисахаридами, яких у добавках у 2,8 і 6,1 разів більше, ніж у пшеничному борошні, а також крохмалем і харчовими волокнами. Вміст крохмалю в добавках становить 30,0 і 25,0%, що, ймовірно, пов'язано з тим, що під час відбору зародків разом із ними видаляється і частина ендосперму [233].

ШЗВ і ЖЗК містять 23,3 і 22,5% харчових волокон, що у 5,8 і 5,6 разів більше, ніж у пшеничному борошні. Враховуючи денну норму споживання харчових волокон людиною (25–30 г), рекомендовану ФАО/ВООЗ, добавки можна вважати цінним джерелом цих речовин [8]. Харчові волокна ШЗВ і ЖЗК представлені геміцелюлозами (13,9 і 15,8%), целюлозою (7,1 і 4,8% відповідно) та незначною часткою пектинових речовин.

Особливістю дослідних добавок є різний вміст розчинних харчових волокон, до яких відносяться частина геміцелюлоз і пектинові речовини. Так, кількість цих речовин у ШЗВ становить 9,5%, що в 2,6 рази вищий, ніж у ЖЗК. Це, на наш погляд, значною мірою може впливати на формування структури пшеничного тіста, оскільки відомо, що головною технологічною характеристикою розчинних харчових волокон є здатність до значного підвищення в'язкості системи [234]. Із літературних джерел відомо, що серед геміцелюлоз вівса особливо цінними з фізіологічної точки зору є β -глюкани, які виявляють потужну імуностимулюючу дію [43], сприяють попередженню розвитку онкологічних захворювань, зниженню рівня холестерину й ліпідів крові, а також глікемічного індексу крохмалевміщуючих продуктів тощо [44].

Оскільки ШЗВ і ЖЗК містять значну кількість білка, вважали за необхідне дослідити його біологічну цінність за амінокислотним скором (табл. 2.2). Так, амінокислотний скор лізину ШЗВ і ЖЗК вищий, ніж у пшеничному борошні в 1,9 та 1,8 рази відповідно. Це вигідно відрізняє дослідні добавки від інших продуктів переробки цих зернових культур, особливо кукурудзи.

Таблиця 2.2 – Амінокислотний склад білків шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи

Найменування амінокислот	Борошно пшеничне I гатунку			Шрот зародків вівса			Жмих зародків кукурудзи		
	мг/100 г	мг/1 г білка	Скор, %	мг/100 г	мг/1 г білка	Скор, %	мг/100 г	мг/1 г білка	Скор, %
Валін	500±14	47,2±1,4	94,0±3,0	918±26	40,0±1,2	80,0±2,4	768±24	38,6±1,2	77,2±2,4
Ізолейцин	510±16	48,1±1,5	120,0±3,6	614±18	26,7±0,7	66,8*±2,0	560±18	28,1±0,9	70,3*±2,1
Лейцин	830±28	78,3±2,3	111,8±3,4	1669±51	72,6±2,2	103,7±3,1	1667±51	84,0±2,6	120,0±3,8
Лізин	260±6	27,0±0,6	49,1*±1,3	1199±38	52,4±1,6	95,3±2,9	970±30	48,7±1,7	88,5±2,7
Треонін	310±8	28,3±±0,9	70,7±2,1	852±28	37,2±1,2	93,0±2,8	798±26	40,9±1,3	102,3±3,1
Цистін + метіонін	353±11	34,3±1,1	98,0±3,0	1051±31	45,9±1,5	131,1±3,9	883±31	44,6±1,4	127,4±4,0
Фенілаланін + тирозин	720±20	67,9±2,1	113,2±3,4	1875±57	81,9±2,5	136,5±4,1	1440±46	72,0±2,2	120,0±3,8

*– лімітована амінокислота.

Відомо, що особливістю зерна кукурудзи є низький вміст лізину в зернівці, проте достатньо високий у зародку [38].

Також визначено, що добавки мають вищі, ніж у борошні, скори треоніну у 1,3 і 1,4 рази, цистіну і метіоніну – у 1,3 рази відповідно. Слід відмітити, що ЖЗК має на 6,0% вищий амінокислотний скор фенілаланіну та тирозину, тоді як ШЗВ – на 20,6%. На наш погляд, це може бути передумовою більш інтенсивного затемнення м'якушки хліба з добавками, особливо зі шротом зародків вівса, в результаті окиснення зазначених амінокислот поліфенолоксидазою пшеничного борошна з утворенням темнозбарвлених речовин [15]. Добавки мають нижчі скори валіну, а ШЗВ ще й лейцину порівняно з пшеничним борошном. Лімітованою амінокислотою ШЗВ і ЖЗК є ізолейцин, тоді як у пшеничному борошні – лізин [15]. Висока біологічна цінність білків дослідних добавок дає змогу прогнозувати й підвищення біологічної цінності білків хліба.

Експериментальні дані з визначення фракційного розподілу білків у дослідних добавках (табл. 2.3) показали, що більша його частина представлена водо- і солерозчинними білками, що характерно для білків зародків зернових культур [38]. Також ШЗВ містить більшу кількість проламінів і глютелінів порівняно із ЖЗК. Проламіни вівса (авеніни) у ШЗВ становлять 6,9%, а у ЖЗК (зеїн) – 2,5%, що у 2,8 разів менше.

Вміст небілкового азоту у жмиху зародків кукурудзи дещо вищий, порівняно зі шротом зародків вівса.

Таблиця 2.3 – Фракційний склад білка ШЗВ і ЖЗК

Найменування добавки	Вміст білка, %	Фракції азотовмісних сполук, % азота від загального вмісту			
		Водо- і солерозчинна (альбуміни+глобуліни)	Спирто-розчинна (проламіни)	Лужно-розчинна (глютеніни)	Небілковий азот
Шрот зародків вівса	23,0±1,0	58,0±2,0	6,9±0,3	20,0±0,8	15,5±0,5
Жмих зародків кукурудзи	20,0±0,8	71,0±3,0	2,5±0,1	8,3±0,3	18,2±0,6

Результати визначення вмісту біологічно активних речовин у дослідних добавках представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Вміст біологічно активних речовин у дослідних добавках

Найменування біологічно активної речовини	Масова частка речовини в сировині, мг/100 г		
	Борошно пшеничне І гатунку	Шрот зародків вівса	Жмих зародків кукурудзи
Вітаміни:			
Е	1,50±0,06	6,90±0,4	23,70±0,9
у т. ч. α-токоферол	1,50±0,06	3,90±0,02	4,80±0,14
β-токоферол	–	1,70±0,07	0,90±0,04
γ-токоферол	–	0,60±0,02	17,40±0,52
δ-токоферол	–	0,70±0,02	0,60±0,02
В ₁	0,25±0,01	0,60±0,02	0,73±0,03
РР	2,20±0,06	3,80±0,12	5,60±0,18
β-каротин	Сліди	0,40±0,02	2,10±0,10
Мінеральні речовини:			
натрій	10,0±0,4	24,8±0,8	4,9±0,1
калій	176,0±7,0	812,5±35,5	1470,0±60,0
кальцій	22,0±1,0	57,0±2,0	82,0±3,0
магній	44,0±2,0	280,0±10,0	160,0±6,0
фосфор	115,0±5,0	200,0±8,0	290,0±11,0
залізо	2,1±0,1	15,0±0,5	13,5±0,5
Зольність, %	0,70±0,03	5,80±0,20	6,00±0,30
Низькомолекулярні фенольні сполуки (за рутином)	14,0±0,6	95,0±4,0	75,0±3,0
Дубильні речовини (за таніном)	2,3±0,1	580,0±19,0	250,0±9,0

Експериментальні дані свідчать, що ШЗВ і ЖЗК мають високу вітамінну цінність. Добавки перевершують борошно за вмістом вітаміну Е, що має високу антиоксидантну здатність: ШЗВ – у 4,6 рази, ЖЗК – у 15,8 разів. Кількість α-токоферолів, які характеризуються найбільшою біологічною активністю [6], у ШЗВ у 2,6 рази вища, ніж у пшеничному борошні, а у ЖЗК – у 3,2 рази. Вітамін Е жмиху зародків кукурудзи представлений в основному фракцією γ-токоферолів (17,4 мг/100 г).

Порівняно із пшеничним борошном у дослідних добавках міститься в 2,4 та 2,9 рази більше вітаміну В₁, що необхідний для правильного функціонування нервової системи, печінки та серця, відіграє важливу роль у вуглеводно-білково-жировому обміні. Вітаміну РР, який

необхідний для функціонування харчотравної та кровотворної систем, у ШЗВ і ЖЗК у 1,7 і 2,5 рази більше, ніж у борошні.

У жмиху зародків кукурудзи міститься 2,1 мг/100 г каротиноїдів, що зумовлюють світло-жовтий колір добавки.

Мінеральний склад добавок представлений натрієм, калієм, кальцієм, фосфором. Також ШЗВ і ЖЗК містять 80 і 46% та 100 і 90% добової потреби людини магнію та заліза відповідно. Результати проведених досліджень свідчать, що дослідні добавки характеризуються близьким за абсолютним значенням показником зольності.

Біологічно активні речовини з антиоксидантною активністю у ШЗВ і ЖЗК представлені низькомолекулярними фенольними сполуками (95 і 75 мг/100 г), а також дубильними речовинами (580 та 250 мг/100 г).

Таким чином, результати дослідження хімічного складу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи показали, що дослідні добавки характеризуються значним вмістом білка з високою біологічною цінністю, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, речовин з антиоксидантною активністю, що підтверджує перспективність їх використання для підвищення харчової та біологічної цінності пшеничного хліба.

2.2. Дослідження функціонально-технологічних властивостей дослідних добавок

Важливу роль у процесі тістоутворення відіграють такі функціонально-технологічні властивості сировини, як водопоглинальна й водотримуюча здатності, що впливають на протікання процесів дозрівання тіста, формування його структурно-механічних властивостей, технологічні втрати під час випікання та зберігання тощо. Величину водопоглинальної та водотримуючої здатності, поряд із хімічним складом, значною мірою зумовлює дисперсність сировини [235; 236]. Крім того, важливу роль у хлібопеченні відіграє активність її ферментативного комплексу, що може суттєво впливати на перебіг біохімічних процесів на всіх технологічних стадіях приготування хліба [15]. Отже, з метою прогнозування впливу дослідних добавок на формування якості напівфабрикатів та готової продукції нами було досліджено вказані властивості у шроті зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи. У якості контрольного зразка використовували пшеничне борошно партії № 1.

Дисперсність дослідних добавок визначали мікроскопічним методом за 120-кратного збільшення. Результати експерименту представлені у вигляді диференціальної функції розподілу часток (рис. 2.1).

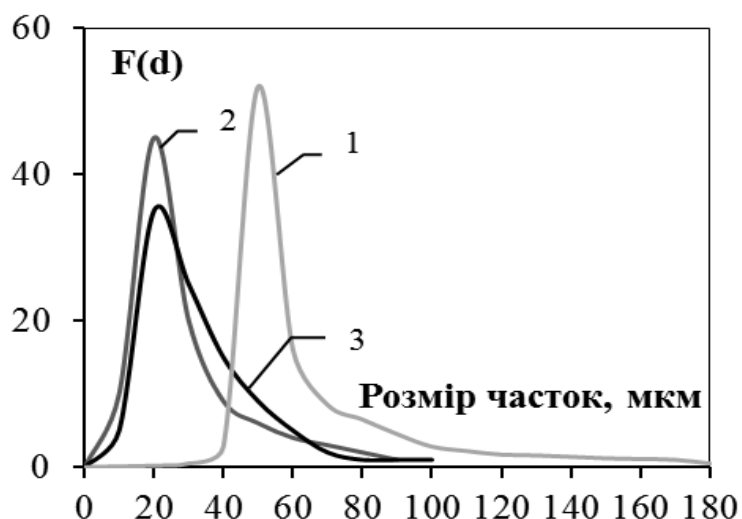


Рисунок 2.1 – Диференціальна функція розподілу розміру часток: 1 – борошно пшеничне I гатунку; 2 – шрот зародків вівса; 3 – жмих зародків кукурудзи

Експериментальні дані свідчать, що дослідні добавки представляють собою дрібнодисперговані порошки із близьким гранулометричним складом. Так, із рис. 3.1 видно, що 75% часток ШЗВ і 65% ЖЗК мають розмір до 30 мкм, а 70% часток борошна – 50...60 мкм. Їх максимальний розмір для ШЗВ не перевищує 90 мкм, ЖЗК – 100 мкм, тоді як для пшеничного борошна – 180 мкм [237]. Отже, і середній розмір часток дослідних добавок майже у 2 рази менший, ніж такий у борошна (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Середній розмір часток добавок

Найменування зразка	Середній діаметр часток, мкм
Борошно пшеничне I гатунку	68,6±3,2
Шрот зародків вівса	31,1±1,3
Жмих зародків кукурудзи	31,8±1,6

На наступному етапі досліджень визначали водопоглинальну здатність продуктів переробки зародків вівса та кукурудзи, яку досліджували за температури 30, 60 та 90°C, що відповідає температурі замішування тіста, початку клейстеризації крохмалю та температурі всередині виробів наприкінці випікання. Результати експериментів проілюстровано на рис. 2.2.

Згідно з отриманими даними, за температури 30°C ВПЗ дослідних добавок вища, ніж у пшеничному борошні у 1,9 та 1,6 рази відповідно, що пояснюється значним вмістом у них високогідрофільних геміцелюлоз, целюлози, пектинових речовин, білка та крохмалю.

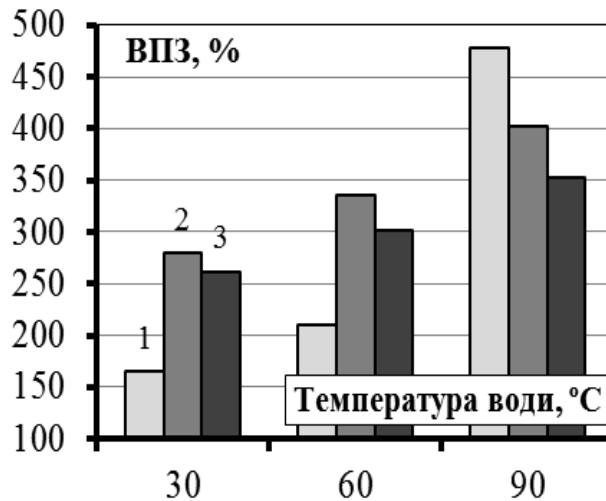


Рисунок 2.2 – Водопоглинальна здатність дослідної сировини залежно від температури води: 1 – борошно пшеничне I гатунку; 2 – шрот зародків вівса; 3 – жмих зародків кукурудзи

Значна кількість гідроксильних груп у кожному залишку моносахаридів, що формують геміцелюлози та целюлозу, а також карбоксильні й гідроксильні групи пектинових речовин, обумовлюють гідрофільність цих сполук [238]. Більша ВПЗ шроту зародків вівса порівняно з іншою добавкою, на наш погляд, пов'язана з вищим вмістом у шроті саме розчинних харчових волокон, що, як відомо, мають вищу порівняно із нерозчинними здатність поглинати воду [238].

Збільшення температури до 60°C викликає зростання ВПЗ дослідної сировини порівняно з такою за 30°C, що пов'язано із початком клейстеризації крохмальних зерен і набряканням білків. Цей показник у пшеничного борошна відносно попереднього значення збільшився на 27,0%, тоді як ВПЗ шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи змінилася меншою мірою – на 19,7 і 12,5% відповідно. Це, ймовірно, пов'язано з різною температурою клейстеризації пшеничного (54...60°C), вівсяного (56...61°C) і кукурудзяного (62...70°C) крохмалів, а також із меншим вмістом цього біополімеру в дослідних добавках. Така ж тенденція спостерігалася і за температури 90°C – показник ВПЗ пшеничного борошна відносно початкового значення збільшився у 2,9 разів, а ШЗВ і ЖЗК – лише у 1,4 та 1,3 разів відповідно.

Висока дисперсність добавок і особливості кількісного та якісного складу їх гідроколоїдів є причиною й більш високої порівняно з пшеничним борошном здатності утримувати поглинуту воду (ВУЗ) за температури 30°C (рис. 2.3).

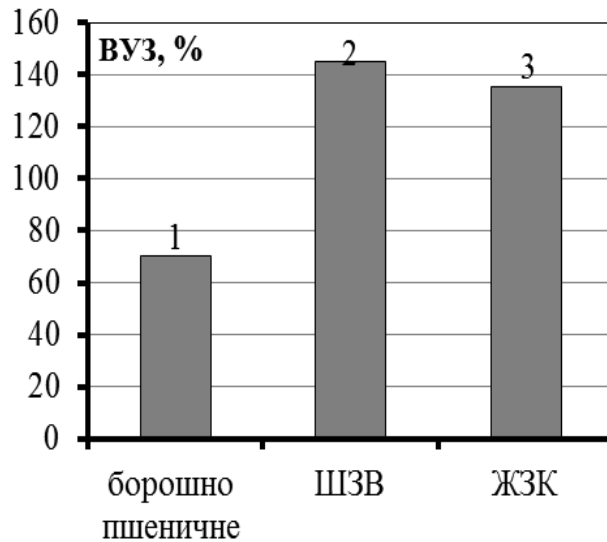


Рисунок 2.3 – Водоутримуюча здатність дослідної сировини за температури 30°C: 1 – борошно пшеничне I гатунку; 2 – шрот зародків вівса; 3 – жмих зародків кукурудзи

Експериментальними дослідженнями встановлено, що величина показника ВУЗ шроту та жмиху становить 146 і 135%, що практично у 2,1 і 1,9 рази більше, ніж у пшеничному борошні.

Вищі, ніж у пшеничного борошна водопоглинальна та водоутримуюча здатності дослідних добавок свідчать про необхідність підвищення вологості тіста під час замішування для забезпечення його оптимальної консистенції і формування необхідних структурно-механічних властивостей у готових виробках.

Відомо, що на стан білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів пшеничного борошна під час тістоприготування тією чи іншою мірою може впливати ферментний комплекс сировини, що вноситься до рецептури хліба. Ферментативна активність вторинних продуктів переробки зернових, до якої відносяться дослідні добавки, зумовлюється низкою чинників, серед яких основними є вид і якість вихідної сировини, технологічні особливості отримання основного продукту. Беручи до уваги відомості про технології отримання вівсяної та кукурудзяної олій, режими сушіння та диспергування дослідних добавок, що застосовуються виробниками, можливо передбачити відмінність їх ферментативної активності. З метою прогнозування перебігу біохімічних трансформацій у тісті з ШЗВ та ЖЗК вважали за необхідне встановити їх амیلітичну та протеолітичну активність. Результати проведених досліджень наведені в табл. 2.6.

З представлених даних видно, що показники активності протеолітичних ферментів ЖЗК і пшеничного борошна близькі за значенням і складають 23,0 і 25,0 мг азоту/100 г СР, а у ШЗВ їх

активність нижча й становить 16,0 мг азоту/100 г СР. ШЗВ і ЖЗК характеризуються низькою амілолітичною активністю, яка складає відповідно 8,0 і 4,1 мг крохмалю/год, тоді як активність амілаз борошна – 138,0 мг крохмалю/год.

Таблиця 2.6 – Ферментативна активність ШЗВ і ЖЗК

Назва ферментів, од. виміру	Ферментативна активність		
	Борошно пшеничне I гатунку	Шрот зародків вівса	Жмих зародків кукурудзи
Протеолітичні, мг азоту/100 г СР	25,0±1,0	16,0±0,6	23,0±0,9
Амілолітичні, мг крохмалю/год, у т.ч.:	138,0±5,0	8,0±0,3	4,1±0,1
α-амілаза	2,0±0,1	3,7±0,1	2,8±0,1
β-амілаза	135,0±4,0	4,3±0,1	1,3±0,1

Вірогідно, невисока ферментативна активність добавок пов'язана з особливостями технологічного процесу отримання вівсяної та кукурудзяної олій. Низька амілолітична активність ЖЗК, крім того, може пояснюватися низькою активністю цих ферментів у зерні кукурудзи [239]. Таким чином, результати проведеного комплексу досліджень показали, що дослідні добавки є дрібнодиспергованими порошками з високою водопоглинальною і водоутримуючою здатностями, нижчою ніж у пшеничного борошна ферментативною активністю, що необхідно враховувати під час розробки технології хліба з їх використанням [240; 241].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА, БІОХІМІЧНИХ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЙОГО ДОЗРІВАННЯ ЗА НАЯВНОСТІ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ

Відомо, що тісто є полідисперсною системою і складається із твердої фази, яку утворюють ліофільні біоколоїди борошна, і, передусім, клейковинні білки, крохмаль, целюлоза і геміцелюлози, рідкої фази – водного розчину рецептурних інгредієнтів, органічних і мінеральних речовин, а також газової фази, що утворюється за рахунок накопичення диоксиду вуглецю під дією хлібопекарських дріжджів та в результаті оклюзії під час замішування [15].

Провідна роль у формуванні структури пшеничного тіста належить білкам клейковини. Гідратовані гліадинова та глютенінова фракції білків під час замішування тіста поглинають воду й асоціюють, утворюючи безперервний сітчастий клейковинний каркас [242]. Між структурно-механічними характеристиками тіста, кількістю та якістю відмитої з нього клейковини існує певна закономірність.

Харчові волокна, білки, крохмаль та інші складові нетрадиційної сировини також суттєво впливають на реологічні властивості тістової системи. Міра такого впливу визначається кількістю внесеної сировини, її хімічним складом, технологією виготовлення хліба тощо.

3.1. Дослідження структурно-механічних властивостей пшеничного тіста з використанням дослідних добавок

Вплив дослідних добавок на властивості пшеничного борошна досліджували за кількістю та якістю клейковини, її пружністю, розтяжністю, гідратаційною здатністю, ступенем розпливання. Визначення пружно-еластичних та в'язко-пластичних характеристик тіста з добавками проводили з використанням фаринографа фірми «Brabender», альвеографа фірми «Chopin», еластопластометра Толстого, приладу «Реотест-2», а також за зміною розпливання кульки тіста.

Результати визначення впливу дослідних добавок на властивості клейковини пшеничного борошна наведені в табл. 3.1.

Із представлених даних видно, що внесення дослідних добавок призводить до зниження кількості та якості сирої та сухої клейковини.

Таблиця 3.1 – Вплив ШЗВ і ЖЗК на показники якості клейковини пшеничного борошна

Показник якості клейковини	Значення показника в зразках						
	без добавок (контроль)	з ШЗВ, % замість борошна			з ЖЗК, % замість борошна		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Кількість сирої клейковини, %	28,3±1,3	27,6±1,2	27,0±1,2	26,0±1,2	27,0±1,2	26,2±1,2	25,5±1,1
Кількість сухої клейковини, %	9,9±0,3	9,8±0,2	9,7±0,1	9,5±0,1	9,6±0,1	9,5±0,1	9,4±0,1
Пружність на приладі ІДК, од. приладу	80±4	75±3	70±2	66±2	72±2	66±2	61±1
Розтяжність, см	15,0±0,6	15,0±0,6	14,0±0,4	13,0±0,4	14,0±0,4	13,0±0,4	12,0±0,4
Гідратаційна здатність, %	185±7	182±6	178±6	173±5	180±6	175±5	171±5

Так, за внесення ШЗВ і ЖЗК у всьому дослідному інтервалі вміст сирої клейковини знижується на 0,7...2,3 і 1,3...2,8%, а сухої – на 0,1...0,4 і 0,3...0,5% відповідно. Присутність добавок надає значного зміцнювального ефекту клейковинним білкам пшеничного борошна, особливо в разі додавання ЖЗК, про що свідчить зменшення показника пружності клейковини в зразках із ШЗВ на 6,3...17,5%, а з ЖЗК – на 10,0...23,8% відповідно, підвищується її гідратаційна здатність. Додавання 15,0...20,0% ШЗВ і 10,0...20,0% ЖЗК сприяє зниженню розтяжності клейковини на 6,7...13,3 і 6,7...20,0% відповідно.

На наш погляд, зменшення кількості клейковини в присутності добавок пояснюється дегідратуючою дією харчових волокон та моно- і дицукридів на клейковинні білки борошна, що призводить до їх втрати під час відмивання [243; 244].

Підвищення пружності клейковини в присутності дослідних добавок ймовірно пов'язане з утворенням нерозчинних білково-полісахаридних комплексів, що утворюються під час взаємодії харчових волокон добавок та пектинових речовин із білками пшеничного борошна [171; 238]. Також значна зміцнювальна дія добавок може бути зумовлена наявністю фенольних сполук, які здатні, вступаючи в комплекси з білками, укріплювати клейковину [245; 246].

На наш погляд, більше зміцнення клейковини саме за додавання ЖЗК може бути пов'язане із присутністю в добавці ненасичених жирних кислот ліпідів, що окислюються за участі ліпоксигенази до

перексидів та гідроперексидів, які навіть у незначних кількостях здатні виявляти потужну окислювальну дію. При цьому окислюються тіолові групи ($-SH-$) клейковинного білка, в результаті чого відбувається їх спайка через дисульфідні ($-S=S-$) містки, що посилює жорсткість всього клейковинного каркасу за рахунок збільшення щільності упаковки часток клейковини [40; 247–249]. Також піддаються окисленню тіолові групи протеолітичних ферментів та активаторів протеолізу, знижуючи таким чином протеолітичну активність системи.

Покращення якості клейковини за внесення добавок було підтверджено і під час дослідження розпливання кульки клейковини за їх додавання (рис. 3.1).

Отримані результати свідчать, що величина цього показника за внесення добавок знижується з найбільш помітним ефектом саме у зразках клейковини з ЖЗК. За 180×60 с відлежування за рівних початкових діаметрів кульок клейковини цей показник в зразках з ШЗВ був менший відносно контрольного зразка на 5,6...16,7%, а з ЖЗК – на 13,9...27,8%.

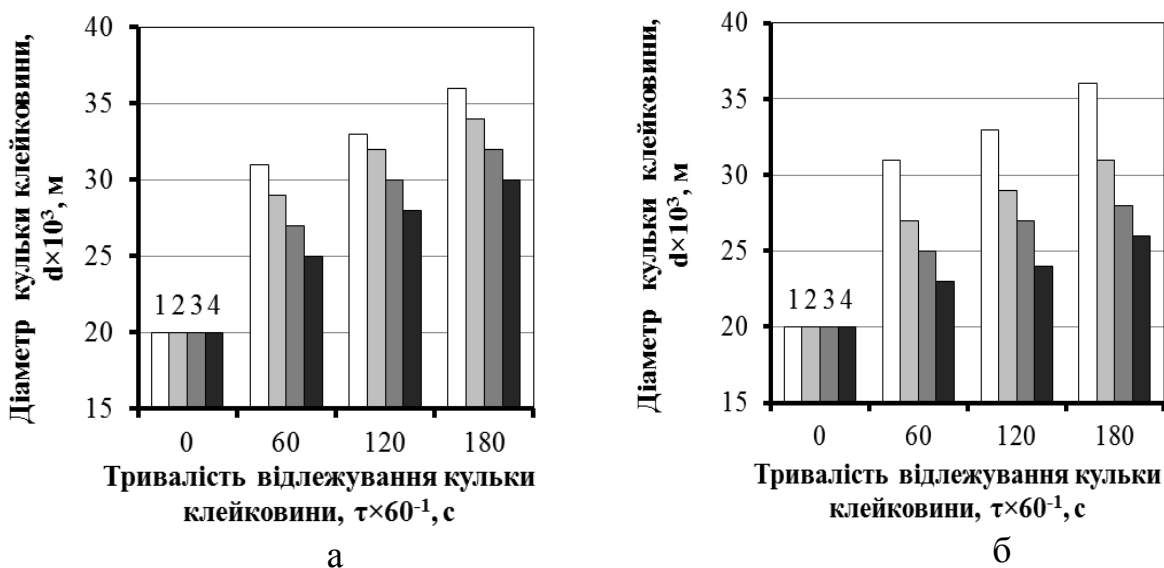


Рисунок 3.1 – Вплив ШЗВ (а) та ЖЗК (б) на розпливання кульки клейковини: 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Результати розшифровки фаринограм тіста з добавками показали, що помітні зміни у водопоглинальній здатності тіста спостерігаються за дозування добавок більше 10% (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Показники фаринограм тіста зі ШЗВ і ЖЗК

Показник	Значення показника в дослідних зразках						
	без добавки (контроль)	з ШЗВ, % замість борошна			з ЖЗК, % замість борошна		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Водо-поглинальна здатність тіста, %	61,2±1,8	64,0± 2,0	67,4± 2,0	70,0± 2,8	63,0± 1,9	66,0± 2,0	68,0± 2,0
Час утворення тіста, $\tau \times 60^{-1}$, с	2,5±0,1	3,5± 0,1	3,5± 0,1	4,0± 0,2	3,5± 0,1	4,0± 0,2	4,5± 0,2
Стійкість, $\tau \times 60^{-1}$, с	8,0±0,4	4,0± 0,2	3,0± 0,1	2,5± 0,1	4,0± 0,2	2,5± 0,1	2,0± 0,1
Опірність, $\tau \times 60^{-1}$, с	10,5±0,5	7,5± 0,3	6,5± 0,3	6,5± 0,3	7,5± 0,3	6,5± 0,3	6,5± 0,3
Ступінь розрідження, од. ф.	50,0±2,0	100,0± 3,0	110,0± 3,0	120,0± 4,0	140,0± 5,0	150,0± 6,0	160,0± 6,0

Так, внесення ШЗВ і ЖЗК у кількості 15,0...20,0% замість пшеничного борошна сприяє підвищенню даного показника на 10,1...14,3 і 7,8...11,1% відповідно, що підтверджується даними з визначення ВПЗ самих добавок, які були отримані раніше (розд. 2, рис. 2.2). Також спостерігається збільшення часу утворення тіста на $(1...1,5) \times 60$ і $(1...2) \times 60$ с. На наш погляд, такі зміни можуть бути зумовлені наявністю в дослідних добавках значної кількості некрохмальних полісахаридів, які складають велику конкуренцію біополімерам борошна у поглинанні вологи, що є передумовою для підвищення розрахункової вологості тіста.

Зменшення в системі кількості клейковинних білків, а також ступеня їх набухання є причиною зниження опірності тіста з ШЗВ і ЖЗК в 1,4...1,6 разів, а також підвищення ступеня його розрідження в 2,0...2,4 і 2,8...3,2 рази відповідно. Більш інтенсивне розрідження в зразках тіста з ЖЗК може бути пов'язано із наявністю жиру в добавці.

Дослідження фізичних властивостей тіста, виготовленого з використанням шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи у дослідних дозуваннях, проводили на альвеографі фірми «Chopin». Результати експериментальних досліджень представлені в табл. 3.3.

Встановлено, що визначення фізичних характеристик тіста за додавання більше 10,0% ШЗВ від маси борошна було неможливим за рахунок обмеження технічних характеристик приладу. Внесення вже 10,0% ШЗВ спричиняє підвищення пружності тіста на 31,6% та зниження розтяжності на 57,5%.

Таблиця 3.3 – Показники альвеограм тіста зі ШЗВ і ЖЗК

Найменування показника	Значення показника в дослідних зразках						
	без добавки (конт- роль)	з ШЗВ, % замість борошна			з ЖЗК, % замість борошна		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Пружність тіста (P), мм	98±4	129±5	–	–	107±5	114±4	124±5
Розтяжність тіста (L), мм	73±3	31±1	–	–	33±1	30±1	27±1
Збалансованість (P/L)	1,30± 0,06	4,20± 0,20	–	–	3,20± 0,10	3,80± 0,14	4,60± 0,20
Питома робота пружної деформації (W), о.а.	181±5	220±9	–	–	198±6	207±7	218±8

Додавання 10,0...20,0% ЖЗК призводить до збільшення показника пружності тіста на 9,2...26,5%, зменшення розтяжності на 54,8...63,0%. При цьому показник збалансованості тіста зростає відносно контрольного зразка в 2,5...3,5 рази. На наш погляд, надмірне підвищення пружності тіста може бути пов'язано як із укріпленням клейковини під дією складових добавок, втратою тістом розтяжності, так і зі збільшенням в'язкості, особливо за додавання ШЗВ. Це потребує підвищення зусиль на розтягування кульки тіста на столику альвеографа, які прилад фіксує як зростання показника пружності. Про це свідчить і підвищення питомої роботи пружної деформації під час дослідження тіста з ШЗВ на 21,5%, з ЖЗК – на 9,4...20,6%. Крім того, більший показник розтяжності зразків тіста з ЖЗК порівняно із зразками з ШЗВ пояснюється наявністю жиру, який, взаємодіючи з білками, призводить до покращення пластичності тіста.

Результати досліджень тіста на альвеографі підтвердилися під час визначення структурно-механічних характеристик тіста з дослідними добавками на еластопластометрі Толстого (табл. 3.4).

З даних табл. 3.4 видно, що внесення дослідних добавок призводить до деякого змінення структурно-механічних характеристик тіста, причому найбільший вплив помітний в разі внесення ШЗВ. Так, додавання ШЗВ і ЖЗК збільшує модуль миттєвої пружності у 1,5...2,7 і 1,3...2,0 рази, високоеластичний модуль – у 1,6...2,1 і 1,4...2,0 рази, а пластичну в'язкість – у 3,9...8,0 і 1,3...3,1 рази відповідно.

Таблиця 3.4 – Вплив шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи на структурно-механічні характеристики тіста

Показник	Значення показника у дослідних зразках						
	без добавки (конт-роль)	з ШЗВ, % замість борошна			з ЖЗК, % замість борошна		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Умовно миттєвий модуль пружності, $G_{пр} \cdot 10^2$ Па	27,6± 1,0	40,1± 1,5	64,2± 2,2	74,3± 2,5	37,2± 1,4	49,9± 1,7	55,7± 1,9
Вискоеластичний модуль, $G_{ел}$ Па	785± 29	1236± 41	1479± 51	1677± 63	1125± 39	1400± 50	1580± 60
Пластична в'язкість, 10^{-6} Па·с	1,8± 0,1	7,4± 0,2	12,3± 0,3	15,1± 0,5	2,50± 0,1	4,7± 0,2	5,9± 0,2

Характер зміни в'язко-пластичних характеристик тіста з досліджуваними продуктами визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест–2». Досліджуваний показник визначали через 20×60 с з моменту замішування тіста та через 120×60 с автолізу.

Результати досліджень узагальнені на рис. 3.2а, б та 3.3а, б.

Як свідчать дані, представлені на рис. 3.2, присутність у тісті ШЗВ у дослідних дозуваннях сприяє збільшенню показника ефективної в'язкості тіста порівняно з контрольним зразком в 2...4 рази. Через 120×60 с автолізу величина цього показника знижується у 1,1...1,3 відносно свого початкового значення.

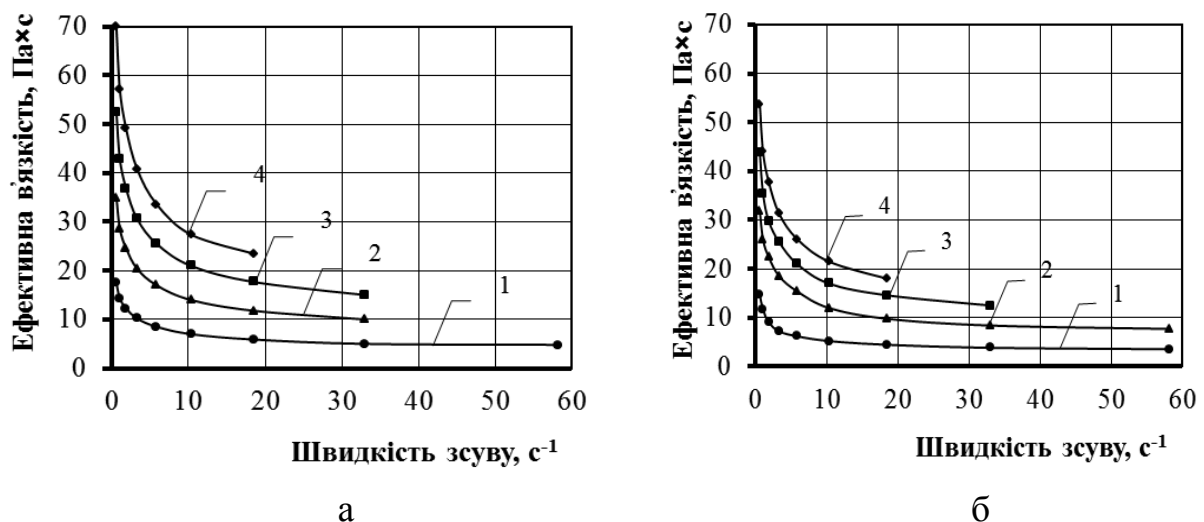


Рисунок 3.2 – Зміна ефективної в'язкості модельних систем тіста через 20×60 с після замішування (а) та через 120×60 с автолізу тіста (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% ШЗВ відповідно

Ефективна в'язкість тіста за внесення ЖЗК (рис. 3.3) під час замішування збільшується меншою мірою – у 1,3...1,5 рази, а протягом автолізу цей показник знижується інтенсивніше, ніж у зразках з ШЗВ, і через 120×60 с з початку експерименту його величина у 1,2...1,4 рази нижча від початкового значення.

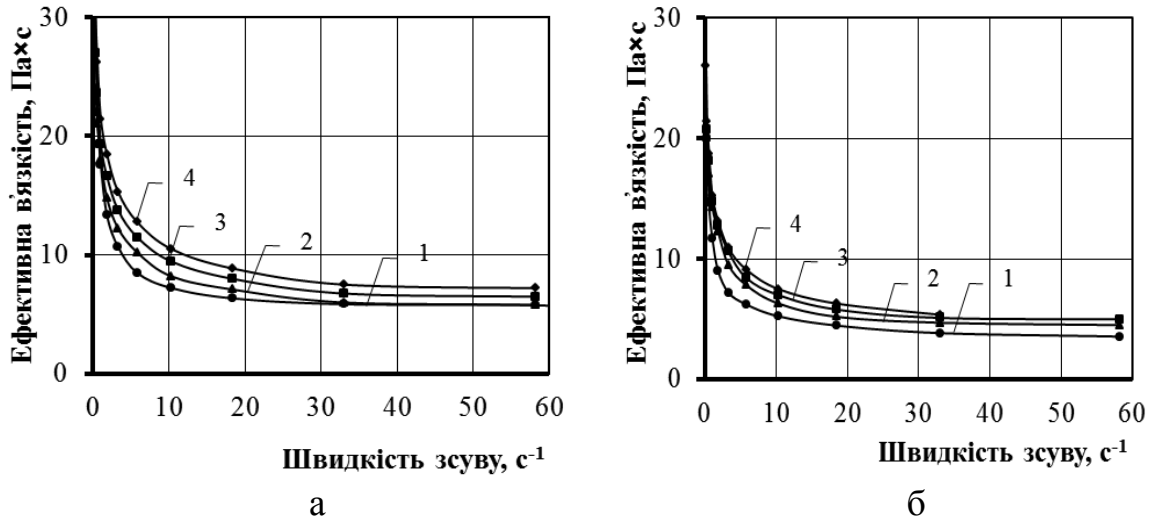


Рисунок 3.3 – Зміна ефективної в'язкості модельних систем тіста через 20×60 с після замішування (а) та через 120×60 с автолізу тіста (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% ЖЗК відповідно

Така відмінність у поведінці зразків з дослідними добавками, на наш погляд, пояснюється, з одного боку, більшим вмістом у ШЗВ водорозчинних харчових волокон, білка та крохмалю, а з іншого, менш активним протіканням гідролітичних процесів у тісті.

На рис. 3.4 представлені результати визначення впливу ШЗВ та ЖЗК на розпливання кульки тіста.

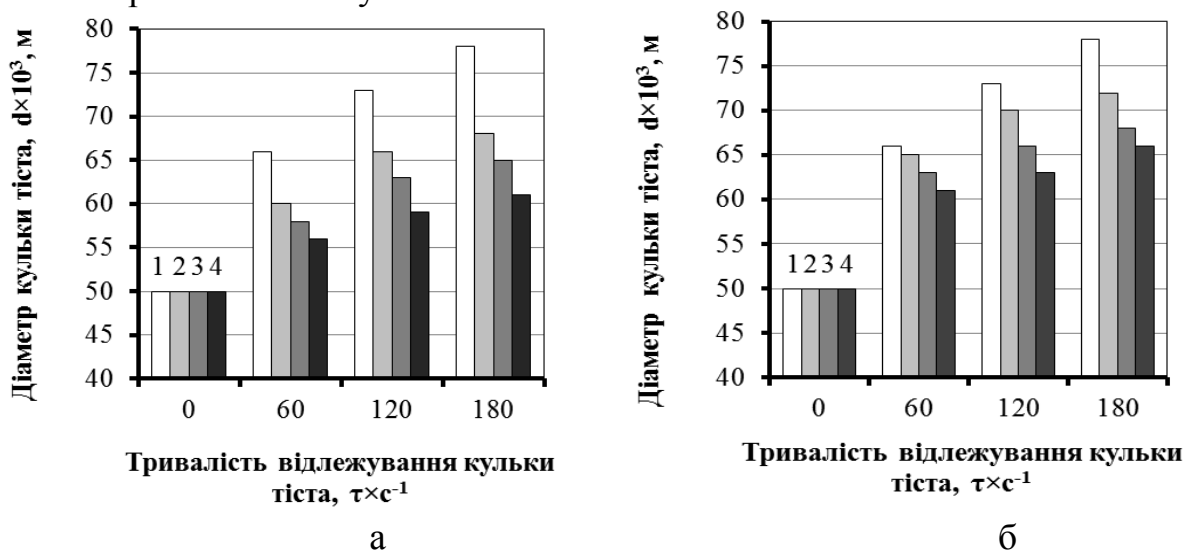


Рисунок 3.4 – Вплив ШЗВ (а) та ЖЗК (б) на розпливання кульки тіста: 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Встановлено, що їх додавання призводить до зменшення цього показника, причому, на відміну від результатів попередніх досліджень, у цьому випадку найбільш помітного впливу на систему надає саме шрот зародків вівса. З рисунка 3.4 видно, що за однакових початкових діаметрів кульок тіста через три години відлежування показник розпливання зразків із ШЗВ менший, ніж у контрольного зразка на 12,8...21,8%, з ЖЗК – на 7,7...15,4%. Це, на наш погляд, пов'язано, з високим вмістом харчових волокон, які, поглинаючи воду, здатні підвищувати в'язкість і покращувати формостійкість тіста. Ймовірно, це пов'язано і з нижчою протеолітичною активністю дослідних добавок порівняно з пшеничним борошном.

Вищий показник розпливання зразків тіста у разі додавання ЖЗК відносно таких із ШЗВ пояснюється наявністю жиру в добавці, що надає тісту пластичності [250].

Таким чином, заміна 10,0...20,0% пшеничного борошна на відповідну кількість ШЗВ і ЖЗК сприяє зменшенню вмісту сирової та сухої клейковини, зниженню її розтяжності та підвищенню пружності. Також застосування дослідних добавок сприяє збільшенню часу утворення тіста, підвищенню його водопоглинальної здатності, зниженню ступеня розпливання, підвищенню показників ефективної в'язкості.

З метою отримання уявлення про механізми структуроутворення тіста з дослідними добавками нами були досліджені ІЧ-спектри зразків тіста з добавками та без них (рис. 3.5).

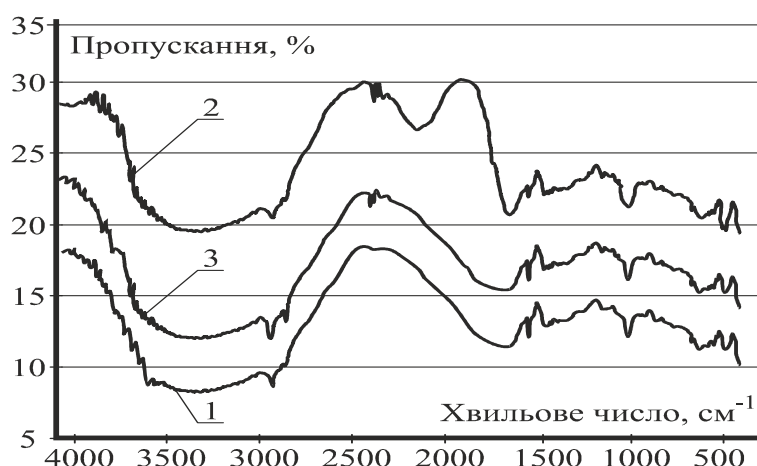


Рисунок 3.5 – ІЧ-спектри зразків тіста: 1 – без добавок (контроль); 2, 3 – з додаванням 15,0% ШЗВ і ЖЗК відповідно

Результати спектроскопічного дослідження зразків тіста з додаванням дослідних добавок показали збільшення інтенсивності смуг пропускання в діапазонах хвильових чисел 3500...3200, 3350...2850, 2975...2940, 1530...1352 см^{-1} , які характерні для валентних і

деформаційних коливань груп OH-, NH-, SH-, CH₃-, що підтвердило процеси утворення міжмолекулярних зв'язків і утворення біополімерних комплексів у тісті за внесення ШЗВ і ЖЗК.

Отже, результати спектроскопічного дослідження зразків тіста з додаванням дослідних добавок підтвердили процеси утворення додаткових міжмолекулярних зв'язків, а також утворення біополімерних комплексів у тісті в разі внесення ШЗВ і ЖЗК.

Описані вище результати підтвердилися й під час визначення рухливості води в тісті з добавками методом Хана «спінової луни» на імпульсному спектрометрі ядерно-магнітного резонансу (ЯМР) (табл. 3.5).

Встановлено, що час спін-спінової релаксації за додавання ШЗВ і ЖЗК знижується на 14,0...40,0 і 9,0...20,4% відповідно, що свідчить про більшу кількість зв'язаної води та її меншу рухливість у дослідних зразках. Більш інтенсивне зв'язування води ШЗВ порівняно з ЖЗК пов'язане з вищою здатністю його біополімерів зв'язувати та утримувати воду, що підтверджує отримані раніше дані з визначення ВПЗ, ВУЗ добавок (розд. 2; рис. 2.2 і 2.3).

Таблиця 3.5 – Вплив дослідних добавок на час спін-спінової релаксації молекул води в тісті

Зразок тіста	Кількість добавки замість борошна, %	Час спін-спінової релаксації, $\tau \cdot 10^2$ с
без добавок (контроль)	0,0	3,53±0,11
із шротом зародків вівса	10,0	3,04±0,10
	15,0	2,65±0,07
	20,0	2,12±0,06
із жмихом зародків кукурудзи	10,0	3,20±0,12
	15,0	3,02±0,10
	20,0	2,81±0,11

Таким чином, внесення шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи у кількості 10,0...20,0% призводить до зміни структурно-механічних властивостей тіста, а саме до підвищення водопоглинальної здатності тіста та його в'язко-пружних властивостей, особливо в разі внесення ШЗВ.

3.2. Дослідження біохімічних та мікробіологічних процесів у пшеничному тісті з додаванням шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи

3.2.1. Характеристика біохімічних процесів, що відбуваються у тісті з добавками

Відомо, що у складному комплексі процесів дозрівання тіста важлива роль належить біохімічним перетворенням крохмалю під дією амілолітичних ферментів, що спрямовані на його гідроліз із утворенням мальтози – основного «технологічного» цукру, що забезпечує інтенсивність мікробіологічних процесів.

Під час попередніх досліджень встановлено, що дослідні продукти переробки зародків вівса та кукурудзи мають низьку активність амілолітичних ферментів, а також характеризуються відмінним вуглеводним складом і можуть по-різному впливати на процес накопичення та утилізації цукрів під час дозрівання тіста.

У цьому розділі представлено результати досліджень динаміки редукуючих речовин у тісті з добавками, амілограми і показник «число падіння» водно-борошняних сумішей з ШЗВ і ЖЗК.

Вплив дослідних добавок на динаміку накопичення та збродження редукуючих речовин у тісті наведено в табл. 3.6.

Із представлених даних видно, що відразу після замішування бездріжджового тіста з використанням добавок у всьому дослідному інтервалі кількість редукуючих цукрів у тісті з ШЗВ вища, ніж у контрольному зразку на 5,9...14,5%, а з ЖЗК – на 12,2...23,1%. Це пояснюється більшим вмістом власних цукрів у добавках, особливо в ЖЗК, порівняно з пшеничним борошном (табл. 2.1). За 4 години автолізу кількість накопичених цукрів у тісті з ШЗВ була незначно меншою, ніж у контрольному зразку, причиною чому може бути низька амілолітична активність добавки.

У зразках тіста за внесення ЖЗК, навпаки, процес накопичення редукуючих цукрів відбувається більш інтенсивно, про що свідчить збільшення цього показника на 10,6...20,7%, що, ймовірно, пов'язано з підвищеною атакуемістю крохмалю кукурудзи амілолітичними ферментами борошна, оскільки амілолітична активність добавки незначна. Відомо, що зерна кукурудзяного крохмалю не мають на поверхні прикріпленого білка й відрізняються більшими розмірами, ніж зерна крохмалю пшениці та вівса, що робить їх більш доступними до дії як власних амілаз, так і амілаз інших зернових культур, у тому числі пшеничного борошна [251].

Таблиця 3.6 – Вміст редуруючих речовин у тісті з ШЗВ і ЖЗК, % СР (в перерахунку на мальтозу)

Показник	Значення показника в дослідних зразках тіста						
	без добавки (контроль)	з ШЗВ, % замість борошна			з ЖЗК, % замість борошна		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Без дріжджів							
Відразу після замісу	2,55±0,07	2,70±0,10	2,81±0,09	2,92±0,10	2,86±0,10	3,00±0,12	3,14±0,12
Через 240×60 с автолізу	4,05±0,15	4,20±0,12	4,30±0,14	4,39±0,15	4,48±0,14	4,68±0,16	4,89±0,17
Накопичено	1,50±0,04	1,50±0,04	1,49±0,05	1,47±0,05	1,62±0,06	1,69±0,07	1,74±0,06
З дріжджами							
Відразу після замісу	2,54±0,06	2,71±0,09	2,82±1,00	2,91±0,09	2,85±0,09	3,00±0,12	3,13±0,11
Через 240×60 с бродіння	1,79±0,05	1,67±0,05	1,75±0,05	1,77±0,05	1,87±0,05	1,91±0,05	1,95±0,05
Зброджено	2,25±0,07	2,55±0,07	2,62±0,08	2,76±0,08	2,61±0,07	2,77±0,09	2,94±0,09

Зброджування цукрів у дослідних зразках тіста з ШЗВ і ЖЗК відбувається інтенсивніше на 13,3...22,7 і 16,0...30,6% відповідно, що може бути пояснено активізацією бродильної мікрофлори тіста за рахунок внесення з добавками азотистих сполук, вітамінів, мінеральних речовин тощо.

Дослідження процесу клейстеризації крохмалю у водно-борошняних суспензіях із заміною пшеничного борошна на 10,0...20,0% дослідних добавок проводили на амілографі фірми «Brabender». Результати експериментів наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати розшифровок амілограм водно-борошняних сумішей з ШЗВ та ЖЗК

Показник	Значення показника в дослідних зразках						
	без добав-ки (конт-роль)	з ШЗВ, % замість борошна			з ЖЗК, % замість борошна		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Час від початку клейстеризації крохмалю до досягнення max в'язкості, $\tau \times 60^{-1}$ с	11,0±0,4	11,0±0,4	11,5±0,5	12,0±0,6	11,5±0,5	12,0±0,6	12,5±0,7
Максимальна в'язкість, о. а.	460±16	480±18	520±20	550±22	450±16	440±15	430±14
Температура суспензії при максимальній в'язкості, °С	80±3	80±3	81±3	82±4	81±3	82±4	83±4

Із представлених даних видно, що за внесення 10,0% ШЗВ час від початку клейстеризації крохмалю до досягнення максимальної в'язкості і температура клейстеризації не змінюються, а за внесення 10,0% ЖЗК – збільшуються на $0,5 \times 60$ с і 1°C відповідно. Додавання 15,0...20,0% ШЗВ сприяє підвищенню зазначених показників на $(0,5...1,0) \times 60$ с і $1...2^\circ\text{C}$, а ЖЗК – на $(1,0...1,5) \times 60$ с і $2...3^\circ\text{C}$. Це, на наш погляд, пов'язано із вищою температурою клейстеризації вівсяного і кукурудзяного крохмалів добавок.

За додавання ШЗВ у дослідному інтервалі збільшується в'язкість клейстеризованої суспензії на 4,3...19,6%, що, ймовірно, забезпечується високим вмістом водорозчинних харчових волокон, які здатні значно підвищувати в'язкість борошняних систем.

У дослідних зразках із ЖЗК максимальна в'язкість клейстеризованої суспензії незначно знижується відносно контрольного зразка, що може

бути підтвердженням більш активного гідролізу крохмалю. Така ж тенденція впливу добавок на автолітичну активність борошна прослідковувалась і під час визначення показника «число падіння» водно-борошняної суспензії (рис. 3.6).

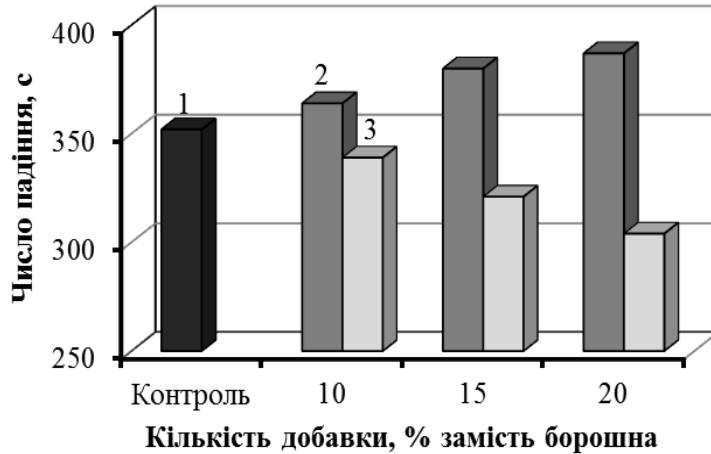


Рисунок 3.6 – Вплив ШЗВ та ЖЗК на показник «число падіння» пшеничного борошна: 1 – без добавок (контроль); з додаванням: 2 – шроту зародків вівса, 3 – жмиху зародків кукурудзи

Як видно з представлених даних, внесення 10,0...20,0% ШЗВ від маси борошна збільшує величину показника «число падіння» на 3,4...9,9%, а внесення ЖЗК пришвидшує розрідження водно-борошняної суспензії порівняно з контрольним зразком на 4,0...13,6%.

Таким чином, внаслідок різної піддатливості до амілолізу крохмалю дослідних добавок, його гідролітичні перетворення в тісті за додавання ШЗВ відбуваються менш помітно, ніж у тісті з ЖЗК. Це зумовлює різну динаміку накопичення цукрів і може впливати на інтенсивність мікробіологічних процесів у тісті.

3.2.2. Вплив дослідних добавок на протікання мікробіологічних процесів у тісті з добавками

Відомо, що мікробіологічні процеси дозрівання тіста є одними з визначальних у формуванні якості хліба. Від інтенсивності спиртового бродіння значною мірою залежать розпушеність тістових заготовок, а отже і питомий об'єм хліба, характер його пористості. А продукти молочнокислого бродіння – молочна та інші кислоти – відіграють важливу роль у формуванні органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей тіста та готових виробів. Основним показником, що характеризує готовність напівфабрикатів до оброблення, є титрована кислотність тіста, що відображає як загальну кислотність,

обумовлену всіма кислотами й кислими сполуками, які утворилися в тісті під час бродіння, так і тих, що розпалися на іони або недисоційовані. Окрім того, низка колоїдних, мікробіологічних і ферментативних процесів, що протікають під час дозрівання тіста, залежить від концентрації водневих іонів у середовищі (рН), що визначають активну кислотність напівфабрикату. Величина цього показника значно впливає на активність бродильної мікрофлори тіста й на утворення кінцевих продуктів бродіння, що свідчить про необхідність визначення активної кислотності тіста в процесі його дозрівання [15].

Оскільки дослідні добавки в своєму складі мають значну кількість білків, вітамінів, мінеральних речовин (табл. 2.1, 2.4) і впливають на динаміку накопичення і зброджування цукрів (табл. 3.7), вважали необхідним дослідити їх вплив на процес газоутворення в тісті за показниками швидкості газоутворення, кількості виділеного вуглецю, а також за зміною об'єму тіста протягом бродіння. Також визначали титровану та активну кислотності тіста з добавками в динаміці дозрівання, а також активність молочнокислих бактерій у тісті з добавками.

Результати визначення впливу ШЗВ і ЖЗК на процес газоутворення у пшеничному тісті наведено на рис. 3.7а, б.

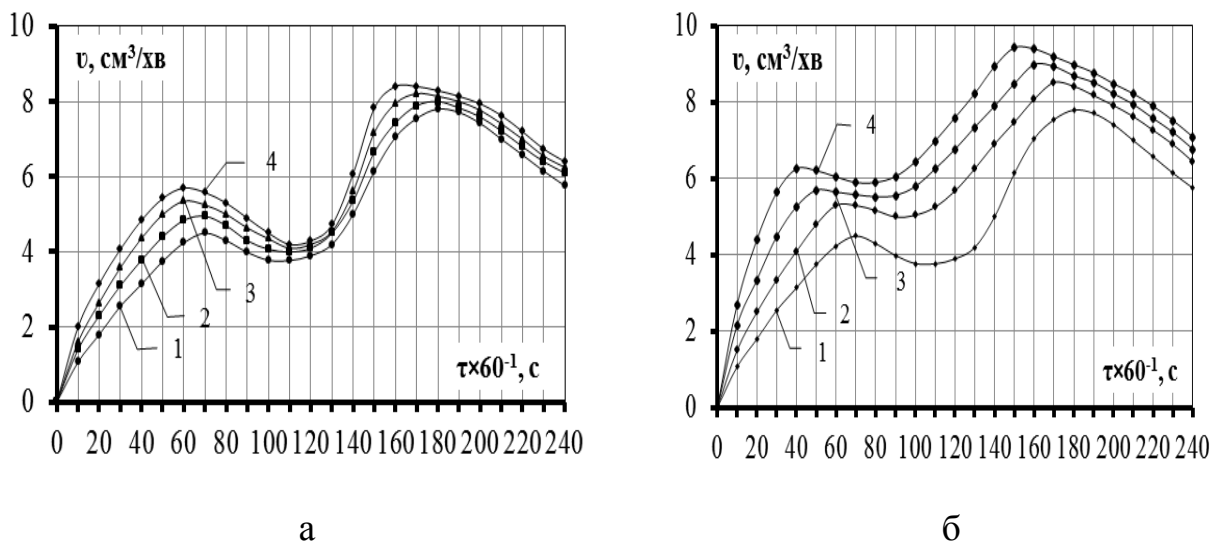


Рисунок 3.7 – Зміна швидкості газоутворення в тісті з ШЗВ (а) і ЖЗК (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Аналіз даних щодо швидкості газоутворення в тісті з додаванням ШЗВ (рис. 3.7а) показав, що його внесення у всьому дослідному інтервалі сприяє інтенсифікації процесу виділення вуглекислого газу. Наведені криві мають два екстремуми, що, як відомо, зумовлено специфікою життєдіяльності хлібопекарських дріжджів у тістовій

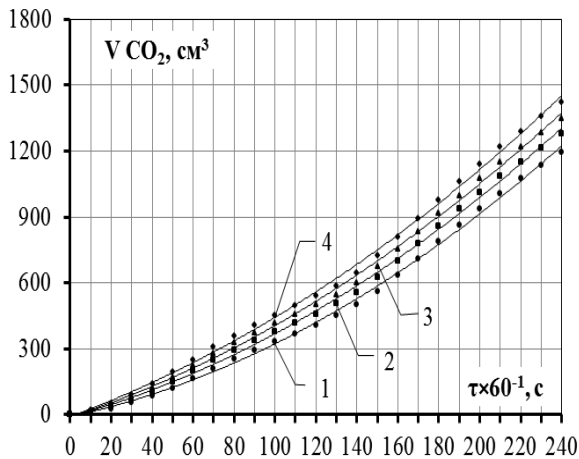
системі [15]. Як видно з рисунка, поява першого піка, що відповідає зниженню в тісті легкозасвоюваних цукрів, для контрольного і для зразка з додаванням 10,0% ШЗВ спостерігається через 70×60 с від початку експерименту, тоді як для зразків за внесення 15,0...20,0% добавки – через 60×60 с, що на 10×60 с раніше.

Подальше підвищення швидкості газоутворення пояснюється накопиченням достатньої кількості мальтози як основного технологічного цукру для інтенсивного протікання спиртового бродіння в тісті. Поява другого екстремуму характеризує період настання дефіциту цього цукру в тістовій системі, що веде до зниження інтенсивності газоутворення. Час настання другого екстремуму вважають оптимальною тривалістю бродіння тіста. Так, у контрольному та у зразку за внесення 10,0% ШЗВ другий пік спостерігається через 180×60 с від початку бродіння, а за додавання 15,0...20,0% ШЗВ від маси борошна – через (160...170)×60 с, що на 6...11% раніше.

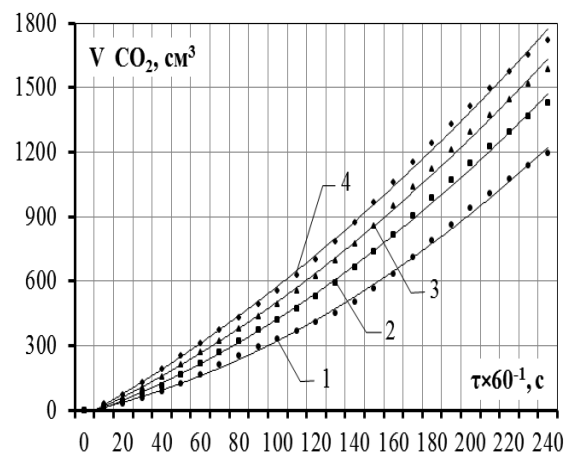
Додавання ЖЗК також призводить до інтенсифікації процесу газоутворення в тісті, що узгоджується із результатами експериментальних досліджень інших авторів [227]. Як видно з рис. 3.7б, перепад швидкості газоутворення за внесення 10,0...20,0% ЖЗК від маси борошна менш виражений не тільки відносно контрольного зразка, а й відносно зразків із використанням ШЗВ (рис. 3.7а). Напевно, це пов'язано, з одного боку, з більшою кількістю в дослідній добавці легкозброджуваних цукрів, а з іншого, з більшою доступністю кукурудзяного крохмалю до амілолізу, що сприяє швидшому утворенню мальтози в тісті. Також з рис. 3.7б видно, що поява першого піка відбувається раніше на (10...30)×60 с ніж в контрольному зразку. Другий екстремум газоутворення у тісті з ЖЗК з'являється раніше відносно контролю на (10...30)×60 с або на 6...17%.

Внесення 10,0...20,0% ШЗВ від маси борошна сприяє збільшенню кількості виділеного за 240×60 с бродіння газу на 7,1...16,5% порівняно з контрольним зразком (рис. 3.8).

За умови скорочення тривалості дозрівання тіста з ШЗВ (за настання другого екстремуму) кількість виділеного вуглецю більша, ніж у контрольному зразку на 5,1...8,9% і складає 824...854 см³ проти 784 см³. Кількість виділеного газу для дослідних зразків тіста з ЖЗК за настання другого екстремуму становить 900,0...945,0 см³, що більше, ніж в контрольному на 14,8...20,5%.



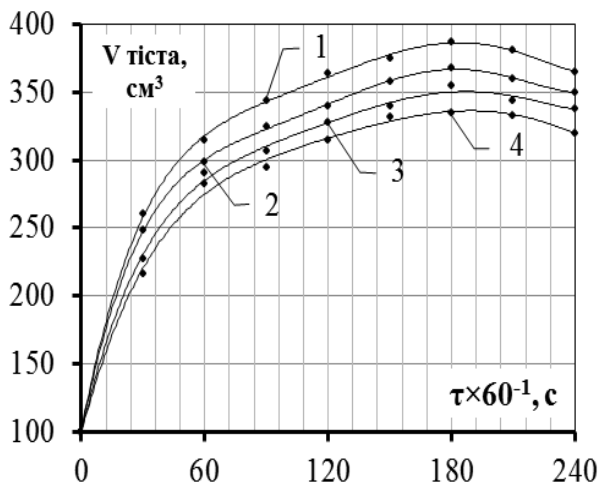
а



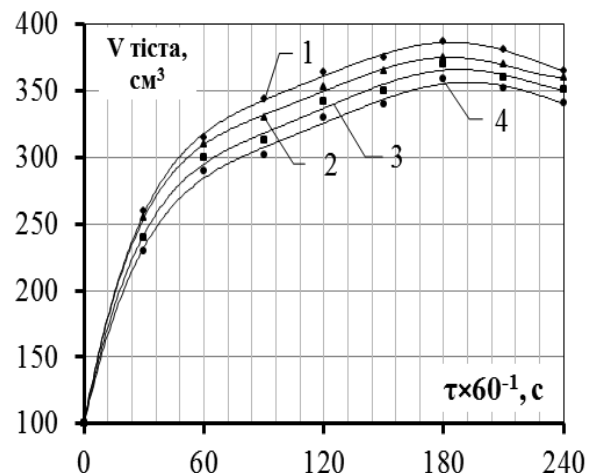
б

Рисунок 3.8 – Зміна кількості виділеного CO_2 в тісті з ШЗВ (а) і ЖЗК (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Оскільки процес газоутворення забезпечує розпушеність тістових заготовок, вважали за необхідне дослідити зміну об'єму тіста в процесі всього періоду його дозрівання (рис. 3.9а, б).



а



б

Рисунок 3.9 – Зміна об'єму в зразках тіста з ШЗВ (а) та ЖЗК (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Як видно з рисунка, за умови скорочення тривалості дозрівання тіста внесення 10,0% ШЗВ від маси борошна знижує об'єм тіста на 5,0% відносно контрольного зразка, тоді як додавання такої ж кількості ЖЗК майже не впливає на цей показник. Використання ШЗВ і ЖЗК у кількості 15,0...20,0% взамін борошна знижує об'єм тіста відносно контрольного зразка на 9,6...13,0 і 6,0...10,5% відповідно.

Така тенденція є очікуваною в разі заміни пшеничного борошна на безклейковинну сировину, що призводить до втрати CO_2 під час дозрівання тіста, тобто до погіршення його газоутримувальної здатності за рахунок підвищення показника пружності (табл. 3.3) й ефективної в'язкості тіста (рис. 3.2 і 3.3). Причому дія ШЗВ більш виражена, ніж ЖЗК, що було підтверджено раніше.

Отже, внесення ШЗВ і ЖЗК прискорює процес газоутворення в тісті, що дозволяє скоротити тривалість його дозрівання на 6,0...11,0 і 6,0...17,0% відповідно, забезпечуючи при цьому достатню розпушеність тістових заготовок.

Результати визначення кислотонакопичення в тісті наведені на рис. 3.10.

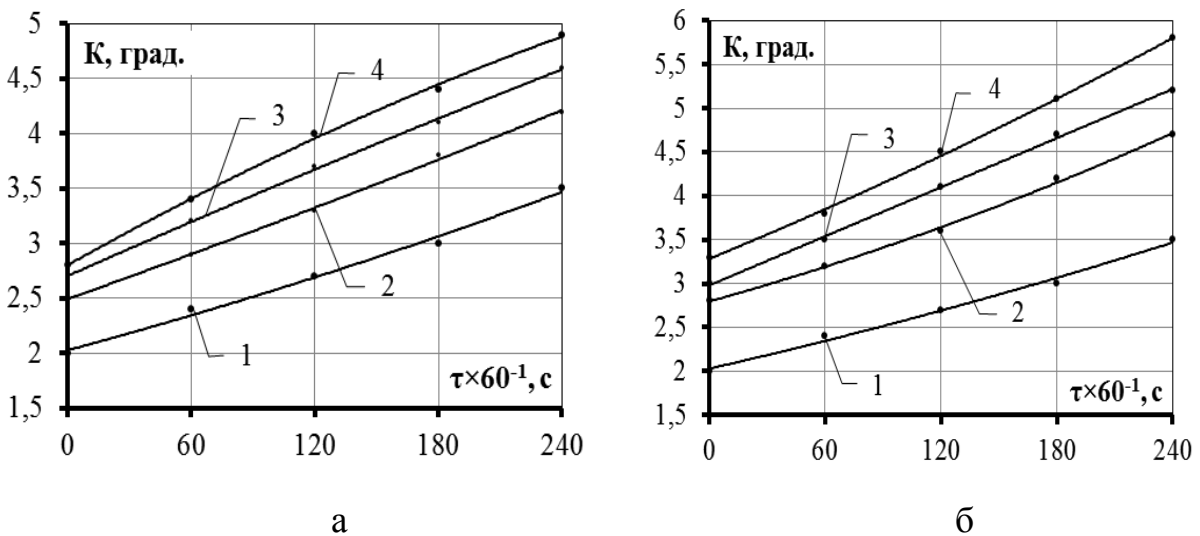


Рисунок 3.10 – Зміна титрованої кислотності у зразках тіста з ШЗВ (а) та ЖЗК (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Як видно з представлених даних, початкова кислотність тіста за додавання 10,0...20,0% ШЗВ та ЖЗК від маси борошна підвищується на 0,5...0,8 та 0,8...1,3 град відповідно, що, очевидно, зумовлено високим значенням кислотності самих дослідних добавок.

Через 4×60^2 с бродіння титрована кислотність контрольного зразка підвищується на 1,5 град, для зразків тіста з ШЗВ та ЖЗК – на 1,7...2,1 та 1,9...2,5 град відповідно, що більше контрольного зразка для тіста з ШЗВ на 13,3...40,0%, з ЖЗК – на 26,6...66,7%. За умови скорочення тривалості дозрівання тіста з ШЗВ і ЖЗК на 10...20 і (10...30) $\times 60$ с титрована кислотність буде становити 3,7...4,3 і 4,0...4,7 град відповідно.

Як свідчать дані експериментальних досліджень (рис. 3.11), показники активної кислотності протягом усього терміну бродіння для

дослідних зразків тіста з ШЗВ та ЖЗК залишаються нижчими, ніж у контрольному і складають 0,3...0,35 та 0,32...0,39 од. відповідно проти 0,28 од. у контрольного зразка.

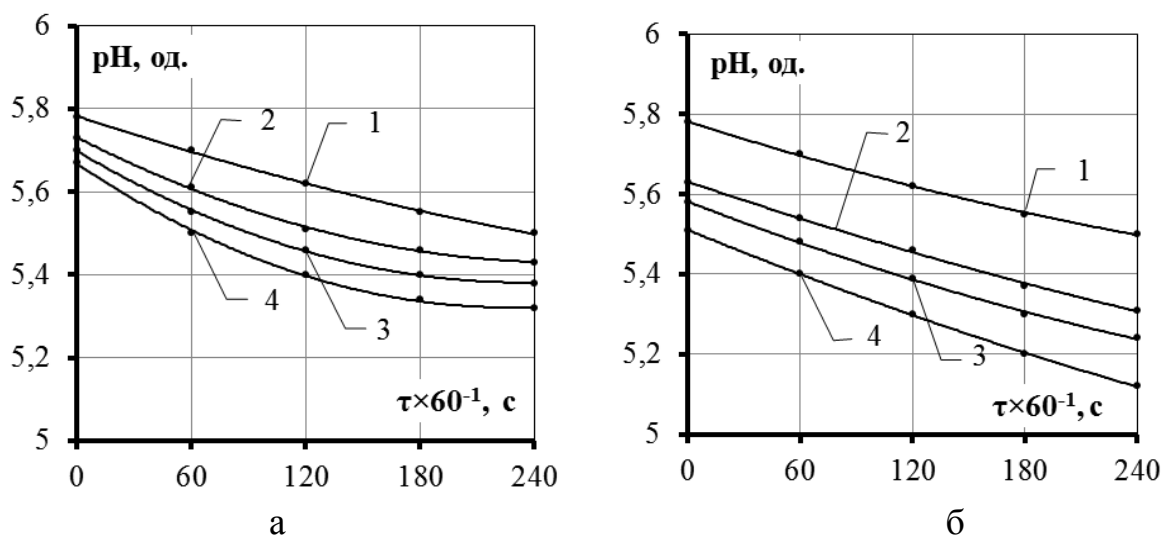


Рисунок 3.11 – Зміна активної кислотності в зразках тіста з ШЗВ (а) та ЖЗК (б): 1 – без добавок (контроль); 2, 3, 4 – з додаванням 10,0; 15,0 і 20,0% добавок відповідно

Інтенсифікація кислотонакопичення в тісті з добавками, на наш погляд, може бути пов'язана з активізацією молочнокислих бактерій в присутності дослідних добавок, що і було підтверджено експериментально (рис. 3.12).

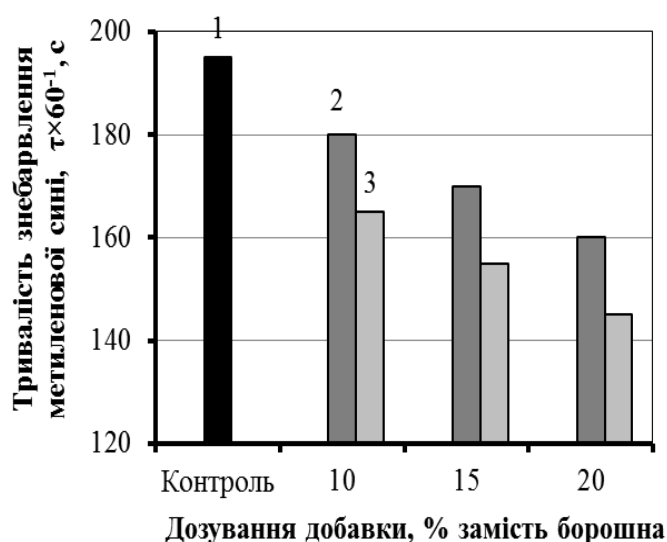


Рисунок 3.12 – Зміна активності молочнокислих бактерій в тісті: 1 – без добавок (контроль); з додаванням: 2 – шроту зародків вівса, 3 – жмиху зародків кукурудзи

Дійсно, результати дослідження активності молочнокислих бактерій у тісті з ШЗВ і ЖЗК показали, що їх внесення сприяє швидшому знебарвленню метиленового синього на $(15...30) \times 60$ та $(30...50) \times 60$ с порівняно з контрольним зразком, що говорить про більшу активність молочнокислих бактерій на 7,7...18,0 та 15,4...25,6% відповідно.

Таким чином, за використання ШЗВ та ЖЗК інтенсифікуються процеси дозрівання тіста за рахунок додаткового внесення з ними моно- та дицукридів, амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин, що є необхідними для активної життєдіяльності бродильної мікрофлори й може бути передумовою для скорочення процесу дозрівання тіста на $(10...20) \times 60$ і $(10...30) \times 60$ с відповідно.

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ

4.1. Удосконалення технології пшеничного хліба за безопарного і опарного способів приготування тіста

4.1.1. Визначення впливу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи на технологічні параметри та якість хліба за безопарного способу тістоприготування

Для удосконалення безпарного способу тістоприготування в якості прототипу була обрана технологія та рецептура хліба пшеничного з борошна першого гатунку [252]. Контрольний зразок тіста вологістю 44,0% піддавали дозріванню протягом 180×60 с за температури (29±1)°С.

Для приготування дослідних зразків тіста ШЗВ і ЖЗК вносили в сухому вигляді замість 10,0...20,0% борошна на стадії замішування тіста. Ураховуючи результати визначення водопоглинальної здатності добавок (розд. 2, рис. 2.2), а також зміни водопоглинальної здатності тіста за даними фаринограм (розд. 3, табл. 3.2), вологість тіста підвищували в разі використання ШЗВ – на 1,0...2,0%, ЖЗК – на 0,8...1,7% відносно контрольного зразка. На основі отриманих раніше результатів про прискорення мікробіологічних процесів у тісті з добавками (розд. 3, рис. 3.7, 3.10–3.12) тривалість дозрівання тіста з ШЗВ та ЖЗК було скорочено (табл. 4.1). Контрольні та дослідні зразки тіста піддавали обминанню через кожні 60×60 с, потім формували тістові заготовки, які піддавали вистоюванню і випікали на поду та у формах за температури (220±5)°С із зволоженням пекарної камери. Показники якості тіста з використанням ШЗВ і ЖЗК наведено в табл. 4.1.

Із представлених у таблиці даних видно, що за мірою збільшення дозування добавок підвищуються показники початкової і кінцевої титрованої кислотності тіста, його вологості, а також збільшується кількість виділеного діоксиду вуглецю, що було очікувано, враховуючи результати перебігу процесів дозрівання тіста з добавками (розд. 3).

Проте за рахунок зменшення в системі вмісту клейковинних білків, а також підвищення в'язкості тіста з добавками, особливо в разі додавання ШЗВ, тривалість вистоювання тістових заготовок подовжується на (4...10)×60 і (2...7)×60 с відповідно. Зменшення газоутримувальної здатності тіста призводить до зниження його об'єму на 8,0...19,0 і 5,2...14,3%.

Таблиця 4.1 – Параметри технологічного процесу і показники якості тіста з додаванням ШЗВ і ЖЗК безопарним способом

Показник	Характеристика показників якості тіста						
	Контрольний зразок (без добавки)	із заміною борошна на добавки, %					
		ШЗВ			ЖЗК		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Вологість, %	44,0±1,2	45,0±1,2	45,5±1,3	46,0±1,4	44,8±1,2	45,3±1,3	45,7±1,3
Кислотність, град. поч. кін.	2,0±0,1 3,3±0,1	2,5±0,1 3,8±0,2	2,6±0,1 4,0±0,2	2,7±0,1 4,3±0,2	2,8±0,1 4,1±0,2	2,9±0,1 4,5±0,2	3,2±0,1 4,9±0,2
Газоутворення, см ³ /100 г	784±24	898±26	939±29	929±29	930±28	964±30	952±28
Тривалість дозрівання, τ×60 ⁻¹ с	180±5	180±5	170±5	160±4	170±5	160±4	150±4
Збільшення об'єму тіста, %	210±8	193±7	182±6	170±6	199±7	190±6	180±6
Тривалість вистоювання тістових заготовок, τ×60 ⁻¹ с	35±1	39±1	42,0±1	45±1	37±1	39±1	42±1

У табл. 4.2 представлені результати дослідження показників якості хліба з використанням дослідних добавок. Встановлено, що показники вологості в дослідних зразків хліба дещо вищі, ніж у контрольного, що пов'язано як із більшою вологістю тіста з добавками, так і з меншими втратами ними вологи під час випікання та остигання хліба. Очікуваним є і підвищення титрованої кислотності хліба за мірою збільшення дозування ШЗВ і ЖЗК.

За внесення дослідних добавок спостерігається зниження показників пористості та питомого об'єму хліба, що є характерним в разі заміни пшеничного борошна на безклейковинну сировину з високим вмістом харчових волокон [171; 214]. Слід зазначити, що цей вплив є більш виражений за додавання шроту зародків вівса, що зумовлено особливостями формування структурно-механічних властивостей тіста у його присутності, визначеними нами раніше (табл. 3.2–3.4, рис. 3.2; 3.3).

Таблиця 4.2 – Показники якості готових виробів із додаванням ШЗВ і ЖЗК безопарним способом

Показник	Характеристика показників якості хліба						
	Контрольний зразок (без добавки)	із заміною борошна на добавки, %					
		ШЗВ			ЖЗК		
		10,0	15,0	20,0	10,0	15,0	20,0
Фізико-хімічні показники якості хліба							
Вологість, %	43,0±1,2	44,2±1,3	44,7±1,3	45,3±1,5	43,9±1,2	44,5±1,3	44,9±1,3
Кислотність, град	2,8±0,1	3,2±0,1	3,5±0,1	3,8±0,2	3,6±0,2	3,9±0,2	4,4±0,2
Пористість, %	73,0±1,0	70,0±1,0	66,0±1,0	62,0±1,0	71,0±1,0	68,0±1,0	64,0±1,0
Питомий об'єм, см ³ /г	3,0±0,1	2,9±0,1	2,6±0,1	2,3±0,1	3,0±0,1	2,8±0,1	2,5±0,1
Формостійкість, Н/D	0,44±0,01	0,46±0,01	0,47±0,01	0,48±0,01	0,45±0,01	0,46±0,01	0,47±0,01
Органолептичні показники якості хліба							
Форма, стан поверхні	Правильна, рівна, гладка, без підривів та тріщин						
Колір скоринки	Світло-коричневий	Світло-жовтий, блідий			Світло-коричневий		Коричневий
Колір м'якушки	Білий	Світло-сірий	Сірий		Білий з жовтуватим відтінком	Білий з жовтим відтінком	Світло-жовтий
Стан м'якушки	Еластична, однорідна, пористість добре розвинена	Менш еластична, однорідна, пористість добре розвинена	Нееластична, однорідна, розвинена пористість	Нееластична, однорідна, з менш розвинутою пористістю	Еластична, однорідна, добре розвинена пористість	Менш еластична, однорідна, розвинена пористість	
Смак і запах	Без стороннього присмаку і запаху	Без стороннього присмаку і запаху	Легкий приємний вівсяний при смак і запах	Виражений приємний вівсяний присмак і запах	Легкий приємний кукурудзяний присмак і запах		Виражений приємний кукурудзяний присмак і запах

За додавання 10,0% обох добавок показники пористості та питомого об'єму хліба змінюються найменшою мірою, а у дослідних зразках з 15,0% ШЗВ і ЖЗК ці показники зменшуються на 9,6 і 13,3% та 6,8 і 6,7% порівняно із контрольним зразком відповідно. Найбільш суттєво їх погіршення помітне у разі заміни борошна на 20,0% добавок. Так, пористість хліба з ШЗВ і ЖЗК знижується на 15,1 і 12,3%, а питомий об'єм – на 23,3% і 16,7% відповідно.

Слід відмітити, що додавання ШЗВ і ЖЗК у всьому дослідному інтервалі сприяє покращенню формостійкості хліба, що на наш погляд, пов'язано з підвищенням пружності та в'язкості тіста з добавками (табл. 3.3, рис. 3.2, 3.3).

Результати органолептичної оцінки якості хліба з досліджуваними продуктами (табл. 4.2) свідчать, що внесення ШЗВ призводить до появи легкого приємного присмаку і запаху вівсяного борошна, зниження інтенсивності забарвлення скоринки хліба, що пов'язане із менш інтенсивним накопиченням редуруючих речовин у тісті з цією добавкою. Крім того спостерігається затемнення кольору м'якушки хліба, що зумовлено окисненням, порівняно із пшеничним борошном і ЖЗК, вищим вмістом тирозину і фенілаланіну, які під дією ферменту поліфенолоксидази пшеничного борошна окислюються до темнозабарвлених сполук меланінів. Тому для виробів із ШЗВ необхідно передбачити технологічні прийоми, що забезпечать яскравий колір скоринки і приємний колір м'якушки, а також покращать її фізико-хімічні показники якості.

Вироби з ЖЗК характеризуються яскравим кольором скоринки, що за мірою дозування добавки змінюється від світло-коричневого до коричневого, а також приємним кукурудзяним присмаком і запахом. Колір м'якушки хліба з ЖЗК змінюється від білого із жовтуватим відтінком до світло-жовтого, що, ймовірно, пов'язано із наявністю в добавці β -каротину.

Таким чином, для безопарного способу тістоприготування додавання більше 15,0% добавок є недоцільним, оскільки призводить до погіршення стану м'якушки хліба, показників його пористості та питомого об'єму. Для підвищення якості хліба з 20,0% дослідних добавок нами рекомендовано використовувати опарний спосіб.

4.1.2. Визначення впливу дослідних добавок на технологічні параметри та якість хліба за опарного способу тістоприготування

З метою встановлення впливу дослідних добавок на показники якості хліба за опарного способу виробництва тісто готували на традиційній опарі вологістю 45,0% із внесенням до неї частини борошна

і води, а також всієї кількості дріжджів. Для зменшення негативного впливу добавок на структурно-механічні характеристики тіста добавки вносили на етапі приготування тіста.

Тривалість дозрівання опари становила 180×60 с, тіста без добавок – 60×60 с. За результатами досліджень, що були проведені раніше, враховуючи максимальний ефект пришвидшення процесу газоутворення, у разі використання 20,0% ШЗВ тривалість дозрівання тіста становила 40×60 с, ЖЗК – 30×60 с. Тривалість вистоювання зразків з ШЗВ і ЖЗК була подовжена відносно контрольного зразка на 10×60 і 7×60 с відповідно. Формування та випікання здійснювали за тих же параметрів, що і за безопарного способу. Результати визначення показників якості тіста та хліба представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри технологічного процесу та показники якості тіста і хліба з додаванням ШЗВ і ЖЗК опарним способом

Показник	Характеристика показників тіста та хліба		
	без добавки (контрольний зразок)	із заміною 20,0% борошна на добавки	
		ШЗВ	ЖЗК
Показники якості тіста			
Вологість, %	44,0±1,2	46,0±1,4	45,7±1,3
Кислотність, град поч. кін.	2,6±0,1	3,0±0,1	3,5±0,1
	3,4±0,1	3,9±0,1	4,5±0,2
Тривалість вистоювання тістових заготовок, τ×60 ⁻¹ с	30,0±1,0	40,0±1,0	37,0±1,0
Фізико-хімічні показники якості хліба			
Вологість, %	42,9±1,1	45,2±1,4	44,8±1,4
Кислотність, град	3,0±0,1	3,5±0,1	4,0±0,2
Пористість, %	77,0±1,0	69,0±1,0	72,0±1,0
Питомий об'єм, см ³ /г	3,3±0,1	2,7±0,1	3,0±0,1
Формостійкість, Н/D	0,45±0,01	0,47±0,01	0,49±0,01
Органолептичні показники якості хліба			
Форма, стан поверхні	Правильна, рівна, гладка, без підривів та тріщин		
Колір скоринки	Світло-коричневий	Світло-жовтий, блідий	Коричневий
Колір м'якушки	Білий	Сірий	Світло-жовтий
Стан м'якушки	Еластична однорідна, з добре розвиненою пористістю	Менш еластична, однорідна, з менш розвиненою пористістю	Еластична, однорідна, розвинена пористість
Смак і запах	Без стороннього присмаку і запаху	Виражений приємний присмак і запах добавки	

Під час оцінки фізико-хімічних показників якості виробів із добавками встановлено, що порівняно з контрольним зразком вони мали вищу вологість та титровану кислотність. Показники пористості та питомого об'єму дослідних зразків хліба були очікувано меншими, ніж у контрольного зразка, проте перевищували ці показники хліба, виготовленого безопарним способом. Так, застосування опарного способу виробництва хліба за додавання 20,0% ЖЗК дозволило збільшити показники пористості на 13,0%, а питомого об'єму – 20,0% відповідно. Покращуючий ефект у виробі з ШЗВ був менш помітний – пористість і питомий об'єм хліба з 20,0% ШЗВ підвищилися на 11,0 і 17,0% відповідно.

Результати визначення органолептичних показників якості дослідних виробів показали, що вони мали правильну форму без підривів та тріщин, скоринка виробів із ЖЗК була коричневою, а з ШЗВ – такою ж блідою, як і за безопарного способу виробництва (табл. 4.2).

М'якушка хліба ЖЗК була еластичною з добре розвиненою однорідною пористістю. Вироби з ШЗВ порівняно із контрольним зразком характеризувалися менш еластичною м'якушкою і менш розвиненою пористістю, проте їх органолептичні показники були вищими, ніж ті, що отримані за безопарного способу тістоприготування (табл. 4.2).

Отже, з метою забезпечення високої якості хліба з додаванням шроту зародків вівса як для опарного, так і безопарного способів виготовлення, необхідно передбачити технологічні заходи, що забезпечать більш інтенсивне забарвлення скоринки, маскування непривабливого кольору м'якушки хліба та сприятимуть покращенню її структурно-механічних характеристик.

4.1.3. Оптимізація технологічних параметрів та рецептурного складу хліба з використанням шроту зародків вівса

З літературних джерел і практики хлібопечення відомо, що для корегування забарвленості виробів рекомендується використовувати ферментований солод або темні солодові екстракти в кількості 3,0...7,0% від маси борошна [15; 137; 253; 254]. Нами з метою покращення кольору скоринки та м'якушки виробів із ШЗВ як для безопарного, так і опарного способів пропонується застосовувати під час замішування тіста концентрат квасного суслу (ККС), який відноситься до темних екстрактів і виготовлений шляхом екстрагування суміші житнього, ячмінного солоду і житнього хлібопекарського борошна водою. У його хімічному складі переважають легкозброджувальні цукри (розд. 2, табл. 2.3), що разом із збільшенням інтенсивності забарвлення виробів сприятиме

покращенню їх фізико-хімічних характеристик за рахунок підвищення газоутворювальної здатності тіста.

Відомим технологічним заходом для покращення структурно-механічних властивостей хліба є внесення в тісто 2,0–3,0% соняшникової олії, що дозволяє підвищити його пластичність, знизити пружність, покращуючи тим самим об'єм, структуру пористості виробів тощо [255].

Важливим аспектом під час застосування цукру й жиру в технології хліба є регулювання вологості тіста, оскільки їх дегідратуюча дія на борошняну систему є причиною збільшення в ній вільної вологи і, як наслідок, погіршення структурно-механічних властивостей [15; 16].

Для встановлення рецептурних дозувань ККС і соняшникової олії та визначення необхідної вологості тіста зі шротом зародків вівса для опарного та безопарного способів виробництва було використано математичний метод планування повного факторного експерименту ПФЕ 2^3 та метод оптимізації «крутого сходження» Бокса-Уілсона. За критерій оптимізації було обрано показник питомого об'єму хліба (V , $\text{см}^3/\text{г}$), а за оптимізувальні фактори – кількість ККС (X_1 , %) та олії соняшникової (X_2 , %), а також вологість тіста (X_3 , %). Дозування ШЗВ складало для безопарного та опарного способів виробництва 15,0 і 20,0% замість борошна. Нижні та верхні рівні факторів варіювання для безопарного й опарного способів приготування тіста наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Рівні чинників та інтервали варіювання

Рівень чинника	Значення факторів варіювання		
	Дозування соняшникової олії, % (X_1)	Дозування ККС, % (X_2)	Вологість тіста, % (X_3)
Нульовий рівень	2	5	45,0
Інтервал варіювання	1	2	1,0
Нижній рівень	1	3	44,0
Верхній рівень	3	7	46,0

Задачею оптимізації було визначення таких значень факторів, за яких буде спостерігатися максимальний показник питомого об'єму хліба.

Реалізація експерименту за обраним планом, розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії та математична обробка даних за допомогою стандартного програмного пакета MathCad дозволили отримати адекватні реальному технологічному процесу регресійні залежності параметра оптимізації від керуючих факторів:

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) = 2,77 + 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 + 6,3 \cdot 10^{-2} \cdot X_2^2 + 11,3 \cdot 10^{-2} \cdot X_3 + 2,2 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 X_2 + 1,6 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 X_2 X_3 + 3,1 \cdot 10^{-2} \cdot X_2 X_3 + 7,2 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 X_3, \quad (4.1)$$

де Y_1 – питомий об’єм хліба з використанням 15,0% ШЗВ, виготовленого безопарним способом;

$$Y_2(X_1, X_2, X_3) = 2,96 + 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 + 4,4 \cdot 10^{-2} \cdot X_2 + 9,8 \cdot 10^{-2} \cdot X_3 + 3,1 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 X_2 + 1,1 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 X_2 X_3 + 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot X_2 X_3 + 7,7 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 X_3, \quad (4.2)$$

де Y_2 – питомий об’єм хліба з використанням 20,0% ШЗВ, виготовленого опарним способом.

Отримані математичні моделі були використані для оптимізації обраних параметрів за методом «крутого сходження» Бокса-Уілсона.

Результати оптимізації представлені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати оптимізації рецептурного складу та вологості хліба з використанням шроту зародків вівса

Спосіб приготування тіста	Фактори варіювання		
	Дозування олії соняшникової, % (X_1)	Дозування ККС, % (X_2)	Вологість тіста, % (X_3)
Безопарний	2,0	4,7	44,7
Опарний	2,2	4,6	45,0

Результати досліджень органолептичних і фізико-хімічних показників якості хліба, виготовленого з використанням отриманих результатів оптимізації, підтвердили доцільність застосування обраних технологічних заходів для підвищення якості хліба з додаванням шроту зародків вівса (табл. 4.6).

Як свідчать дані таблиці 4.6, внесення концентрату квасного суслу сприяє тому, що скоринка і м’якушка дослідних зразків хліба інтенсивно забарвлюються в привабливий коричневий колір, крім того, вироби набувають приємного солодового смаку й аромату.

До того ж, внесення олії соняшникової сприяє покращенню еластичності м’якушки. Фізико-хімічні показники якості розроблених виробів із застосуванням ККС і олії також покращуються. Так, пористість хліба зростає на 9,1 і 6,0%, питомий об’єм – на 15,4 і 14,8% відповідно порівняно з виробами без цих рецептурних інгредієнтів.

Таблиця 4.6 – Показники якості тіста і хліба зі шротом зародків вівса за додавання концентрату квасного сусла та олії соняшникової

Показник	Спосіб приготування тіста	
	безопарний (з 15,0% ШЗВ)	опарний (з 20,0% ШЗВ)
Показники якості тіста		
Вологість, %	44,7±1,3	45,0±1,3
Кислотність, град. поч.	2,8±0,1	3,1±0,1
кін.	4,3±0,2	4,0±0,2
Тривалість вистоювання тістових заготовок, $\tau \times 60^{\square 1}$ с	37,0±1,0	38,0±1,0
Фізико-хімічні показники якості хліба		
Вологість, %	43,9±1,2	44,3±1,2
Кислотність, град	3,7±0,1	3,8±0,1
Пористість, %	72,0±1,0	73,0±1,0
Питомий об'єм, $\text{см}^3/\text{г}$	3,0±0,1	3,1±0,1
Органолептичні показники якості хліба		
Форма, стан поверхні	Правильна форма, з випуклою верхньою скоринкою без підривів та тріщин	
Колір скоринки	Коричневий	
Колір м'якушки	Коричневий	
Стан м'якушки	Еластична, однорідна, з розвиненою пористістю	
Смак і запах	З легким приємним солодовим смаком і запахом	

Отже, використання концентрату квасного сусла та соняшникової олії у оптимальних дозуваннях є ефективних шляхом корекції якості хліба з додаванням шроту зародків вівса за безопарного та опарного способів тістоприготування.

4.2. Розробка рецептур і технологічних схем виробництва хліба з використанням шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи

На основі результатів комплексу експериментальних досліджень нами вдосконалено технологію та розроблено асортимент хліба, що буде виготовлятися безопарним та опарним способом із додаванням дослідних добавок.

Удосконалена технологія хліба відрізняється від традиційної й передбачає такі особливості:

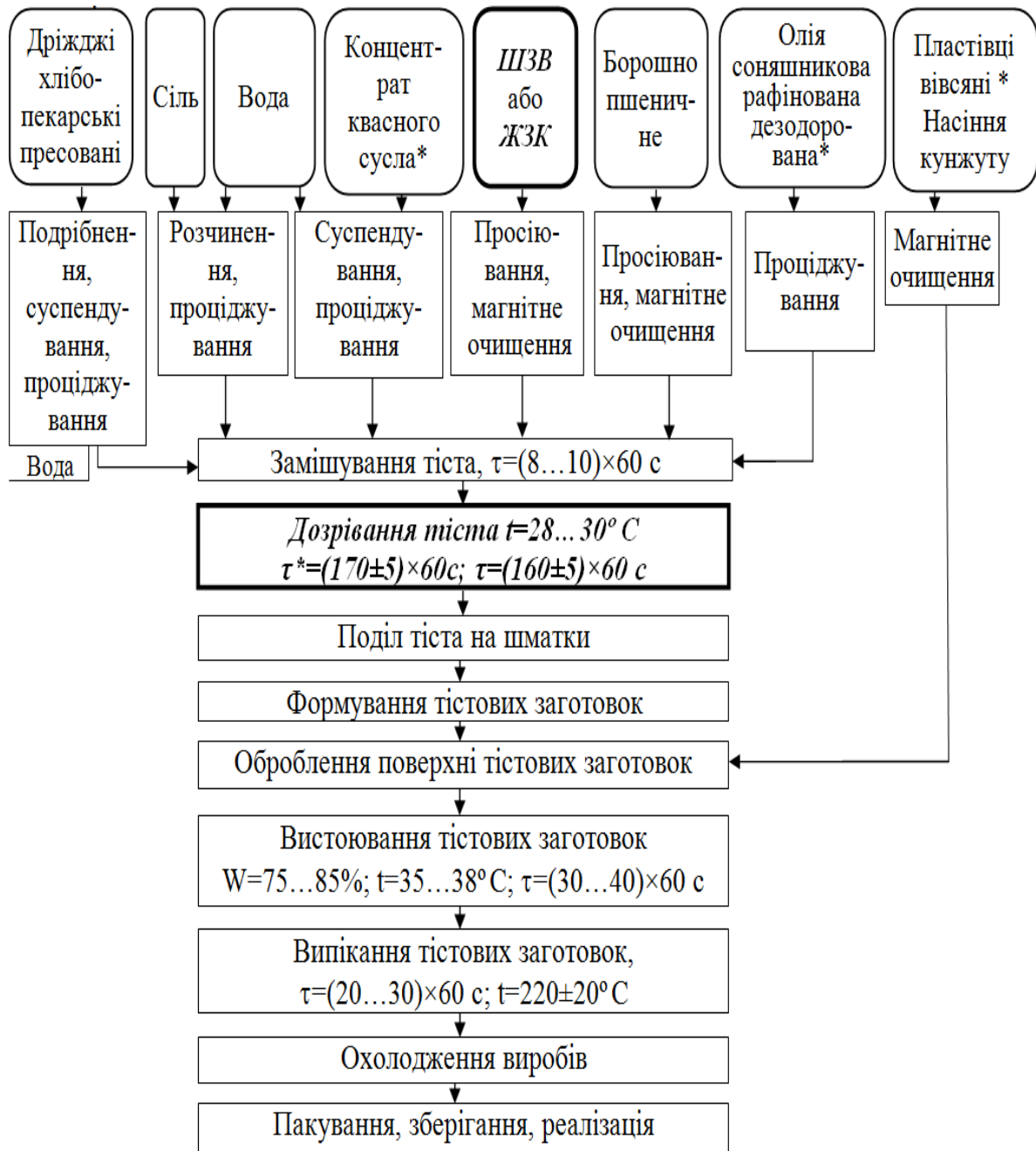
- внесення дослідних добавок на стадії замішування тіста у сухому вигляді разом із пшеничним борошном;
- підвищення вологості тіста;
- необхідність застосування олії соняшникової та концентрату квасного суслу для виготовлення хліба з ШЗВ;
- скорочення тривалості дозрівання тіста;
- підвищення тривалості вистоювання тістових заготовок.

За безопарним способом із заміною борошна на 15,0% добавок пропонується виготовляти хлібець «До сніданку» з ШЗВ і хліб «Корнет» із ЖЗК, а за опарним із 20,0% добавок – хліб «Вівсяний» і «Кукурудзяний». Рецептури нової продукції представлені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Рецептури хліба із ШЗВ і ЖЗК за різними способами тістоприготування

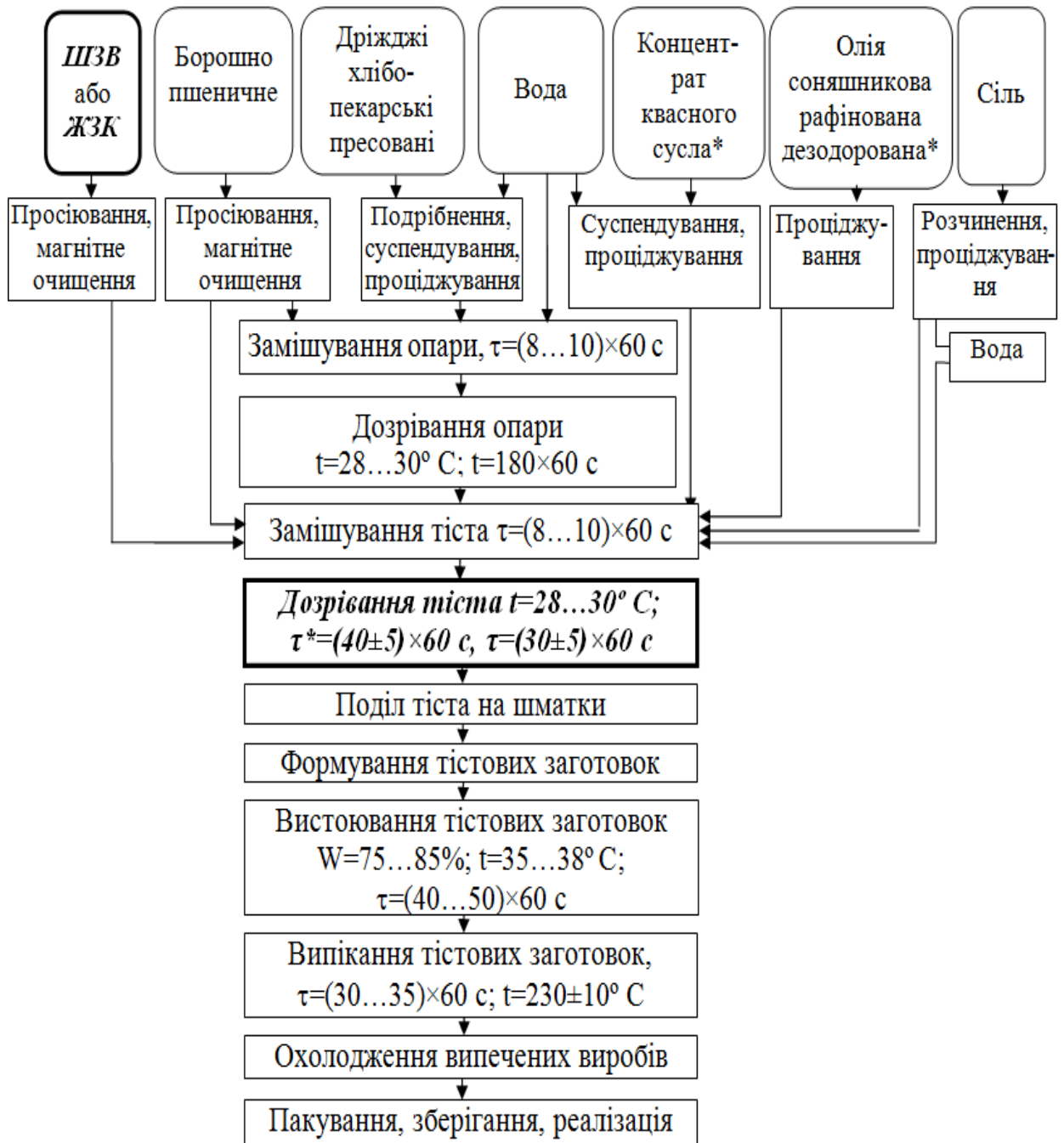
Сировина	Витрати сировини, кг					
	Безопарний спосіб			Опарний спосіб		
	Хліб без добавки (контроль)	Хлібець «До сніданку»	Хліб «Корнет»	Хліб без добавки (контроль)	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Кукурудзяний»
Борошно пшеничне хлібопекарське І гатунку	100,0	85,0	85,0	100,0	80,0	80,0
Шрот зародків вівса	–	15,0	–	–	20,0	–
Жмих зародків кукурудзи	–	–	15,0	–	–	20,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані	2,5	2,5	2,5	1,0	1,0	1,0
Концентрат квасного сусла	–	4,7	–	–	4,6	–
Олія соняшникова рафінована дезодорована	–	2,0	–	–	2,2	–
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Пластівці вівсяні	–	1,0	–	–	1,0	–
Насіння кунжуту	–	–	1,0	–	–	–
РАЗОМ	103,3	111,2	104,3	102,3	110,0	102,3

Технологічні схеми виробництва розроблених виробів наведені на рисунках 4.1 і 4.2.



* для виробів із ШЗВ.

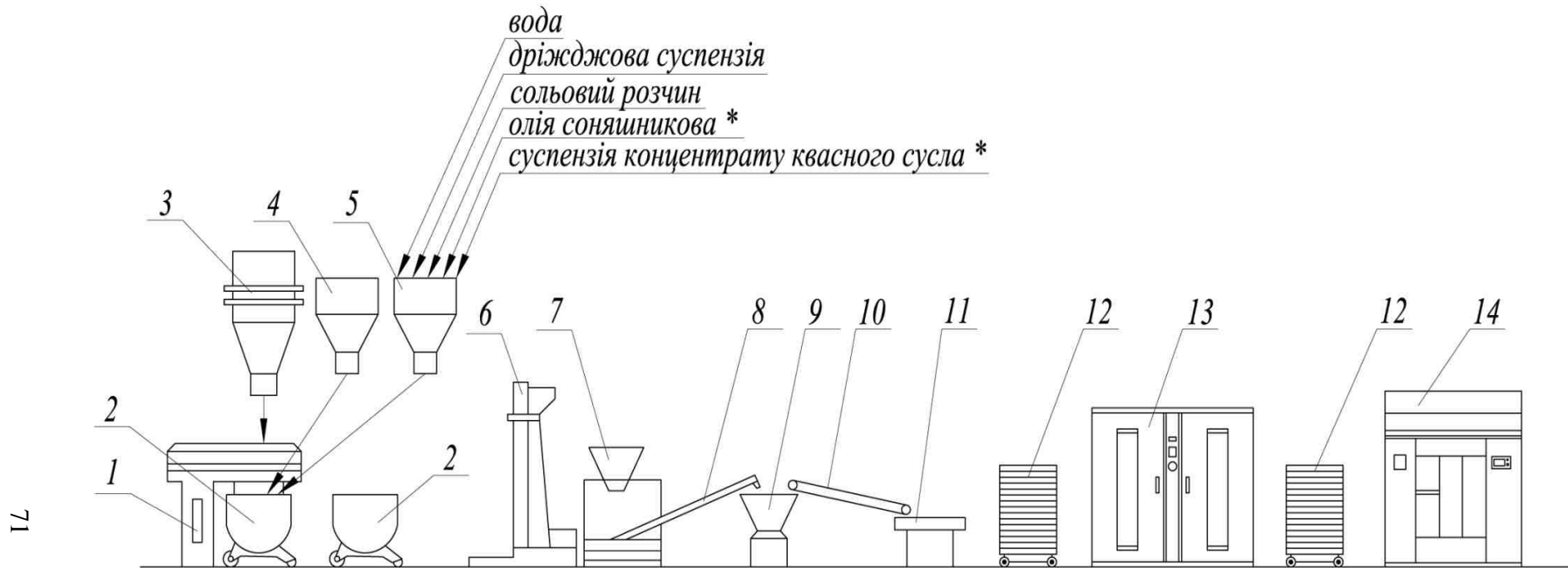
Рисунок 4.1 – Технологічна схема виробництва хлібця «До сніданку» з додаванням шроту зародків вівса та хліба «Корнет» із додаванням жмиху зародків кукурудзи безопарним способом



* для виробів із ШЗВ.

Рисунок 4.2 – Технологічна схема виробництва опарним способом хліба «Вівсяний» із додаванням шроту зародків вівса (ШЗВ) і хліба «Кукурудзяний» із додаванням жмиху зародків кукурудзи (ЖЗК)

На рис. 4.3 наведена апаратурно-технологічна схема виробництва хліба з ШЗВ і ЖЗК безопарним способом.



* для виробів із використанням ШЗВ.

Рисунок 4.3 – Апаратурно-технологічна схема виробництва пшеничного хліба з ШЗВ і ЖЗК безопарним способом:
1 – тістомісильна машина; 2 – діжі; 3 – автоборошномір; 4 – дозатор ШЗВ або ЖЗК; 5 – дозатор рідких компонентів;
6 – діжеперекидач; 7 – тістоподільник; 8 – транспортер; 9 – тістоокруглювач; 10 – транспортер проміжний; 11 – стіл
для оброблення тіста; 12 – контейнери; 13 – шафа остаточного вистоювання; 14 – хлібопекарська ротаційна піч

Розроблені вироби запропоновано виготовляти формовими масою для хлібця «До сніданку» 0,3 кг, а для інших – 0,45 кг. Внаслідок високого вмісту в ШЗВ та ЖЗК високогідрофільних некрохмальних полісахаридів вихід розроблених виробів становив для хлібця «До сніданку» 146,0%, хліба «Корнет» – 145,0%, «Вівсяного» – 148,0%, «Кукурудзяного» – 147,0%, тоді як вихід виробів без добавки – 136,0%.

На хлібець «До сніданку» і хліб «Корнет» у об'єднанні підприємств хлібопекарської галузі України «Укрхлібпром» затверджений пакет нормативної документації: рецептури РЦУ 00389676.6267:2014 і РЦУ 00389676.6266:2014, а також технологічні інструкції ТІУ 00389676.6267:2014 і ТІУ 00389676.6266:2014 відповідно.

Розроблені вироби були представлені на виробничих дегустаціях, на засіданні експертно-дегустаційної комісії ХДУХТ, а також на виставках наукових досягнень, де здобули схвальні відгуки.

Нові технічні рішення захищені патентами України на корисну модель, пройшли виробничі відпрацювання та впроваджені на хлібопекарських підприємствах м. Харкова та Харківської обл., а також у навчальний процес ХДУХТ під час викладання дисципліни «Технологія хлібобулочних та кондитерських продуктів функціонального призначення».

РОЗДІЛ 5

СПОЖИВЧА ЦІННІСТЬ ХЛІБА З ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА КУКУРУДЗИ

5.1. Харчова, біологічна та енергетична цінність хліба зі шротом зародків вівса та жмихом зародків кукурудзи

Харчова, біологічна та енергетична цінність виробів є однією із важливих складових їх споживчої цінності. Під час дослідження хімічного складу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи (розд. 2, табл. 2.1–2.4) було встановлено, що вони характеризуються високим вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних і дубильних речовин, а також білків із високою біологічною цінністю, що дає змогу прогнозувати підвищення харчової та біологічної цінності хліба з добавками.

Для оцінки міри забезпечення добової потреби людини (І група інтенсивності праці, жінки, вік 30–39 років) у важливих фізіологічно функціональних інгредієнтах визначали інтегральний скор дослідних виробів за умови вживання денної норми хліба – 277 г [256]. Біологічну цінність білків хліба з добавками визначали за скором незамінних амінокислот. Енергетичну цінність хліба розраховували, виходячи з його хімічного складу.

У табл. 5.1 наведені результати розрахунку хімічного складу виробів на 100 г хліба, а в табл. 5.2 – дані про покриття добової потреби організму людини в основних фізіологічно функціональних інгредієнтах за умови вживання денної норми виробів.

З представлених у табл. 5.1 і 5.2 даних видно, що внесення 15,0 і 20,0% добавок від маси борошна до рецептури хліба дозволяє підвищити в ньому вміст білків за внесення ШЗВ – на 11,0 і 13,7%, ЖЗК – на 6,8 і 8,2%, при цьому забезпечити добову потребу організму людини в білку на 43,1 і 44,2% та на 41,6 і 42,3% відповідно. Оскільки в разі використання ШЗВ у рецептуру хліба вноситься олія соняшникова, вміст жиру у виробі «Вівсяний» і «До сніданку» у 2,5 і 2,8 рази вищий, ніж у контрольному зразку. За рахунок наявності жиру в жмиху зародків кукурудзи цей показник у розроблених виробі із його додаванням підвищується в 1,6 і 1,8 рази порівняно з контрольним зразком. Загальний вміст вуглеводів у виробі із ШЗВ зменшується на 9,5 і 14,0%, з ЖЗК – на 13,4 і 18,2% відповідно.

Таблиця 5.1 – Харчова та енергетична цінність хліба з використанням ШЗВ і ЖЗК (у 100 г)

Складова	Вміст поживних і біологічно активних речовин у 100 г хліба, що виготовлений					
	безопарним способом			опарним способом		
	Хліб без добавки (контроль)	Хлібець «До сніданку» (з 15,0% ШЗВ)	Хліб «Корнет» (з 15,0% ЖЗК)	Хліб без добавки (контроль)	Хліб «Вівсяний» (з 20,0% ШЗВ)	Хліб «Кукурудзяний» (з 20,0% ЖЗК)
Білки, г	7,3±0,3	8,1±0,3	7,8±0,3	7,3±0,3	8,3±0,4	7,9±0,3
Жири, г	0,80±0,02	2,00±0,08	1,30±0,04	0,80±0,02	2,20±0,08	1,40±0,04
Вуглеводи, г	50,6±2,0	45,8±1,8	43,8±1,6	50,4±2,0	43,5±1,7	41,4±1,4
Харчові волокна, г	2,5±0,1	4,4±0,1	4,3±0,1	2,5±0,1	5,0±0,2	4,9±0,1
Вітаміни, мг						
В ₁	0,110±0,004	0,140±0,004	0,150±0,006	0,110±0,003	0,150±0,005	0,170±0,005
Е	0,88±0,02	1,10±0,04	2,65±0,09	0,88±0,02	1,38±0,06	3,17±0,09
РР	1,37±0,05	1,42±0,05	1,59±0,05	1,38±0,05	1,44±0,06	1,64±0,06
Каротиноїди, мг	–	0,040±0,004	0,200±0,006	–	0,050±0,006	0,300±0,008
Низькомолекулярні фенольні сполуки (за рутином), мг/100 г	5,2±0,2	12,6±0,6	11,2±0,4	5,1±0,2	14,1±0,7	12,3±0,5
Дубильні речовини (за таніном), мг/100 г	1,7±0,1	23,5±1,1	18,1±0,9	1,7±0,1	44,0±1,8	23,1±1,1
Мінеральні речовини, мг:						
кальцій	13,2±0,6	16,4±0,6	18,5±0,7	13,2±0,6	17,2±0,6	20,1±0,9
магній	11,7±0,3	38,1±1,3	25,9±1,1	11,8±0,4	45,9±1,9	30,0±1,2
фосфор	63,1±2,1	70,6±2,8	93,3±3,7	63,2±2,1	72,5±3,0	101,8±4,0
залізо	0,90±0,02	2,20±0,08	2,10±0,08	0,90±0,02	2,60±0,10	2,40±0,10
Енергетична цінність, ккал	239,2±7,2	234,5±7,1	218,0±6,6	238,6±7,0	225,26±6,8	209,8±6,2

Таблиця 5.2 – Покриття добової потреби в поживних і біологічно активних речовинах за умови вживання 277 г хліба з використанням ШЗВ і ЖЗК

Складова	Добова потреба	Покриття добової потреби організму людини у поживних і біологічно активних речовинах (%) за вживання 277 г хліба, що виготовлений					
		безопарним способом			опарним способом		
		Хліб без добавки (контроль)	Хлібець «До сніданку» (з 15,0% ШЗВ)	Хліб «Корнет» (з 15,0% ЖЗК)	Хліб без добавки (контроль)	Хліб «Вівсяний» (з 20,0% ШЗВ)	Хліб «Кукурудзяний» (з 20,0% ЖЗК)
Білки, г	52,0	38,9±0,9	43,1±1,7	41,6±1,4	38,9±0,9	44,2±1,7	42,3±1,6
Жири, г	53,0	4,20±0,1	10,5±0,4	6,8±0,2	4,2±0,2	11,5±0,3	7,3±0,3
Вуглеводи, г	304,0	46,1±1,7	41,7±1,5	39,9±1,5	46,1±1,7	41,0±1,4	37,7±1,1
Харчові волокна, г	30,0	23,0±1,0	40,6±1,6	39,7±1,5	23,0±1,0	46,2±1,8	45,2±1,6
Вітаміни, мг							
В ₁	1,3	23,4±0,8	29,8±0,8	32,0±1,0	23,4±0,8	32,0±1,0	41,7±1,6
Е	15,0	16,3±0,5	20,3±0,7	48,9±1,5	16,3±0,5	25,5±1,1	58,5±1,9
РР	16,0	23,7±1,0	24,6±1,0	27,5±1,1	23,9±1,0	25,0±1,0	28,4±1,1
Каротиноїди, мг	5,0	–	2,2±0,1	11,1±0,3	–	2,8±0,3	16,6±0,4
Низькомолекулярні фенольні сполуки (за рутином), мг/100 г	25,0	57,6±2,0	140,0±5,0	124,1±4,7	57,6±2,0	156,2±6,2	136,3±5,1
Мінеральні речовини, мг:							
кальцій	1100,0	3,3±0,1	4,1±0,1	4,7±0,1	3,3±0,1	4,3±0,1	5,1±0,1
магній	350,0	9,3±0,3	30,2±1,2	20,5±0,7	9,3±0,3	36,3±1,3	23,7±0,7
фосфор	1200,0	14,6±0,4	16,3±0,6	21,5±0,7	14,6±0,4	16,7±0,5	23,5±0,9
залізо	17,0	14,3±0,5	35,8±1,2	34,2±1,0	14,7±0,5	42,4±1,4	39,1±1,3

Використання ШЗВ і ЖЗК у технології хліба дозволяє підвищити вміст у ньому харчових волокон у 1,8 і 2,0 та 1,7 і 1,9 разів, забезпечуючи при цьому добову потребу в цих речовинах на 40,6 і 46,2 та 39,7 і 45,2% відповідно, тоді як за вживання контрольного зразка – лише на 23,0%. Таким чином, у нових виробках міститься більше 3 г/100 г харчових волокон, що, згідно з рекомендаціями нутриціологів [9] дозволяє вважати їх джерелом цих фізіологічно функціональних інгредієнтів.

За вживання 277 г хлібця «До сніданку» і хліба «Вівсяний» добова потреба організму людини у вітаміні В₁ задовольняється на 29,8 і 32,0%, у вітамінах Е – на 20,3 і 25,5%, РР – на 24,6 і 25,0%. У денній нормі хліба «Корнет» та «Кукурудзяний» міститься 32,0 і 41,7% від добової норми вітаміну В₁, 48,9 і 58,5% вітаміну Е, а також 27,5 і 28,4% вітаміну РР. Слід відмітити, що в нових виробках значно покращується мінеральний склад, особливо за такими речовинами, як магній і залізо. Так, за умови вживання хліба з ШЗВ і ЖЗК добова потреба організму в магнії задовольняється на 30,2 і 36,3% та 20,5 і 23,7%, у залізі – на 35,8 і 42,4 та 34,2 і 39,1% відповідно. Слід зазначити, що у виробках із ЖЗК містяться каротиноїди у кількості 11,1 і 16,6% від добової потреби.

За рахунок внесення добавок у хлібі підвищується вміст фенольних сполук із антиоксидантною активністю, що вигідно відрізняє нові вироби від контрольних зразків. Так, у хлібці «До сніданку» і хлібі «Вівсяний» із ШЗВ міститься 12,6 і 14,1 мг/100 г низькомолекулярних фенольних сполук та 23,5 і 44,0 мг/100 г дубильних речовин, а у хлібі «Корнет» і «Кукурудзяний» з ЖЗК вміст низькомолекулярних фенольних сполук становить 11,2 і 12,3 мг/100 г, а дубильних речовин – 18,1 і 23,1 мг/100 г.

Важливою перевагою виробів із додаванням ЖЗК є зниження їх енергетичної цінності на 9,0 і 12,3%, що разом із високим вмістом харчових волокон у хлібі дозволяє включати його до раціонів харчування людей із порушеним обміном речовин, хворих на захворювання кишково-шлункового тракту, серцево-судинної системи, аліментарним ожирінням тощо.

Біологічна цінність хліба забезпечується білком, що міститься в ньому, тому вважали за необхідне дослідити біологічну цінність хліба з ШЗВ і ЖЗК за його амінокислотним скором (табл. 5.3).

Встановлено, що нові вироби порівняно з контрольним зразком характеризуються вищими амінокислотними скорями треоніну, метіоніну і цистину, фенілаланіну і тирозину. Проте у виробках дещо знижується амінокислотний скор за валіном та ізолейцином, а також лейцином у хлібі з ШЗВ. Хоча лімітованою амінокислотою в усіх розроблених виробках є лізин, його скор у хлібі з 15,0 і 20,0% ШЗВ і ЖЗК вищий, ніж у контрольних зразків на 27,0 і 31,8 та 20,8 і 26,7% відповідно, що свідчить про підвищення їх біологічної цінності.

Таблиця 5.3 – Біологічна цінність білка хліба з добавками

Аміно-кислота	Амінокислотний скор білка (%) хліба, що виготовлений					
	безопарним способом			опарним способом		
	Хліб без добавки (контр-оль)	Хлібець «До снідан-ку»	Хліб «Кор-нет»	Хліб без добавки (контр-оль)	Хліб «Вівся-ний»	Хліб «Куку-рудзя-ний»
Ізолейцин	120,6±3,8	105,1±3,1	107,4±3,3	120,3±3,5	102,6±3,1	103,8±3,0
Лейцин	111,8±3,6	109,5±3,1	114,0±3,4	111,8±3,6	107,7±3,3	114,5±3,7
Лізин	49,0±1,2	62,2±1,6	59,2±1,6	49,0±1,3	64,6±1,8	62,1±1,7
Цистін + метіонін	98,0±3,0	107,4±3,2	105,5±3,1	98,0±3,0	108,4±3,4	107,7±3,2
Фенілаланін+ тирозин	113,2±3,4	119,8±3,6	115,0±3,6	113,2±3,4	119,7±3,7	115,5±3,5
Треонін	70,7±2,1	77,1±2,1	78,8±2,4	70,7±2,1	77,7±2,3	81,1±2,3
Валін	94,0±4,0	90,3±2,7	90,0±3,6	94,0±4,0	88,4±2,9	88,7±2,7

Таким чином, хліб із дослідними добавками за вмістом харчових волокон, білка та незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних та антиоксидантних речовин можна вважати виробами підвищеної харчової та біологічної цінності. Їх можна рекомендувати для масового споживання, оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування.

5.2. Дослідження впливу дослідних добавок на перетравлюваність білків та вуглеводів хліба

Важливим показником споживчих властивостей хліба зокрема є ступінь його засвоюваності, проте відомо, що значна кількість харчових волокон може впливати на цей показник. Тому вважали за необхідне дослідити *in vitro* зміну ступеня перетравлюваності білків і вуглеводів хліба.

Інтенсивність гідролізу білків хліба визначали за кількістю накопичених вільних амінокислот, а перетравлюваність вуглеводів – за кількістю редуруючих речовин, що утворилися під час ферментолізу за участі відповідних ферментів шлунково-кишкового тракту. Результати досліджень наведені на рис. 5.1 та 5.2.

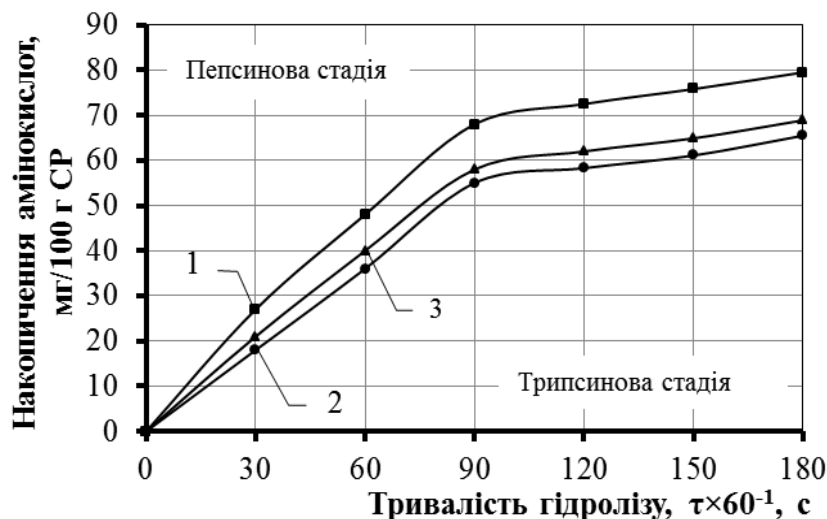


Рисунок 5.1 – Кількість накопичених вільних амінокислот під час гідролізу *in vitro* білків хліба: 1 – без добавок (контроль); 2 – «До сніданку» з ШЗВ; 3 – «Корнет» із ЖЗК

З наведених даних видно, що ступінь перетравлюваності білків для виробів із ШЗВ і ЖЗК відносно контрольного зразка знижується на пепсиновій стадії на 19,0 і 14,6%, на трипсиновій – на 8,7 і 5,2% відповідно.

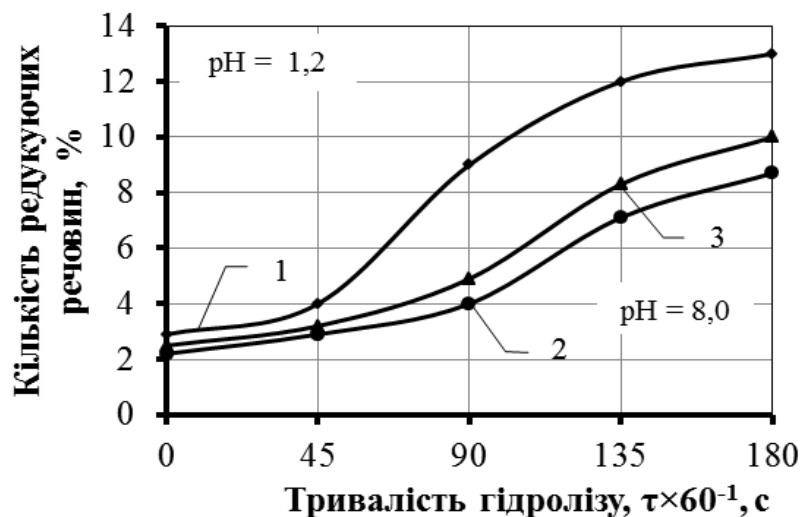


Рисунок 5.2 – Перетравлюваність *in vitro* вуглеводів хліба: 1 – без добавок (контроль); 2 – «До сніданку» з ШЗВ; 3 – «Корнет» із ЖЗК

Швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів у зразках хлібця «До сніданку» з ШЗВ і хліба «Корнет» з ЖЗК (рис. 5.2) також відбувається менш інтенсивно, ніж у хлібі без добавок. Кількість накопичених редуруючих речовин у дослідних зразках через 180×60 с експерименту була меншою в 1,5 і 1,3 рази відповідно.

Такий ефект може виникати під дією декількох чинників. Відомо, що харчові волокна, особливо розчинні, сприяють збільшенню в'язкості субстрату й обмеженню доступу до нього травних ферментів. Також дрібнодисперговані добавки внаслідок високих сорбційних властивостей можуть адсорбувати амілолітичні та протеолітичні ферменти, знижуючи таким чином інтенсивність ферментолізу в шлунково-кишковому тракті [238]. На наш погляд, дещо нижчий показник перетравлюваності дослідних речовин у хлібі з ШЗВ, ніж у виробих з ЖЗК, пов'язаний із більшим вмістом саме розчинних некрохмальних полісахаридів у цій добавці.

Отримані дані про зниження перетравлюваності білків і вуглеводів виробів із добавками узгоджуються з результатами досліджень інших науковців, що вивчали вплив сировини з високим вмістом харчових волокон на процес ферментолізу цих речовин [170; 171; 214].

Таким чином, у результаті вивчення процесів утилізації білка та вуглеводів хліба з дослідними добавками *in vitro* було встановлено тенденцію до зниження їх інтенсивності. Особливо це стосується перетравлюваності вуглеводів, що, на наш погляд, дозволить знизити вуглеводне навантаження на організм людини.

5.3. Дослідження впливу шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи на процеси черствіння хліба

Однією з важливих характеристик споживчих властивостей хліба є термін, протягом якого він зберігає свіжість. Відомо, що під час зберігання його якість погіршується в результаті процесів черствіння, зумовлених зміною стану крохмалю та білків, а також усихання за рахунок втрати виробами вологи.

Інтенсивність цих процесів значною мірою залежить від умов зберігання, технологічного режиму приготування, вологості виробів, виду пакування тощо. Проте не менш важливу роль у збереженості свіжості хліба відіграють хімічний склад та функціонально-технологічні властивості рецептурних компонентів [15]. Відомо, що внесення до рецептури хліба нетрадиційної сировини з високими показниками водопоглинальної та водоутримуючої здатності сприяє збільшенню кількості зв'язаної води в м'якушці хліба під час його зберігання і її меншій втраті, зменшенню швидкості черствіння виробів [15; 171; 214]. Оскільки запропонована нами технологія хліба передбачає внесення сировини з високим вмістом гідрофільних речовин і таких рецептурних компонентів, як олія соняшникова і концентрат квасного суслу (за внесення ШЗВ), що також можуть впливати на показники черствіння й усихання, вважали за необхідне дослідити їх вплив на процеси зберігання.

У цій серії експерименту визначали зміну стану води у виробках, а також структурно-механічних і гідрофільних властивостей м'якушки хліба під час його зберігання. Дослідження проводили після повного остигання виробів, а потім через кожні 24×60^2 с протягом 72×60^2 с. Вироби запаковували в полімерну поліетиленову плівку та зберігали за температури $18...20^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $65...75\%$. У табл. 5.4. представлені результати досліджень визначення зміни вологості виробів під час зберігання.

Таблиця 5.4 – Зміна вологості хліба під час зберігання

Термін зберігання, $\tau \times 60^{\square 2}$ с	Вологість хліба, %		
	хліб без добавки (контроль)	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»
3	$43,0 \pm 1,2$	$43,9 \pm 1,3$	$44,4 \pm 1,4$
24	$40,6 \pm 1,2$	$42,3 \pm 1,3$	$42,2 \pm 1,2$
48	$39,1 \pm 1,1$	$41,2 \pm 1,2$	$41,5 \pm 1,3$
72	$38,0 \pm 1,0$	$40,1 \pm 1,1$	$40,2 \pm 1,2$

Із наведених даних видно, що протягом всього експериментального періоду втрата вологи контрольним зразком хліба без добавок відбувається більш інтенсивно, ніж у дослідних зразках. За 72×60^2 с зберігання вологість контрольного зразка знизилася на 11,6%, а дослідних виробів із ШЗВ та ЖЗК – на 8,7 і 9,5% відповідно. Очевидно, що менша втрата вологи в хлібі з добавками пов'язана з високим вмістом у продуктах переробки зародків вівса та кукурудзи високогідрофільних речовин, а також із меншим показником упікання та усихання, що було підтверджено під час проведення виробничих випробувань.

Відомо, що черствіння хліба призводить до погіршення його структурно-механічних властивостей. М'якушка виробів втрачає еластичність та пружність, стає жорсткою, підвищується її кришкуватість, знижується здатність до набухання [15].

Результати дослідження змін структурно-механічних властивостей хліба з добавками протягом зберігання за показником стискуваності м'якушки наведені на рис. 5.3.

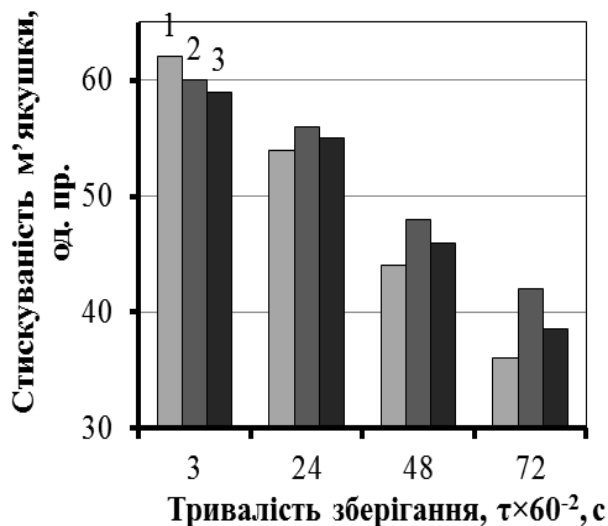


Рисунок 5.3 – Зміна структурно-механічних властивостей м'якушки під час зберігання хліба: 1 – без добавок (контроль); 2 – «До сніданку» з ШЗВ; 3 – «Корнет» із ЖЗК

Із представлених даних видно, що на початку експерименту величина цього показника в дослідних зразках дещо нижча, ніж у контрольному, що зумовлено зменшенням у них вмісту клейковинних білків за рахунок заміни борошна на безклейковинну сировину. Протягом експерименту показник стискуваності м'якушки у всіх зразках знижувався, але в дослідних це відбувалося меншою мірою, ніж у контрольному за рахунок більшої кількості в них зв'язаної вологи (табл. 5.4). Так, за весь період зберігання показник пенетрації м'якушки в контрольному зразку зменшився на 42,0%, тоді як у зразках хлібця «До сніданку» і хліба «Корнет» – на 30,0 і 35,0% відповідно. Більша стискуваність м'якушки хлібця «До сніданку», ніж хліба «Корнет», на наш погляд, пов'язана із внесенням у його рецептуру ККС і олії соняшникової, які здатні не тільки покращувати структурно-механічні властивості м'якушки, а й затримувати процеси черствіння [15; 257].

Така ж тенденція спостерігається і в зміні показника кришкуватості дослідних і контрольних зразків хліба (рис. 5.4а), який зростає менш інтенсивно в дослідних зразках.

Більша кришкуватість хліба «Корнет» порівняно із хлібцем «До сніданку», на наш погляд, пов'язана із вищою здатністю кукурудзяного крохмалю до ретроградації порівняно із вівсяним.

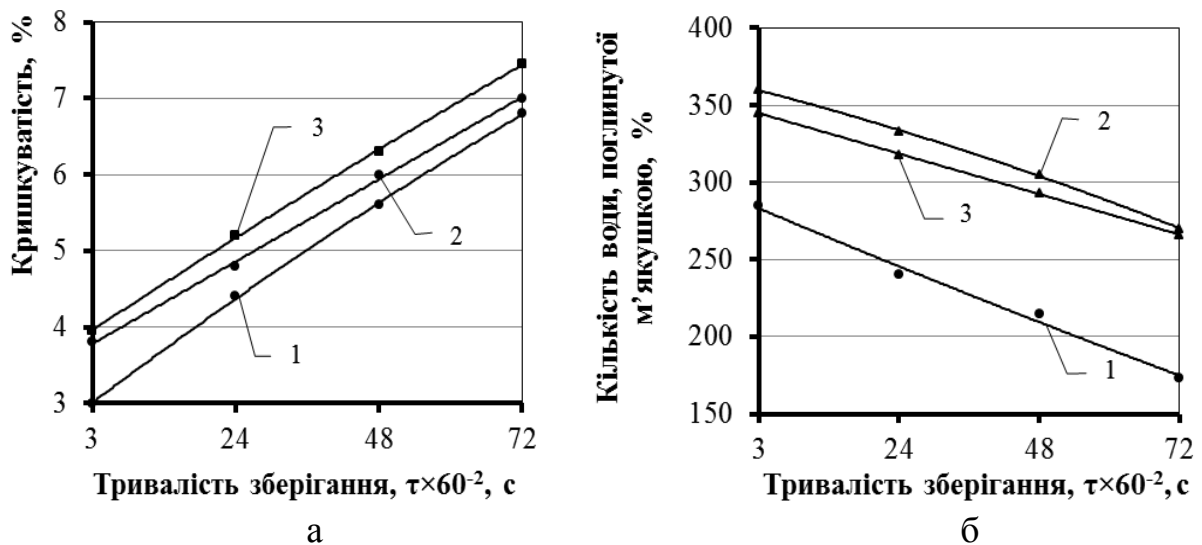


Рисунок 5.4 – Зміни кришкуватості (а) і гідрофільних властивостей (б) м'якушки під час зберігання хліба: 1 – без добавок (контроль); 2 – «До сніданку» з ШЗВ; 3 – «Корнет» із ЖЗК

Гідрофільні властивості м'якушки виробів (намочуваність) протягом всього терміну зберігання досліджували за зміною кількості поглинутої води (рис. 5.4б). Встановлено, що початковий показник намочуваності виробів із ШЗВ і ЖЗК на 26 і 21% вищий, ніж у контрольному зразку. Протягом усього експериментального періоду за рахунок меншої інтенсивності процесів черствіння цей показник у дослідних зразках хлібця «До сніданку» і хліба «Корнет» знижується на 20,0 і 25,0%, тоді як гідрофільні властивості в контрольного зразка – на 39,3%.

Мікробіологічні показники якості хліба з добавками через 72×60^2 с зберігання наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Мікробіологічні показники якості хлібця «До сніданку» і хліба «Корнет»

Найменування показників	Допустимі рівні за медичними вимогами [259]	Фактичний вміст у хлібі	
		«До сніданку»	«Корнет»
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КОЕ в 1г, не більше	$1,0 \times 10^3$	не більше 188	не більше 180
БГКП (коліформи), в 1,0 г	не допускається	не виявлено	не виявлено
Патогенних мікроорганізмів, у т.ч. Salmonella, в 25 г	не допускається	не виявлено	не виявлено
Наявність дріжджів і пліснявих грибів, КУО в 1г, не більше	$1,0 \times 10^2$	не більше 3	не більше 3

Встановлено, що в дослідних зразках хліба, що зберігався протягом встановленого періоду, кількість мезофільних аеробних і патогенних мікроорганізмів, пліснявих грибів та дріжджів знаходиться в межах допустимих норм, а факультативно-анаеробних мікроорганізмів і БГКП у них не виявлено.

Таким чином, використання шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи в технології хліба сприяє кращому збереженню його свіжості протягом зберігання.

5.4. Кваліметрична оцінка якості хліба з дослідними добавками

Для визначення інтегрального показника якості нових виробів згідно з принципами кваліметрії враховували значення комплексного показника якості, а також показника економічної ефективності від упродовження.

5.4.1. Розрахунок комплексного показника якості хліба зі шротом зародків вівса та жмихом зародків кукурудзи

З метою розрахунку комплексного показника якості хлібця «До сніданку» з ШЗВ і хліба «Корнет» із ЖЗК було побудоване «дерево властивостей», що включає в себе органолептичні, фізико-хімічні показники якості, харчову цінність виробів та показник економічної ефективності від їх упродовження.

Структура «дерева властивостей» складається з декількох рівнів. На нульовому знаходиться комплексний показник якості виробу (P_0). На першому рівні сукупність властивостей диференціюється за групами:

1) органолептичні характеристики (РА), до яких відносяться зовнішній вигляд і форма, стан м'якушки, колір скоринки, смак і запах виробу;

2) фізико-хімічні показники (РВ), до яких належать вологість, кислотність, пористість, питомий об'єм;

3) біологічна і харчова цінність (РС): вміст білка, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин (рис. 5.5), а також енергетична цінність.

Визначаємо необхідні показники якості для обраного кола властивостей через показник P_i .

ЯКІСТЬ ПРОДУКТУ	Комплексний показник P₀ (0,7)	Органолептичні показники РА (0,3)	Pa1	Зовнішній вигляд та форма	0,2
			Pa2	Стан м'якушки	0,2
			Pa3	Колір скоринки	0,2
			Pa4	Смак	0,2
			Pa5	Запах	0,2
		Фізико-хімічні показники РВ (0,3)	Pb1	Вологість	0,15
			Pb2	Кислотність	0,15
			Pb3	Пористість	0,35
			Pb4	Питомий об'єм	0,35
		Харчова, біологічна й енергетична цінність РС (0,4)	Pc1	Вміст білка	0,15
			Pc2	Вміст харчових волокон	0,25
			Pc3	Вміст вітаміну В ₁	0,1
			Pc4	Вміст вітаміну Е	0,1
			Pc5	Вміст вітаміну РР	0,1
			Pc6	Вміст заліза	0,1
			Pc7	Вміст магнію	0,1
			Pc8	Енергетична цінність	0,1
		Економічна ефективність (0,3)			

Рисунок 5.5 – «Дерево властивостей» для хліба зі шротом зародків вівса і жмихом зародків кукурудзи

Обчислення групового показника властивостей групи А здійснювали з використанням 50-бальної шкали оцінювання, а для груп В, С, брали значення, виміряні за допомогою стандартних методик із визначенням базового. Переведення отриманих абсолютних значень у відносні безрозмірні величини для органолептичних властивостей здійснено за відношенням до їх базових значень:

$$q = P_i / P_{\text{баз}}, \quad (5.1)$$

Для показників групи В та С за базовий брали максимальне значення того чи іншого показника (табл. 5.6). Визначення внутрішньогрупових та міжгрупових коефіцієнтів вагомості проводилося експертним методом.

Для розрахунку використовували таку формулу:

$$a_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad (5.2)$$

де a_i – середнє арифметичне значення коефіцієнта вагомості i -го показника якості;

n – число показників якості продукції;

N – число експертів;

a_{ij} – параметри вагомості i -го показника, дані j -м експертом.

Таблиця 5.6 – Базові показники для властивостей груп В та С

Група властивостей	Показник	Одиниця вимірювання	Значення базового показника
В	Pb ₁	%	44,7
	Pb ₂	град	4,0
	Pb ₃	%	73,0
	Pb ₄	см ³ /Г	3,0
С	Pc ₁	г/100 г	8,1
	Pc ₂	г/100 г	4,4
	Pc ₃	мг/100 г	0,15
	Pc ₄	мг/100 г	2,65
	Pc ₅	мг/100 г	1,59
	Pc ₆	мг/100 г	2,2
	Pc ₇	мг/100 г	38,1
	Pc ₈	ккал/100 г	218,0

Результати переведення абсолютних показників якості у відносні безрозмірні величини наведено в табл. 5.7.

Для цього використовували експертний метод, заснований на усередненій думці спеціалістів, оскільки визначення вагомості досліджуваних показників не можна підрахувати жодним із розрахункових шляхів [258]. Для розрахунку використовували таку формулу:

$$a_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (5.3)$$

де a_i – середнє арифметичне значення коефіцієнта вагомості i -го показника якості;

n – число показників якості продукції;

N – число експертів;

a_{ij} – параметри вагомості i -го показника, дані j -м експертом.

Експертною групою науковців ХДУХТ було визначено внутрішньогрупові та міжгрупові коефіцієнти вагомості кожного показника якості з дотриманням такої умови:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1 \quad (5.4)$$

де M_i – коефіцієнт вагомості i -го показника;

n – число показників якості продукції в окремій групі.

Таблиця 5.7 – Визначення відносних показників якості зразків

Одиниця вимірювання	код	K _{i-ті} показники якості			код	Відносні показники якості		
		контроль (без добавки)	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»		контроль (без добавки)	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»
Бали	РА ₁	47	50	49	КА ₁	0,94	1,0	0,98
Бали	РА ₂	48	48	47	КА ₂	0,96	0,96	0,94
Бали	РА ₃	47	50	48	КА ₃	0,94	1,0	0,96
Бали	РА ₄	48	49	50	КА ₄	0,96	0,98	1,0
Бали	РА ₅	47	49	50	КА ₅	0,94	0,98	1,0
%	РВ ₁	43,0	44,7	44,5	КВ ₁	0,96	1,0	0,99
Град	РВ ₂	2,8	3,7	4,0	КВ ₂	0,7	0,92	1,0
%	РВ ₃	73,0	72,0	68,0	КВ ₃	1,0	0,99	0,93
см ³ /Г	РВ ₄	3,0	3,0	2,8	КВ ₄	1,0	1,0	0,93
г/100 г	РС ₁	7,3	8,1	7,7	КС ₁	0,90	1,0	0,95
г/100 г	РС ₂	2,5	4,4	4,3	КС ₂	0,57	1,0	0,98
мг/100 г	РС ₃	0,11	0,14	0,15	КС ₃	0,85	0,93	1,0
мг/100 г	РС ₄	0,88	1,1	2,65	КС ₄	0,33	0,42	1,0
мг/100 г	РС ₅	1,37	1,42	1,59	КС ₅	0,86	0,89	1,0
мг/100 г	РС ₆	0,9	2,2	2,1	КС ₆	0,4	1,0	0,95
мг/100 г	РС ₇	11,7	38,1	25,9	КС ₇	0,30	1,0	0,68
ккал/100 г	РС ₈	239,2	234,5	217,7	КС ₈	0,91	0,93	1,0

Розраховуємо групову оцінку (К) якості зразків хлібобулочних виробів для кожної групи властивостей. Коефіцієнти вагомості показників якості для окремих груп наведені в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Коефіцієнти вагомості показників якості для окремих груп властивостей хліба

Для властивостей груп А	МА ₁	МА ₂	МА ₃	МА ₄		МА ₅		
	0,2	0,2	0,2	0,2		0,20		
Для властивостей груп В	МВ ₁	МВ ₂	МВ ₃	МВ ₄				
	0,15	0,15	0,35	0,35				
Для властивостей груп С	МС ₁	МС ₂	МС ₃	МС ₄	МС ₅	МС ₆	МС ₇	МС ₈
	0,15	0,25	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Для групи властивостей А:

$$KA_0 = (MA_1 \times qa_1) + (MA_2 \times qa_2) + (MA_3 \times qa_3) + (MA_4 \times qa_4) + (MA_5 \times qa_5). \quad (5.5)$$

Контроль

$$KA = 0,94 \times 0,2 + 0,96 \times 0,2 + 0,94 \times 0,2 + 0,96 \times 0,2 + 0,94 \times 0,2 = 0,948.$$

Хлібець «До сніданку»

$$KA = 1,0 \times 0,2 + 0,96 \times 0,2 + 1,0 \times 0,2 + 0,98 \times 0,2 + 0,98 \times 0,2 = 0,984.$$

Хліб «Корнет»

$$KA = 0,98 \times 0,2 + 0,94 \times 0,2 + 0,96 \times 0,2 + 1,0 \times 0,2 + 1,0 \times 0,2 = 0,976.$$

Для групи властивостей В:

$$KB_0 = (MB_1 \times qb_1) + (MB_2 \times qb_2) + (MB_3 \times qb_3) + (MB_4 \times qb_4). \quad (5.6)$$

Контроль

$$KB = 0,96 \times 0,15 + 0,7 \times 0,15 + 1,0 \times 0,35 + 1,0 \times 0,35 = 0,949.$$

Хлібець «До сніданку»

$$KB = 1,0 \times 0,15 + 0,92 \times 0,15 + 0,99 \times 0,35 + 1,0 \times 0,35 = 0,9845.$$

Хліб «Корнет»

$$KB = 0,99 \times 0,15 + 1,0 \times 0,15 + 0,93 \times 0,35 + 0,93 \times 0,35 = 0,9495.$$

Для групи властивостей С:

$$KC_0 = (MC_1 \times qc_1) + (MC_2 \times qc_2) + (MC_3 \times qc_3) + (MC_4 \times qc_4) + (MC_5 \times qc_5) + (MC_6 \times qc_6) + (MC_7 \times qc_7) + (MC_8 \times qc_8). \quad (5.7)$$

Контроль

$$KC = 0,9 \times 0,15 + 0,57 \times 0,25 + 0,85 \times 0,1 + 0,33 \times 0,1 + 0,86 \times 0,1 + 0,4 \times 0,1 + 0,30 \times 0,1 + 0,91 \times 0,1 = 0,6425.$$

Хлібець «До сніданку»

$$KC = 1,0 \times 0,15 + 1,0 \times 0,25 + 0,93 \times 0,1 + 0,42 \times 0,1 + 0,89 \times 0,1 + 1,0 \times 0,1 + 1,0 \times 0,1 + 0,93 \times 0,1 = 0,917.$$

Хліб «Корнет»

$$K_0 = 0,95 \times 0,15 + 0,98 \times 0,25 + 1,0 \times 0,1 + 1,0 \times 0,1 + 1,0 \times 0,1 + 0,95 \times 0,1 + 0,68 \times 0,1 + 1,0 \times 0,1 = 0,9505$$

З урахуванням групових показників окремих властивостей отримано моделі якості дослідних зразків хліба за органолептичними, фізико-хімічними показниками якості та їх харчовою, біологічною й енергетичною цінностями (рис. 5.6а, б, в).

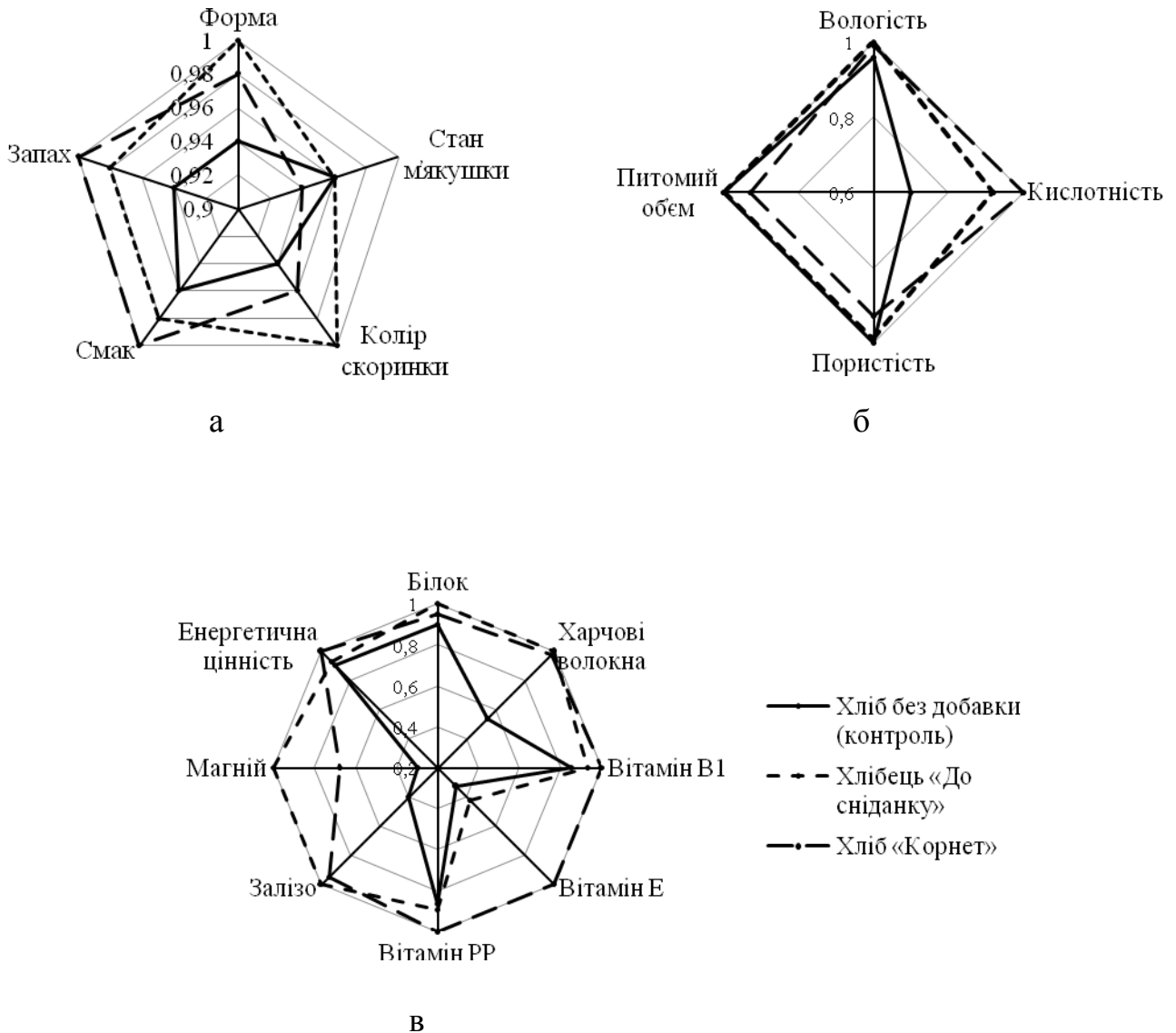


Рисунок 5.6 – Профілограми досліджуваних зразків хліба за даними органолептичних показників (а), фізико-хімічних показників якості (б) та харчової, біологічної й енергетичної цінності хліба (в)

Комплексну оцінку якості досліджуваних зразків визначали за формулою:

$$K_0 = (MA \times KA) + (MB \times KC) + (MC \times KC). \quad (5.8)$$

За шкалою оцінки комплексний показник розподіляється таким чином:

Дуже добре – 1,00...0,80.

Добре – 0,80...0,63.

Задовільно – 0,63...0,37.

Погано – 0,37...0,20.

Дуже погано – 0,20...0,00.

Результати розрахунку комплексного показника якості наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Комплексна оцінка якості хліба із дослідними добавками

Зразок	Оцінка якості за властивостями			Комплексний показник
	Органолептичні (МА·КА)	Фізико-хімічні (МВ·КС)	Біологічна, харчова й енергетична цінність (МС·КС)	K_0
Контроль	0,3×0,948	0,3×0,949	0,4×0,6425	0,83
Хлібець «До сніданку»	0,3×0,984	0,3×0,9845	0,4×0,9170	0,96
Хліб «Корнет»	0,3×0,976	0,3×0,9495	0,4×0,9505	0,96

З табл. 5.9 видно, що комплексна оцінка якості контрольного і дослідних зразків відповідає показнику «дуже добре», проте їх значення для виробів із дослідними добавками вищі та складають 0,96 для хлібця «До сніданку» з ШЗВ і для хліба «Корнет» із ЖЗК.

5.4.2. Розрахунок економічного ефекту під час упровадження технології хліба з використанням дослідних добавок

На сучасному етапі розвиток ринкових відносин веде до посилення конкурентних відносин між підприємствами, що вимагає постійного підвищення рівня технічної бази їх виробництв і впровадження інновацій. Подальше зростання вартості нових технологій та обмеженість фінансових ресурсів на підприємствах потребують високого рівня обґрунтування доцільності й оцінки економічної ефективності зміни технології.

Особливості інноваційної складової цього дослідження полягають у розробці технології виготовлення хліба із використанням продуктів

переробки зародків вівса та кукурудзи, яка дозволяє отримати продукти, що мають високі споживчі характеристики та розширюють асортимент цієї продукції першої необхідності.

Основна мета використання певних досягнень науки і техніки на підприємствах – це економія ресурсів, підвищення конкурентоспроможності продукції, що випускається.

Загальний економічний результат розробки та впровадження нової технології в діюче виробництво – одержання додаткового прибутку, як найбільш узагальнюючого підсумкового показника, за рахунок підвищення споживчої цінності виробів, збільшення випуску або економії сировинних, паливно-енергетичних, трудових чи інших видів ресурсів у процесі виготовлення продукції.

Економічне обґрунтування включає, з одного боку, розрахунки необхідних додаткових витрат ресурсів, а з іншого – розрахунки очікуваних результатів від упровадження нової технології. Тому для виявлення доцільності впровадження технології виробництва хліба із використанням шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи необхідно зіставити майбутні вигоди та витрати, пов'язані з виготовленням цієї продукції.

Найважливішим чинником, що визначає виручку від реалізації та прибуток, є ціна. У зв'язку з цим на першому етапі розрахуємо ціни запропонованих виробів порівняно з продуктом-аналогом – хлібом без добавок, який за призначенням задовольняє потреби того ж сегмента споживчого ринку.

Основою оптово-відпускних цін виробничих підприємств є собівартість продукції, склад якої визначається Положенням (стандартом) бухгалтерського обліку 16 «Витрати», що затверджено наказом Міністерства фінансів України від 31.12.1999 р. № 318, а також методичними рекомендаціями із формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості, які затверджені наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373.

Початковим моментом визначення собівартості є розрахунки вартості сировини й матеріалів, які є основою продукції (табл. 5.10). Витрати за цією статтею визначено прямим підрахунком. Як свідчать отримані дані, додавання продуктів переробки вівса та кукурудзи до сировини збільшує її вартість порівняно з аналогічною продукцією.

Вартість сировини й матеріалів є найбільш вагомою складовою собівартості продукції, питома вага якої в аналогічних виробництвах дорівнює 30,0...35,0% її загальної величини.

Таблиця 5.10 – Розрахунки вартості сировини й матеріалів на виробництво хліба з використанням ШЗВ і ЖЗК (на 20.11.2015 р.)

Сировина	Ціна 1 кг, грн	Вироби					
		хліб без добавки (контроль)		хлібець «До сніданку» з 15,0 ШЗВ		хліб «Корнет» з 15,0 ЖЗК	
		витрати сировини на 100 кг борошна, кг	вартість, грн	витрати сировини на 100 кг борошна, кг	вартість, грн	витрати сировини на 100 кг борошна, кг	вартість, грн
Борошно пшеничне	4,80	100,0	480,00	85,0	408,00	85,0	408,00
Шрот зародків вівса	19,58	–	–	15,0	293,70	–	–
Жмих кукурудзи	9,50	–	–	–	–	15,0	142,50
Дріжджі хлібопекарські	7,50	2,5	15,00	2,5	15,00	2,5	15,00
Концентрат квасного сусла	14,74	–	–	5,0	73,70	–	–
Олія соняшникова	23,00	–	–	2,0	46,00	–	–
Сіль	1,35	1,3	1,80	1,3	1,80	1,3	1,80
Вівсяні пластівці	12,85	–	–	1,0	12,85	–	–
Кунжут	71,4	–	–	–	–	1,0	71,40
Разом			496,80		851,05		638,70

Через відсутність чіткої інформації щодо інших елементів витрат: оплати праці, вартості палива та електроенергії для виробничих цілей, амортизаційних відрахувань, витрат на утримання й експлуатацію основних засобів, загальновиробничих, загальногосподарських витрат і невиробничих витрат – розрахунки виконано за укрупненими показниками на основі їх рівнів, що склалися на аналогічних виробництвах, відносно вартості сировини і матеріалів. При цьому виділимо окремо змінні та постійні витрати відповідно до змін обсягу виробництва й умов діяльності.

Розрахунки інших витрат виконаємо відносно до вартості сировини при виробництві хліба без добова за традиційною технологією.

Частку вартості сировини й матеріалів у загальній собівартості приймаємо на рівні 32,0%, що склався на аналогічних виробництвах. За цих умов інші виробничі та комерційні витрати з виготовлення хліба без добавок становитимуть $496,8 : 0,32 \times 0,68 = 1055,7$ грн.

Змінні витрати визначимо на основі їх рівня по відношенню до вартості сировини, а постійні як різницю між загальною величиною інших виробничих і комерційних витрат та їх змінною складовою.

Оскільки використання шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи не передбачає принципових змін технології виробництва, то під час розрахунків собівартості нових виробів за основу приймемо величини умовно-постійних і умовно-змінних витрат, що визначені для хліба без обавок. Одночасно врахуємо релевантність витрат, тобто залежність їх змін від запропонованих рішень. Для цієї розробки релевантними є витрати сировини й матеріалів, а також постійні витрати на одиницю продукції, що пов'язано зі скороченням тривалості технологічного процесу виробництва хліба з ШЗВ і ЖЗК.

Скорочення тривалості технологічного процесу зумовлює збільшення випуску продукції за одиницю часу, тобто підвищення продуктивності праці. За умови зростання обсягу продукції величина постійних витрат розподіляється між більшою кількістю виробів і, відповідно, їх розмір, що відноситься на собівартість одиниці продукції, зменшується. Тому в розрахунках собівартості нових видів хліба скорегуємо постійні витрати на темп зменшення часу технологічного процесу, а саме на 0,889. Інші витрати є нерелевантними за умови впровадження цієї технології та не підлягають корегуванню.

З урахуванням зазначеного розрахунки собівартості та оптової ціни підприємства надано в табл. 5.11.

Відпускна ціна 1 кг хлібця «До сніданку» з додаванням ШЗВ становить 16 грн 32 коп., що вище на 1 грн 67 коп., або 11,4%, ніж у хліба без добавок. Ціна хліба «Корнет» становить 14 грн 53 коп., що на 12 коп., або 0,9%, менше порівняно з контрольним зразком.

Таблиця 5.11 – Розрахунки собівартості та оптових цін хліба, грн

Показник	Вироби		
	хліб без добавки (контроль)	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»
Вартість сировини й матеріалів	496,80	851,10	638,70
Інші виробничі та комерційні витрати у т.ч.	1055,70	979,50	979,50
– змінні	369,50	369,50	369,50
– постійні	686,20	610,00	610,00
Повна собівартість	1552,50	1830,60	1618,20
Прибуток (7,0%)	108,70	128,10	113,30
Вартість за оптовими цінами	1661,20	1958,70	1731,50
Вихід, %	136,0	146,0	145,0
Оптова ціна 1 кг	12,21	13,60	12,11
Податок на додану вартість (ПДВ)	2,44	2,72	2,42
Відпускна ціна 1 кг	14,65	16,32	14,53

Розраховані ціни визначають їх нижню межу, мінімальний рівень, за якими виробник може реалізовувати свою продукцію. Вони орієнтовані на рівень рентабельності, що склався в цьому сегменті споживчого ринку – 7,0%. Він забезпечує виробникові нових продуктів певні конкурентні переваги порівняно з продуктами-аналогами за рахунок високих якісних параметрів інноваційних виробів та цін, що знаходяться в межах ринкового діапазону.

Економічний ефект від реалізації інноваційної продукції за такої цінової політики може бути отримано за рахунок:

- підвищення виручки від реалізації хліба за умови еластичності попиту;
- збільшення обсягу реалізації за рахунок підвищення виходу;
- підвищення маси прибутку (за умови незмінної рентабельності) як результату збільшення обсягу реалізації продукції;
- зростання рентабельності внаслідок скорочення питомих постійних витрат у зв'язку з можливим збільшенням обсягу реалізації.

Більш низька ціна на продукцію зазвичай обумовлює зростання попиту. Проте у зв'язку з тим, що попит на хліб є нееластичним від ціни, її зниження не призведе до адекватного збільшення обсягу реалізації.

Тому ціновий чинник не є у цьому випадку джерелом економічного ефекту.

Поліпшення якісних характеристик, як правило, призводить до зростання обсягу реалізації товарів еластичного попиту, що зумовлено сприйняттям споживачами підвищення якісних характеристик як відповідного зниження ціни. Відповідний коефіцієнт еластичності попиту від якості на хлібопродукти дорівнює 1,18. Розрахунки приросту обсягу реалізації та рентабельності надано в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Розрахунки приросту обсягу реалізації та рентабельності (відносно аналога)

Показник	Вироби	
	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»
Оптова ціна 1 кг, грн	13,60	12,11
Коефіцієнт еластичності попиту від якості	1,18	1,18
Коефіцієнт співвідношення якісних характеристик	1,152	1,227
Можливий приріст обсягу реалізації продукції за рахунок, %		
<input type="checkbox"/> підвищення якості	17,93	26,78
<input type="checkbox"/> збільшення виходу готової продукції	7,4	6,6
Частка постійних витрат в ціні, %	31,14	35,23
Приріст рентабельності за рахунок рівня умовно-постійних витрат, %	4,73	7,44

Економічний ефект від застосування розробленої технології хлібобулочних виробів із використанням продуктів переробки зародків вівса та кукурудзи наведено в табл. 5.13. Розрахунки виконано за цінами без податку на додану вартість.

Таким чином, зростання обсягу реалізації нових виробів за рахунок високої споживчої цінності призведе до підвищення прибутку підприємства в 1,21 і 1,35 рази.

Таблиця 5.13 – Економічний ефект від упровадження технології хліба порівняно з аналогічними (на 100 кг готової продукції), грн

Джерело та вид економічного ефекту	Вироби	
	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»
Збільшення обсягу реалізованої продукції за рахунок	324,0	386,0
– підвищення споживчої цінності	243,8	324,3
– збільшення виходу	80,2	61,7
Зростання прибутку	21,2	35,2
Підвищення рентабельності, %	4,7	7,4

Поліпшені споживчі властивості хліба виготовленого за новою технологією та збільшення виходу готової продукції є також джерелами соціального ефекту. Джерелом соціального ефекту від придбання хліба «Корнет» є також зниження його ціни порівняно з аналогічною продукцією.

Результати розрахунків соціального ефекту наведено в табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Соціальний ефект від упровадження технології хлібобулочних виробів

Вид ефекту	Вироби	
	хлібець «До сніданку»	хліб «Корнет»
Відносний вигравш споживачів за рахунок:		
– підвищення споживчої цінності, %	3,3	18,7
– збільшення виходу готової продукції, %	7,4	6,6
Абсолютна економія (на 100 кг продукту), грн	□	10,0

Економічні розрахунки підтверджують ефективність розробленої технології. Відносно невисокі ціни та підвищена якість продукції порівняно з аналогами підвищують її цінність для споживачів і дають змогу отримати економічний ефект у сфері виробництва від збільшення обсягу реалізації, прибутку та підвищення рентабельності.

Соціально-економічний ефект у сфері споживання полягає в можливості придбати за розрахованими цінами продукцію підвищеної якості та отримати відносну економію як результат збільшення виходу.

Таким чином, у результаті розрахунку економічного ефекту від упровадження удосконалених технологій встановлено, що відпускна ціна на хлібець «До сніданку» з ШЗВ зростає на 13,9%, а на хліб «Корнет» із ЖЗК знижується на 3,9% порівняно з ціною хліба без добавок. Зростання обсягу їх реалізації за рахунок високої споживчої цінності призведе до збільшення прибутку підприємства на 212,0 та 352,0 грн/т реалізованих виробів та до підвищення рентабельності на 4,7 і 7,4% відповідно.

5.4.3. Розрахунок інтегрального показника якості хліба з дослідними добавками

Розрахунок інтегрального показника якості здійснювали, враховуючи дані комплексного показника якості й економічної ефективності наукової розробки.

Оскільки в основу дослідження було покладено отримання виробів підвищеної харчової та біологічної цінності з високими споживними властивостями, більшої значимості під час розрахунку інтегрального показника якості було надано саме комплексному показнику, що включає органолептичні, фізико-хімічні показники якості хліба, а також його харчову, біологічну та енергетичну цінність. Тому коефіцієнт вагомості для комплексного показника якості дорівнює 0,7, а для показника економічної ефективності – 0,3.

Під час визначення відносного показника економічної ефективності були використані дані відпускної ціни за 1 кг виробів (табл. 5.11), де ціна 1 кг хліба без добавки, хлібця «До сніданку» і хліба «Корнет» становила 14,65, 16,32 і 14,53 грн відповідно. За значення базового показника під час розрахунку економічної ефективності була обрана ціна хліба «Корнет», оскільки серед зазначених зразків вона є мінімальною.

З урахуванням отриманих даних у табл. 5.15 наведена інтегральна оцінка якості хліба.

Таблиця 5.15 – Результати розрахунку інтегрального показника якості розроблених виробів

Найменування показника (коефіцієнт вагомості)	Значення показника		
	хліб без добавки (контроль)	хлібець «До сніданку» з ШЗВ	хліб «Корнет» з ЖЗК
Комплексний показник якості (0,7)	0,83	0,96	0,96
Економічна ефективність (0,3)	0,99	0,89	1,00
Інтегральний показник якості	0,88	0,94	0,97

Таким чином, результати розрахунків свідчать, що інтегральний показник якості розроблених виробів вище і становить 0,94 і 0,97 проти 0,88 у хлібі без добавок, що свідчить про їх конкурентоспроможність.

ВИСНОВКИ

У даній монографії теоретично та експериментально обґрунтовано технологію хліба пшеничного підвищеної харчової та біологічної цінності з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості із використанням дрібнодиспергованих шроту зародків вівса (ШЗВ) та жмиху зародків кукурудзи (ЖЗК).

Встановлено, що ці дрібнодисперговані продукти переробки зародків мають багатий хімічний склад, а саме містять 23,0 і 20,0% білка з високою біологічною цінністю, 23,3 і 22,5% харчових волокон, представлених в основному геміцелюлозами та целюлозою. Також вони характеризуються високим вмістом вітамінів В₁, Е, РР, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин, а також калію, магнію, фосфору та заліза.

Їх внесення у тісто з пшеничного борошна у кількості 10,0...20,0% приводить до підвищення в'язко-пружних властивостей тіста, особливо за додавання шроту зародків вівса, що пояснюється його вищою здатністю зв'язувати та утримувати воду за рахунок значного вмісту водорозчинних харчових волокон. За рахунок додаткового внесення з добавками мінеральних речовин, вітамінів та амінокислот підвищується активність бродильної мікрофлори тіста, що сприяє інтенсифікації газоутворення та кислотонакопичення в ньому і дозволяє скоротити тривалість дозрівання тіста з шротом зародків вівса та жмихом зародків кукурудзи на (10...20)×60 с та (10...30)×60 с і забезпечити при цьому його достатню розпушеність, об'єм та кислотність.

На основі результатів проведених досліджень удосконалено технологію хліба пшеничного з використанням цих добавок, яка відрізняється від традиційної тим, що дослідні добавки вносяться на стадії замішування тіста в кількості 10,0 і 15,0% – за безопарного способу тістоприготування, а 20,0% – за опарного, також скорочується тривалість дозрівання тіста. Технологічним прийомом для забезпечення високої якості хліба з шротом зародків вівса є використання концентрату квасного сула (ККС) та олії соняшnikової, що дозволяє покращити фізико-хімічні та органолептичні характеристики готових виробів.

Встановлено, що додавання дослідних добавок дозволяє суттєво підвищити харчову цінність хліба з пшеничного борошна. За внесення 15,0 і 20,0% шроту зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи у виробі збільшується вміст харчових волокон у 1,8 і 2,0 та в 1,7 і 1,9 рази, що дозволяє забезпечити добову потребу організму людини в цих речовинах на 40,6 і 46,2 та 39,7 і 45,2% відповідно. Нові вироби також характеризуються вищою біологічною цінністю білка, більшим вмістом вітамінів, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин,

мінеральних речовин. Це дозволяє рекомендувати їх для оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування.

На розроблену продукцію в об'єднанні підприємств хлібопекарської галузі України «Укрхлібпром» затверджено рецептури та технологічні інструкції. Технологія хліба зі шротом зародків вівса та жмихом зародків кукурудзи пройшла виробничу апробацію і введена на підприємствах м. Харків та Харківської області, а також у навчальний процес Харківського державного університету харчування та торгівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Martirosyan D. M. Functional Foods and Chronic Diseases: Science and Practice / D. M. Martirosyan // Food Science Publisher. – 2011. – 282 p.
2. Коербер Карл фон. Полноценное питание / Карл фон Коербер, Томас Мэннле, Клаус Лейтцманн ; пер. с нем. яз. А. А. Урсуленко. – Херсон : ТДС, 2012. – 511 с.
3. Шеремета Л. Л. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя / Л. Л. Шеремета, К. М. Дожук // Ліки України. – 2015. – № 1 (186). – С. 24–27.
4. Functional Food and Organic Food are Competing Rather than Supporting Concepts in Europe / [Johannes Kahl, Aneta Załęcka, Angelika Ploeger et al.] // Agriculture. – 2012. – № 2. – P. 316–324.
5. Kaur Sumeet. Functional foods: An overview / Sumeet Kaur, Madhusweta Das // Food Science and Biotechnology. – 2011. – Vol. 20. – P. 861–875.
6. Капрельянц Л. В. Функціональні продукти / Л. В. Капрельянц, К. Г. Юргачова. – Одеса, 2003. – 312 с.
7. Joyce I. Boye. Nutraceutical and Functional Food Processing Technology / Joyce I. Boye. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2015. – 400 p.
8. Функціональные пищевые продукты. Введение в технологии / [А. Ф. Доронин, Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 288 с.
9. Капрельянц Л. В. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології / Л. В. Капрельянц, А. П. Петросьянц. – Одеса : Друк, 2011. – 269 с.
10. Potter D. Positive Nutrition – Making it Happen / D. Potter // Food Ingredients Europe. Conference Processing. – 1995. – P. 180.
11. Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини [Електронний ресурс] : Закон України. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2809-15>.
12. General Principles for the Addition of Essential Nutrients to Foods. FAO/WHO // Codex Alimentarius. – 1994. – Vol. 4. – 13 p.
13. Спиричев В. Б. Теоретические и практические аспекты современной витаминологии / В. Б. Спиричев // Проблеми харчування. – 2006. – № 2. – С. 18–36.
14. Панов Д. П. Обогащение продуктов питания массового потребления / Д. П. Панов // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2007. – № 1. – С. 30–31.
15. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот. – К. : Логос, 2002. – 365 с.

16. Пучкова Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Ч. 1. Технология хлеба / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 557 с.

17. Погребная Т. Н. Совершенствование структуры ассортимента изделий и техническое перевооружение хлебопекарных предприятий ОАО «Одесский каравай» / Т. Н. Погребная, С. В. Малиновская, А. В. Степанова // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 1 (10). – С. 5–7.

18. Галузевий огляд – харчова та переробна промисловість [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.business.ua/articles/news_online

19. Пересічний М. Формування харчових раціонів населення / М. Пересічний, І. Магалецька // Товари і ринки. – 2012. – № 2. – С. 173–179.

20. Технология переработки продукции растениеводства / [под ред. Н. М. Личко]. – М. : Колос, 2000. – 552 с.

21. Про прожитковий мінімум [Електронний ресурс] : Закон України. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/966-14>

22. Steigman A. All Dietary Fiber is fundamentally functional / A. Steigman // Cereal foods world. – 2003. – Vol. 48, № 3. – P. 128–132.

23. Технологічні аспекти створення хлібобулочних і кондитерських виробів спеціального призначення / Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1 (6). – С. 25–30.

24. Fertilizing Crops to Improve Human Health: A Scientific Review / [T. W. Bruulsema, P. Heffer, R. M. Welch et. al.]. – Norcross : IPNI ; Paris : IFA, 2012. – 290 p.

25. Biofortification: An Agricultural Investment for Nutrition. Policy Brief No. 1. Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. – London, 2015. – 8 p.

26. Про схвалення проекту Концепції Державної науково-технічної програми «Біофортифікація та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012–2016 роки» [Електронний ресурс] : Постанова НАН України від 08.06.2011 № 189. – Режим доступу : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MUS17448.html

27. WHO, FAO, UNICEF, GAIN, MI, & FFI. Recommendations on wheat and maize flour fortification. Meeting Report: Interim Consensus Statement. Geneva, World Health Organization, 2009 [Electronic resource] // World Health Organization. – 2009. – 3 p. – Available at: http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/wheat_maize_fortification/en/

28. Суворов И. В. Разработка витаминно-минеральных смесей для обогащения пшеничной муки и хлебобулочных изделий : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / И. В. Суворов. – М., 2011. – 25 с.

29. Preedy V. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention / V. Preedy, R. Watson, V. Patel // Elsevier Inc. – 2011. – 524 p.

30. Обогащение пшеничной хлебопекарной муки сухой клейковиной на мукомольных заводах / [В. Дулаев, Е. Мелешкина, А. Анисимов и др.] // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2007. – № 9 (34). – С. 7–8.

31. Смоляр В. І. Фортифікація харчових продуктів / В. І. Смоляр, Г. І. Петрашенко, О. В. Голохова // Проблеми харчування. – 2014. – № 1. – С. 29–32.

32. Пат. 54360 України, МПК С12N1/16,1/18. Спосіб виробництва хлібопекарських дріжджів та дріжджі, одержані за цим способом / Іванов Є. О., Попов В. Ю., Денісов В. Л. ; заявники і патентовласники Іванов Є. О., Попов В. Ю., Денісов В. Л. – № 20021210283 ; заявл. 19.12.02 ; опубл. 17.02.03, Бюл. № 2.

33. Використання селенозбагачених дріжджів у хлібопекарському виробництві / І. В. Аксьонова, М. М. Антонюк, Ю. В. Устинов, О. В. Стабнікова // Харчова промисловість. – 2004. – № 3. – С. 22–25.

34. Дробот В. И. Йододефицит и пути его преодоления / В. И. Дробот // Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку : VII міжнар. наук.-практ. конф., 7–9 вер. 2011 р. : тези доп. – Святогірськ, 2011. – С. 295–298.

35. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности / В. И. Дробот. – К. : Урожай, 1988. – 150 с.

36. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення / І. В. Сирохман, В. М. Завгородня. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 544 с.

37. Сирохман І. В. Якість і безпечність зерноборошняних продуктів / І. В. Сирохман, Т. М. Лозова. – К., 2006. – 382 с.

38. Казаков Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 512 с.

39. Петрова Р. В. Химический состав зерна злаков [Электронный ресурс] / Р. В. Петрова. – Одесса, 2012. – Режим доступа : <http://www.lepestok.kharkov.ua/bio/s20100604.htm>

40. Козьмина Н. П. Зерноведение (с основами биохимии растений) / Н. П. Козьмина, В. А. Гунькин, Г. М. Сусянок. – М. : Колос, 2006. – 464 с.
41. Guler M. Nitrogen and irrigation effects on grain β -glucan content of oats (*Avena sativa* L.) / M. Guler // *Australian Journal Crop Science*. – 2011. – Vol. 5 (3). – P. 242–247.
42. Brunner B. R. Oat grain β -glucan content as affected by nitrogen level, location, and year / B. R. Brunner, R. D. Freed // *Crop Sci*. – 1994. – № 33. – P. 473–476.
43. Chen J. Medicinal importance of fungal β -(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 6)-glucans / J. Chen, R. Seviour // *Mycological research*. – 2007. – P. 635–652.
44. Смирнов В. А. Витамины и коферменты / В. А. Смирнов, Ю. Н. Кличкин. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 91 с.
45. Gibiński M. β -glukany owsa jako składnik żywności funkcjonalnej żywność / M. Gibiński // *Nauka. Technologia. Jakość*. – 2008. – № 2 (57). – P. 15–29.
46. Oat beta-glucan ameliorates insulin resistance in mice fed on high-fat and high-fructose diet / J. Zheng, N. Shen, S. Wang, G. Zhao // *Food & Nutrition Research*. – 2013. – Vol. 57. – P. 244–254.
47. Пищевая химия / [А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. П. Кочеткова и др.] ; под. ред. А. П. Нечаева. – СПб. : ГИОРД, 2001. – 592 с.
48. Bij Nyanke van der. Bioactive compound in grain / Nyanke van der Bij, Judith de Lange // Report of the graduate assignment for the study Nutrition and Dietetic at the Hanze Hogeschool Groningen by order of the department of Medical Biomics at the University Medical Center Groningen (UMCG). – 2008. – 97 p.
49. Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread / [L. Lin, H. Liu, Y. Yu. et. al.] // *Food Chemistry*. – 2009. – № 112. – P. 987–991.
50. Belobrajdic Damien P. The potential role of phytochemicals in wholegrain cereals for the prevention of type-2 diabetes / Damien P. Belobrajdic, Anthony R. Bird // *Nutrition Journal*. – 2013. – № 12. – P. 1–12.
51. Пат. 2292722 Российская Федерация, МПК А 21 D13/02, А 21 D8/02. Способ производства зернового хлеба / Санина Т. В., Алехина Н. Н. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. госуд. технол. академия. – № 2292722 ; заявл. 27.09.05 ; опубл. 10.22.07, Бюл. № 4.
52. Пат. 2108718 Российская Федерация, МПК А21D8/02. Способ производства хлеба «Тибет» / Кузнецов Г. М., Кузнецов Ю. М. ; заявители и патентообладатели Кузнецов Г. М., Кузнецов Ю. М. – № 2108718 ; заявл. 01.04.96 ; опубл. 20.04.98, Бюл. № 3.

53. Корячкина С. Я. Совершенствование технологии хлеба на основе целого зерна пшеницы и ржи / С. Я. Корячкина, Е. А. Кузнецова, О. М. Пригарина // Вестник ОГУ. – 2006. – № 9. – С. 284–288.

54. Пригарина О. М. Разработка способов повышения безопасности хлеба из цельного зерна пшеницы и ржи : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / О. М. Пригарина. – Орел, 2006. – 24 с.

55. Корячкина С. Я. Технология хлеба из целого зерна тритикале : монография / С. Я. Корячкина, Е. А. Кузнецова, Л. В. Черепнина. – Орел : ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. – 177 с.

56. Олійник С. Г. Дослідження впливу ферментних препаратів на процес замочування зерна полби сорту Голіковська / С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко, К. Є. Корольок // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21, Вип. 4. – С. 218–223.

57. Пат. 74211 Україна, МПК А21 D8/02. Спосіб виробництва зернового хліба / Лисюк Г. М., Олійник С. Г., Степанькова Г. В., Тимчук С. М. ; заявник і патентовласник Харківськ. держ. ун-т харчування та торгівлі. – № 74211 ; заявл. 12.03.12 ; опубл. 25.10.12, Бюл. № 20.

58. Журавлев Ю. Ю. Влияние зерновых смесей на основе ячменной муки на процесс приготовления хлебобулочных изделий / Ю. Ю. Журавлев, Т. Г. Богатырева // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты : XI науч.-практ. конф. : тезисы докл. – М., 2013. – С. 46–47.

59. Курганова Е. В. Функционально-технологические свойства выпечного хлеба из пророщенного зерна / Е. В. Курганова, А. Л. Ишевский // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке : VI междунар. науч.-техн. конф., 13–15 нояб. 2013 г : тезисы докл. – СПб. : НИУ ИТМО : ИХиБТ, 2013. – С. 430–433.

60. Hefni M. Enhancement of the folate content in Egyptian pita bread / M. Hefni, C. Witthöft // Food and Nutritional Research. – 2012. – № 56. – P. 1–4.

61. Пономарева Е. И. Моделирование структурно-механических свойств теста из биоактивированного зерна пшеницы / Е. И. Пономарева, А. А. Журавлёв, Н. Н. Алехина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 4. – С. 66–69.

62. Экструдаты ячменя в производстве хлебобулочных изделий / [В. И. Демченко, В. И. Корчагин, Г. О. Магомедов и др.] // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений : IV

междунар. науч.-практ. конф. : тезисы докл. – Ульяновск, 2002. – Т. 1. – С. 238–241.

63. Byung-Kee Baik. Extrusion of Regular and Waxy Barley Flours for Production of Expanded Cereals / Byung-Kee Baik, Josef Powers, Lindha T. Nguyen // *Cereal Chemistry*. – 2004. – Vol. 81, № 1. – P. 94.

64. Козубаева Л. Использование экструдатов гречихи при производстве хлеба / Л. Козубаева, С. Есин, А. Захарова // *Хлебопродукты*. – 2011. – № 6. – С. 49.

65. Есин С. Использование рисового экструдата в производстве хлеба / С. Есин, Л. Козубаева, А. Захарова // *Хлебопродукты*. – 2010. – № 2. – С. 44–45.

66. Таганова Н. С. Влияние экструдата ржи на потребительские свойства хлеба : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.05 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / Н. С. Таганова. – Москва, 2009. – 24 с.

67. Мартиросян В. В. Влияние экструдатов зерна пшеницы на качество хлебобулочных изделий / В. В. Мартиросян // *Хлебопечение России*. – 2013. – № 2. – С. 28–30.

68. Жиркова Е. В. Влияние экструдатов зерна пшеницы на микробиологическое состояние хлеба / Е. В. Жиркова, В. В. Мартиросян, В. Д. Малкина // *Хлебопекарное производство – 2014 : междунар. конф., 1–3 декабря 2014 г. : тезисы докл.* – М., 2014. – С. 92–93.

69. Темникова О. Е. Технология хлеба из пшеничной муки I сорта с добавлением гречневой крупы / О. Е. Темникова, Н. А. Егорцев, А. В. Зимичев // *Молодежь и наука XXI века : III междунар. науч.-практ. конф. молод. ученых : тезисы докл.* – Ульяновск, 2010 – С. 393–395.

70. Козубаева Л. Хлеб с гречневым проделом / Л. Козубаева // *Хлебопекарное производство*. – 2007. – № 12. – С. 18–19.

71. Непомнящих А. В. Сдобные булочки с гречневой крупой / А. В. Непомнящих, А. С. Захарова // *Инновационные технологии в пищевой промышленности : IX междунар. науч.-практ. конф., 7–8 окт. 2010 г. : тезисы докл.* – Минск, 2010. – С. 45–47.

72. Калинова В. В. Перспективи використання розмеленого зерна проса при виробництві пшеничного хліба / В. В. Калинова, С. І. Щербатюк, Н. В. Гаєвська // *Збірник наук. праць молод. учених, аспірантів і студентів Одеської національної академії харчових технологій*. – 2014. – С. 18–20.

73. Корячкина Н. А. Булочные изделия с пшеном шлифованным / Н. А. Корячкина, А. С. Захарова // *Наука и молодежь – 2013 : X Всерос. науч.-техн. конф. студ., аспирантов и молод. ученых : тезисы докл.* – Барнаул : АлтГТУ, 2013. – С. 32.

74. Захарова А. Хлеб с добавлением рисовой крупы / А. Захарова, Л. Козубаева // Хлебопродукты. – 2008. – № 5. – С. 50–51.

75. Козубаева Л. А. Использование механической активации круп при производстве крупяного хлеба / Л. А. Козубаева, А. С. Захарова, С. С. Кузьмина // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/2. – С. 135–138.

76. Шишкина Я. В. Использование продуктов переработки ячменя в хлебопечении / Я. В. Шишкина, О. Е. Темникова // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития : 15-я Всерос. науч.-практ. конф., 18 апреля 2014 г. : тезисы докл. – Екатеринбург : Урал. гос. экон. ун-т, 2014. – С. 22–24.

77. Усембаева Ж. К. Использование кукурузной муки в производстве пшеничного хлеба / Ж. К. Усембаева, А. М. Татенов, Б. К. Узабаев // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 1. – С. 43–44.

78. Кошельник Є. С. Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу пшеничного тіста з суцільно змеленого зерна з додаванням гречаних пластівців / Є. С. Кошельник, Л. А. Михонік // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 78-ма міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 15–16 квітня 2013 р. : тези доп. – К. : НУХТ, 2012. – С. 161–162.

79. Исследование влияния пшеничных хлопьев на качество хлеба из многокомпонентных смесей / О. И. Стабровская, Е. В. Морозова, О. Г. Короткова, А. С. Романов // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2 (17). – С. 26–29.

80. Заявка 2865898 Франция, МПК7 A21D13/06. Диетический хлеб / G. Claude [и др.]. – № 0401378 ; заявл. 11.02.2004 ; опубл. 12.08.2005.

81. Заявка 10340350 Германия, МПК7 A21D13/00. Хлебобулочное изделие с мяслями / T. Winkler [и др.]. – № 10340350.7 ; заявл. 02.09.03 ; опубл. 24.03.05.

82. Семенова А. Б. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки круп'яних культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук спец. : 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / А. Б. Семенова. – Київ, 2014. – 21 с.

83. Пат. 104226 Україна. МПК A21D 8/02. Білково-гречаний хліб / Гордієнко Т. В., Семенова А. Б., Михонік Л. А., Дробот В. І. ; заявник і патентовласник Національний університет харч. технол. – № 104226 ; заявл. 20.06.12 ; опубл. 10.01.14, Бюл. № 4.

84. Михонік Л. А. Хліб з борошна з суцільнозмеленого зерна пшениці / Л. А. Михонік, В. І. Дробот // Наукові праці НУХТ. – 2008. – Ч. 1, № 25. – С. 99–101.

85. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread / S. Ragaee, I. Guzar, N. Dhull, K. Seetharaman //

LWT – Food Science and Technology. – 2011. – Vol. 44, Issue 10. – P. 2147–2153.

86. Тертычная Т. Н. Разработка рецептуры хлеба повышенной пищевой ценности на основе тритикалевой и нутовой муки / Т. Н. Тертычная, В. С. Агибалова, В. И. Манжесов // Хранение и переработка зерна. – 2010. – № 3 (129). – С. 56–57.

87. Применение пектина в рецептурах хлеба / Т. Н. Тертычная, Е. Е. Курчаева, Е. Ю. Ухина, О. А. Гапоненко // Технология и продукты здорового питания : II междунар. научно-практ. конф. : тезисы докл. – Саратов : Наука, 2008. – С. 142–143.

88. Асмаева З. И. Разработка технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием тритикалевой муки и сахарозаменителей / З. И. Асмаева, Е. Н. Шаповалов, А. А. Киримбаева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 64–66.

89. Карчевская О. Е. Научные и технологические аспекты применения зерна тритикале в производстве хлебобулочных изделий / О. Е. Карчевская, Г. Ф. Дремучева, А. И. Грабовец // Хлебопечение России. – 2013. – № 5. – С. 28–29.

90. Пат. 2040182 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства хлеба из тритикалевой муки / Еркинбаева Р. К., Полданова Р. Д., Богатырева Т. Г. и др. ; заявитель и патентообладатель Еркинбаева Р. К., Полданова Р. Д., Анискин В. И. – № 5031188/13 ; заявл. 17.01.92 ; опубл. 25.07.95, Бюл. № 27.

91. Пат. 2490897 Российская Федерация, МПК А21D8/02, А21D13/04. Способ приготовления хлеба из муки тритикале / Карчевская О. Е., Дремучева Г. Ф., Косован А. П., Бессонова Н. Г. ; заявитель и патентообладатель Гос. науч.-исследоват. Институт хлебопекарной пром-ти Россельхозакадемии. – № 2010114347/13 ; заявл. 06.04.12 ; опубл. 27.08.13, Бюл. № 24.

92. Najm N. E. O. Determination of visual detection thresholds of selected iron fortificants and formulation of iron-fortified pocket-type flat bread / N. E. O. Najm, A. Olabi, S. K. I. Toufeili // Journal of Cereal Science. – 2010. – № 51. – P. 271–276.

93. Дробот В. І. Буханці з тритікалевого борошна випікати можна / В. І. Дробот, Т. О. Федорова // Зерно і хліб. – 2004. – № 2. – С. 20.

94. Пат. 2228036 Российская Федерация, МПК⁷ А21D8/02. Способ приготовления хлеба / Пашенко Л. П., Любарь А. В., Спивакова Л. В. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. госуд. технол. академия. – № 2002120679/13 ; заявл. 29.07.02 ; опубл. 10.05.04.

95. Технологічні властивості зерна, борошна і тіста : монографія / [О. М. Сафонова, Л. М. Тіщенко, Т. В. Гавриш та ін.]. – Х., 2012. – 250 с.

96. Шматченко И. Добавление кукурузной и ячменной муки усиливает черствение хлеба / И. Шматченко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2012. – № 9 (94). – С. 6.

97. Щелакова Р. П. Использование кукурузной муки при приготовлении пшеничного хлеба / Р. П. Щелакова // Харчова наука і технологія. – 2014. – № 1 (26). – С. 83–86.

98. Писарець О. В. Продукти переробки кукурудзи – джерело поліненасичених жирних кислот груп ω -3 та ω -6 / О. В. Писарець, В. І. Дробот // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості : Міжнар. наук. конф., присвячена 130-річчю НУХТ, 13–17 жов. 2014 р. : тези доп. – К. : НУХТ, 2014. – С. 66.

99. Грищенко А. М. Безглютеновий хліб з борошном круп'яних культур / А. М. Грищенко, М. М. Номенат // Збірник наукових праць молодих учених аспірантів та студентів. – Одеса : ОНАХТ, 2010. – Т. 1. – С. 216–217.

100. Czubaszek A. Ocena wlasciwosci reologicznych ciasta i jakosci chleba pszennego z dodatkiem sruty owsianej / A. Czubaszek // Biul. Inst. hod. i aklim. rosl. – 2006. – № 239. – P. 247–257.

101. Effect of Buckwheat Processing Products on Dough and Bread Quality Made from Whole-Wheat Flour / V. Drodot, F. Semenova, Je. Smirnova, L. Myhonik // International Journal of Food Studies. – 2014. – Vol. 3. – P. 1–12.

102. Чурилина Н. Нетрадиционное сырье в хлебопекарном производстве / Н. Чурилина, И. Матвеева, З. Попова // Хлебопродукты. – 2004. – № 9. – С. 26–28.

103. Чалдаев П. А. Совершенствование технологий хлебобулочных изделий с добавлением продуктов переработки овса : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Чалдаев Петр Александрович. – Самара, 2013. – 117 с.

104. Flander L. Bioprocessing to improve oat bread quality [Electronic resource] / L. Flander. – Available at : <http://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2012/S8.pdf>

105. Effects of laccase and xylanase on the chemical and rheological properties of oat and wheat doughs / [L. Flander, X. Rouau, M. Morel et al.] // J. Agr. and Food Chem. – 2008. – Vol. 56, № 14. – P. 5732–5742.

106. Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread / [L. Flander, T. Suortti, K. Katina et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2011. – Vol. 4. – P. 656–664.

107. Oxidative and proteolytic enzyme preparations as promising improvers for oat bread formulations: Rheological, biochemical and microstructural background / [S. Renzetti, C. M. Courtin, J. A. Delcour et al.] // Food Chem. – 2010. – Vol. 119, № 4. – P. 1465–1473.

108. Влияние порошка из семян *Artemisia sphaerocephala* Kraschen и нативной клейковины на технологические свойства муки из

цельносмолотого зерна овса / Н. Xinzhong, Y. Yuanli, Du. Shuangkui, Z. Guoquan // *Nongye gongcheng xuebao Trans. Chin. Soc. Agr. Eng.* – 2006. – Vol. 22, № 10. – P. 230–232.

109. Huttner Edith K. Fundamental study on the effect of hydrostatic pressure treatment on the bread-making performance of oat flour / K. Huttner Edith, F. Dal Bello, K. Arendt Elke // *Eur. Food Res. and Technol.* – 2010. – Vol. 230, № 6. – P. 827–835.

110. Use of Oat Bran in Bread: Fiber and Oil Enrichment and Technological Performance / S. Beccerica, María A. de la Torre, Hugo D. Sanchez, Carlos A. Osella // *Food and Nutrition Sciences.* – 2011. – № 2. – P. 553–559.

111. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality / [L. Flander, M. Salmenkallio-Marttila, T. Suortti et al.] // *LWT.* – 2007. – Vol. 40, № 5. – P. 860–870.

112. Темникова О. Е. Влияние различных концентраций гречневой муки и способов тестоведения на качество хлеба / О. Е. Темникова, Н. А. Егорцева, А. В. Зимичева // *Хлебопечение России.* – 2012. – № 1. – С. 14–15.

113. Саитова М. Э. Повышение качества хлеба с использованием гречневой муки / М. Э. Саитова, Г. Г. Дубцов // *Кондитерское и хлебопекарное производство.* – 2011. – № 2. – С. 30–31.

114. Использование гречневой муки в производстве хлеба / [Г. Искакова, Т. Гаврюшенко, А. Усибалиев и др.] // *Современное хлебопекарное производство: перспективы развития : 15-я Всерос. науч.-практ. конф., 18 апр. 2014 г. : тезисы докл.* – Екатеринбург : Урал. гос. кон. ун-т, 2014. – С. 9–12.

115. Сохранение свежести хлеба из смеси пшеничной и гречневой муки / [О. М. Гаврилова, И. В. Матвеева, Т. А. Юдина и др.] // *Хлебопечение России.* – 2008. – № 3. – С. 18–20.

116. Березина Н. Использование гречневой муки в производстве заварных хлебобулочных изделий / Н. Березина // *Хлебопродукты.* – 2012. – № 1. – С. 52–53.

117. Козубаева Л. А. Хлеб из рисовой муки / Л. А. Козубаева, Я. Ю. Смолева // *Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : 5-я Всерос. науч.-практ. конф., 15 дек. 2011 г. : тезисы докл.* – Барнаул : АлтГТУ, 2011. – С. 185–189.

118. Сичкоренко Е. Г. Применение закваски как способа улучшения качества хлеба из рисовой муки / Е. Г. Сичкоренко, Л. А. Козубаева // *Наука и молодежь – 2013 : X Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : тезисы докл.* – Барнаул : АлтГТУ, 2013. – С. 32.

119. Грищенко А. М. Дослідження впливу рисового борошна на показники якості безглютенового хліба / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 25 квітня 2012 р. : тези доп. – Х. : ХДУХТ, 2012. – Ч. 1. – С. 36.
120. Богатырева Т. Г. Использование рисовой муки в технологии хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырева // Хлебопродукты. – 2012. – № 12. – С. 50–51.
121. Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour / [A. K. Holtekjolen, A. B. Baevre, M. Rodbotten et al.] // Food Chem. – 2008. – Vol. 110, № 2. – P. 414–421.
122. Чистяков В. П. Разработка технологии хлебобулочных изделий с ячменной мукой / В. П. Чистяков, И. А. Стальнова, Г. В. Шабурова // Естественные и технические науки. – 2007. – № 4. – С. 272–276.
123. Биоконверсия ячменной муки в технологии хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырева, И. Г. Белявская, И. П. Толмачёва, Т. В. Быковченко // Хлебопродукты. – 2013. – № 9. – С. 48–51.
124. Ефремова Е. Н. Влияние сорговой муки на показатели пшеничного хлеба / Е. Н. Ефремова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (113). – С. 125–129.
125. Ербулекова М. Т. Биотехнологические основы производства хлеба с применением продуктов переработки сахаристых сортов зерна сорго : дис. ... д-ра философии : 6D072800 / Ербулекова Молдир Танатаровна. – А., 2015. – 143 с.
126. Влияние добавок просяной муки на качество клейковины и хлеба / [Я. Ф. Мартыненко, А. С. Зюзько, А. С. Прокопец и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 1993. – № 5–6. – С. 25–26.
127. Wojnanská T. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications / T. Wojnanská, H. Francáková // Rostl. Výr. – 2002. – Vol. 48. – P. 141–147.
128. Korczyk-Szabo J. Direct baking quality of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) / J. Korczyk-Szabo, M. Lacko-Bartosova // Research Journal of Agricultural Science. – 2012. – Vol. 44. – P. 86–89.
129. Дробот В. И. Технологические аспекты использования муки спельты в хлебопечении / В. И. Дробот, А. Б. Семенова, Л. А. Михоник // Современные технологии сельскохозяйственного производства : 17-я Международная науч.-практ. конф., 16 мая 2014 г. : сб. науч. статей. – Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2014. – С. 33–35.

130. Богатырёва Т. Г. Использование полбяной муки в технологии хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырёва, Е. В. Инухина, А. В. Степанова // Хлебопродукты – 2013. – № 2 – С. 39–42.

131. Лисюк Г. М. Перспектива використання продуктів переробки полби у харчових продуктах / Г. М. Лисюк, О. М. Постнова, Р. Л. Богуславський // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2005. – С. 224–230.

132. Егоров Г. А. Технология муки. Технология крупы / Г. А. Егоров. – М. : КолосС, 2005. – 296 с.

133. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів / [Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук та ін.] ; за ред. Г. М. Лисюк. – Х. : Університетська книга, 2009. – 464 с.

134. Малышева Т. П. Повышение качества хлебобулочных изделий с применением мучной композитной смеси «8 злаков» / Т. П. Малышева // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития : 15-я Всерос. науч.-практ. конф., 18 апреля 2014 г. : тезисы докл. – Екатеринбург : Урал. гос. экон. ун-т, 2014. – С. 25–30.

135. Коршенко Л. О. Обоснование использования гречневого солода при разработке композиции хлебопекарного улучшителя / Л. О. Коршенко, О. Г. Чижикова, Т. В. Танашкина // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Вып. № 1 (32). – С. 49–53.

136. Pat. 264813 ЧССР, МКИ⁴ А21 D2/38. Dietetiske, pekarske a pecivarencke vyrobky s prisadou svetleho sladoveho kveto / Danisova С., Pribela С., Rasko А. – № 3712-86. А ; stated 21.05.86 ; published 15.12.89.

137. Дробот В. І. Дослідження впливу житньо-солодового екстракту на біохімічні процеси в тісті / В. І. Дробот, Т. А. Сильчук // Наукові праці НУХТ. – 2002. – № 11. – С. 50–51.

138. Труфанова Т. И. Влияние пшеничной солодовой муки на качество хлеба / Т. И. Труфанова, Т. А. Юдина // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты : XI науч.-практ. конф. : тезисы докл. – М. : ИК МГУПП, 2013. – С. 108–111.

139. Товарознавство вторинної сировини / А. А. Дубініна, З. П. Карпенко, С. О. Дубініна, Г. А. Селютіна. – К. : Професіонал, 2009. – 336 с.

140. Экструдовані висівки – перспективна сировина для хлібопечення / [В. М. Махинько, Л. В. Махинько, О. В. Подобій та ін.] // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 6 (171). – С. 73–74.

141. Перспективы использования вторичного сырья крупяных производств / Т. А. Никифорова, С. М. Севериненко, Д. А. Куликов, С. Г. Пономарев // Хлебопродукты. – 2009. – № 7. – С. 50–51.

142. Сафонова О. М. Використання зародків пшениці в технології хлібобулочних виробів оздоровчого призначення з борошна пшеничного озонованого / О. М. Сафонова, О. А. Холодова // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2011. – Вип. 40 (1). – С. 127–130.

143. Дробот В. І. Споживча та фізіологічна цінність хлібобулочних виробів для хворих на цукровий діабет, збагачених фізіологічно-функціональними інгредієнтами / В. І. Дробот, Н. О. Місечко, Ю. В. Бондаренко // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості : Міжнар. наук. конф., присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13–17 жов. 2014 р. : тези доп. – К. : НУХТ, 2014. – С. 74.

144. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности / В. И. Дробот. – К. : Урожай, 1988. – 150 с.

145. Šramková Z. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain / Z. Šramková, E. Gregová, E. Šturdík // Acta Chimica Slovaca. – 2009. – Vol. 2, № 1. – P. 115–138.

146. Путилина М. Л. Крупность дезинтегрированных отрубей и их влияние на качество хлеба / М. Л. Путилина, С. И. Конева // Инновационные технологии в пищевой промышленности : IX междунар. науч.-практ. конф., 7–8 окт. 2010 г. : тезисы докл. – Минск, 2010. – С. 58–61.

147. Wheat bran: Its composition and benefits to health, a European perspective / L. Stevenson, F. Phillips, K. O'Sullivan, J. Walton // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2012. – Vol. 63 (8). – P. 1001–1013.

148. А. с. 931138 СССР, М. Кл.³ А 21D 2/36. Способ производства хлеба / И. М. Рейтер, А. П. Демчук, Л. Ю. Тарасенко и др. (СССР). – 2968130/28-13 ; заявл. 27.05.80 ; опубл. 30.05.82, Бюл. № 20.

149. Повышение биологической ценности хлеба за счет тонкодиспергированных отрубей / [Л. Ю. Тарасенко, А. П. Демчук, Н. А. Чумаченко и др.] // Научно-технический реферативный сборник. Серия 14. – 1981. – Вып. 3. – С. 52–55.

150. Влияние добавок тонкодиспергированных отрубей на свойства теста и качество хлеба / [И. М. Ройтер, Л. Ю. Тарасенко, А. П. Демчук и др.] // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1981. – № 6. – С. 22–23.

151. Бортнічук О. В. Використання пшеничних висівок у виробництві хлібобулочних виробів / О. В. Бортнічук, В. В. Цирульнікова, В. Ф. Доценко // Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки

продовольства : IV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчен., асп. і студ. – К. : НУХТ, 2014. – С. 54–56.

152. Production of Microfluidized Wheat Bran Fibers and Evaluation as an Ingredient in Reduced Flour Bakery Product / В. Mert, А. Tekin, I. Demirkesen, G. Kocak // Food and Bioprocess Technology. – 2014. – Vol. 7 (10). – P. 2889–2901.

153. Екструдовані висівки – перспективна сировина для хлібопечення / В. М. Махинько, Л. В. Махинько, О. В. Подобій, М. О. Піонтківська // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 6 (171). – С. 73–74.

154. Конева С. И. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности / С. И. Конева, Э. П. Могучева // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/2. – С. 141–144.

155. Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran in Bread Making: A Critical Review / [S. Hemdane, Pieter J. Jacobs, E. Dornez et al.] // Reviews in Food Science and Food Safety. – Comprehensive, 2015. – Vol. 1. – P. 1–14.

156. Fermented Wheat Bran as a Functional Ingredient in Baking / [K. Katina, R. Juvonen, A. Laitila, L. Flander et al.] // Cereal Chemistry. – 2012. – № 89 (2). – P. 126–134.

157. Salmenkallio-Marttila M. Effects of bran fermentation on quality and microstructure of high-fiber wheat bread / M. Salmenkallio-Marttila, K. Katina, K. Autio // Cereal Chemistry. – 2001. – № 78. – P. 429–435.

158. Еремин С. Ф. Исследование и разработка технологии хлеба на основе применения молочной сыворотки и ферментированных пшеничных отрубей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Еремин Сергей Федорович. – К., 2003. – 108 с.

159. Пат. 2262853 Российская Федерация, МПК⁷ А21D8/02. Способ приготовления хлеба с пшеничными отрубями «Калининский» / Крестьянинова Н. В., Хаванова Н. Е. ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Уфимский хлебозавод № 7». – № 2262853 ; заявл. 26.03.02 ; опубл. 27.10.2005, Бюл. № 30.

160. Халікова Е. Ф. Вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість» на структурно-механічні властивості тіста хлібців висівкових / Е. Ф. Халікова, О. А. Білик, Т. А. Федорова // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості : Міжнар. наук. конф., присвячена 130-річчю НУХТ, 13–17 жов. 2014 р. : тези доп. – К. : НУХТ, 2014. – С. 64.

161. Пат. 2433620 Российская Федерация, МПК А21D13/02, А21D2/00. Способ производства пшеничного хлеба повышенной пищевой ценности (варианты) / Кузьмина С. С., Могучева Э. П. ; заявитель и патентообладатель Алтайский гос. техн. университет

им. И. И. Ползунова. – № 2433620 ; заявл. 23.04.10 ; опубл. 20.11.11, Бюл. № 32.

162. Use of Oat Bran in Bread: Fiber and Oil Enrichment and Technological Performance / S. Beccerica, M. A. de la Torre, Hugo D. Sanchez, Carlos A. Osella // *Food and Nutrition Sciences*. – 2011. – № 2. – P. 553–559.

163. Чолак О. Дослідження впливу додавання лецитину та пшеничних висівок на дозрівання тіста та якість хліба з пшеничного борошна / О. Чолак // *Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів*. – 2014. – С. 49–51.

164. Пат. 2064265 Российская Федерация, МПК⁷ А21D8/02. Способ производства хлебных изделий / Малкина В. Д., Фурсова С. А., Сеферян А. А. и др. ; заявитель и патентообладатель Всесоюзный заочный институт пищевой промышленности, Государственная фирма по производству хлебобулочных и кондитерских изделий «Яуза». – № 92005012/13 ; заявл. 06.11.92 ; опубл. 10.04.96, Бюл. № 25.

165. Экструдаты зерна в производстве хлебобулочных изделий / [В. И. Демченко, В. И. Корчагин, Г. О. Магомедов и др.] // *Хлебопечение России*. – 2003. – № 5. – С. 16–17.

166. Технологічна характеристика висівок різної дисперсності та їхній вплив на якість макаронних виробів / Г. В. Карпик, Н. О. Шелест, В. Г. Юрчак, І. Н. Матвієнко // *Хранение и переработка зерна*. – 2013. – № 8. – С. 48–50.

167. Zhang D. Wheat bran particle size effects on bread baking performance and quality / D. Zhang, W. Moore // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1999. – № 79 (6). – P. 805–809.

168. Kaprelyants L. Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts / L. Kaprelyants, S. Fedosov, D. Zhygunov // *Journal of Science of Food and Agriculture*. – 2013. – № 93 (14). – P. 3611–3616.

169. Кузнецова Н. В. Разработка технологического режима приготовления хлеба повышенной пищевой ценности из муки с тонкодиспергированными отрубями пшеницы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Кузнецова Нина Васильевна. – М., 1984. – 266 с.

170. Годунова Л. Ю. Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий с применением побочных продуктов мукомольного производства : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Годунова Людмила Юрьевна. – К., 1984. – 158 с.

171. Борисенко О. В. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / О. В. Борисенко. – Київ, 2008. – 20 с.

172. Разработка и внедрение в производство нанотехнологий переработки пшеничных отрубей / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, Ю. Г. Наконечна и др.] // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., 12–14 листопада 2014 р. : тези доп. – Х. : ХДУХТ, 2014. – С. 207–209.

173. Кузьмина С. С. Перспективы использования ржаных отрубей для интенсификации созревания теста / С. С. Кузьмина, Л. А. Козубаева // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания : VI Междунар. науч.-практ. конф., 21–22 окт. 2012 г. : тезисы докл. – Челябинск : ЮУрГУ, 2012. – С. 60–63.

174. Bonafaccia G. Composition and technological properties of the flour and bran common and tartary buckwheat / G. Bonafaccia, M. Marocchini, I. Kreft // Food Chemistry. – 2003. – № 83. – P. 1–5.

175. Sharma S. Effect of incorporation of corn byproducts on quality of baked and extruded products from wheat flour and semolina / S. Sharma, J. Pal Gupta, H. P. S. Nagi, R. J. Kumar // Food Sci Technol. – 2012. – № 49 (5). – P. 580–586.

176. Дудкин М. С. Хлебобулочные лечебно-профилактические изделия / М. С. Дудкин, Л. Ф. Щелкунов // Наукові праці ОДАХТ. – 2002. – Вип. 24. – С. 212–214.

177. Hao M. Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts / M. Hao, T. Beta // Food Chemistry. – 2012. – № 133. – P. 1320–1325.

178. Перспективы использования вторичного сырья крупяных производств / Т. Никифорова, С. Севериненко, Д. Куликов, С. Пономарев // Хлебопродукты. – 2009. – № 7. – С. 50–51.

179. Куликов Д. А. Разработка ресурсозберегающей технологии из вторичного сырья крупяного производства : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Д. А. Куликов. – Оренбург, 2010. – 25 с.

180. Шаншарова Д. Пшеничный хлеб с использованием рисовой и гречневой муки / Д. Шаншарова // Хлебопродукты. – 2010. – № 8. – С. 39–41.

181. Макарова О. В. Пищевая ценность изделий на основе зерновых смесей / О. В. Макарова, Г. Ф. Пшенишнюк, А. С. Иванова // Наукові праці ОНАХТ. – 2014. – Т. 1, № 46. – С. 133–137.

182. Березина Н. Влияние кукурузной мезги на качество хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки / Н. Березина // Хлебопродукты. – 2011. – № 10. – С. 44–45.

183. Смотраева И. В. Использование вторичных материальных ресурсов пивоварения в хлебопекарной промышленности : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Смотраева Ирина Владимировна. – СПб., 2003. – 120 с.

184. Шишацкий Ю. И. Получение сушеной доспиртовой дробины и ее применение в производстве хлебобулочных изделий / Ю. И. Шишацкий, Г. В. Агафанов, В. А. Бырбыткин. – Воронеж : Воронеж. гос. техн. акад., 2007. – С. 19–22.

185. Awad A. Mahmoud. Wheat germ: an overview on Nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics / Awad A. Mahmoud, Adel A. Mohdaly, Nady A. Elneairy // Food and Nutrition Science. – 2015. – № 6. – P. 265–277.

186. Brandolini A. Wheat germ: not only a by-product / A. Brandolini, A. Hidalgo // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2012. – Vol. 63, № 51. – P. 71–74.

187. Мука из жмыха зародышей пшеницы – перспективное сырье для производства хлебобулочных изделий / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Бакаева, И. С. Быковская // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3 – С. 397.

188. Щербаков В. Г. Биохимия и товароведение масличного сырья / В. Г. Щербаков. – М. : Агропромиздат, 1991. – 304 с.

189. Дорохович А. Пшеничный зародыш / А. Н. Дорохович, А. П. Демчук // Хлебопродукты. □ 1996. – № 6. – С. 19–21.

190. Використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» для підвищення харчової цінності пшеничного хліба / О. І. Кравченко, Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, П. А. Карпенко // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса : ОНАХТ, 2010. – Вип. 38, Т. 1. – С. 195–200.

191. Солоницька І. В. Розробка технології виробництва хлібобулочних виробів із пластівцями пшеничних зародків / І. В. Солоницька, І. М. Калугіна // Хранение и переработка зерна. – 2006. – № 10 (88). – С. 32–33.

192. Шаззо А. А. Существующие и перспективные направления комплексной переработки зерна кукурузы / А. А. Шаззо, Е. А. Бутина, Е. О. Герасименко // Новые технологии. – 2011. – № 2. – С. 58–64.

193. Биологически активные вещества пищевых продуктов : справочник / [В. В. Петрушевский, В. Г. Гладких, Е. В. Винокурова и др.]. – К. : Урожай, 1992. – 192 с.

194. Мерко І. Т. Наукові основи і технологія переробки зерна / І. Т. Мерко, В. О. Моргун. – Одеса, 2001. – 348 с.

195. Бабенко П. П. Разработка технологии комплексной переработки зародышей пшеницы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Бабенко Павел Петрович. – М., 2001. – 215 с.

196. Properties of Dough and Flat Bread Containing Wheat Germ / M. Majzoobi, S. Farhoodi, A. Farahnaky, M. J. Taghipour // J. Agr. Sci. Tech. – 2012. – Vol. 14. – P. 1053–1065.

197. Characteristics and functional properties of wheat germ protein glycated with saccharides through Maillard reaction / Li-Ya Niu, Shao-Tong Jiang, Li-Jun Pan, Ying-Si Zhai // Institute of Food Science and Technology. – 2011. – P. 2197–2203.

198. Исследование процесса стабилизации свойств растительного сырья в процессе хранения / [Н. С. Родионова, Е. С. Попов, Н. Н. Попова и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11. – С. 1911–1915.

199. Шаповаленко О. І. Мікрохвильова обробка пшеничних зародків і сушіння інфрачервоним випромінюванням / О. І. Шаповаленко, Т. І. Янюк // Зерно і хліб. – 2000. – № 4. – С. 20–21.

200. Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough / Alok K. Srivastava, M. L. Sudha, V. Baskaran, K. Leelavathi // European Food Research and Technology. – 2007. – P. 365–372.

201. Технологія виробництва дієтичних висівок пшеничних і зародкових пластівців харчового призначення / [Г. К. Колкуновой, А. С. Талаева, М. Ю. Уразова та ін.] // Шляхи підвищення якості зерна і зернопродуктів, поліпшення асортименту борошна, крупи і хліба : Всесоюз. наук. конф. : тези доп. – М., 1989. – С. 132–133.

202. Пат. 2259746 Российская Федерация МПК⁷ А23В9/24, 9/16. Способ стабилизации ферментативной активности пшеничных зародышей / Шевцов А. А., Зяблова Т. В., Бондаренко О. А., Капранчиков В. С., Черникова Е. А. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. академия. – № 2004106496/13 ; заявл. 04.03.04 ; опубл. 10.09.05, Бюл. № 25.

203. Шаповаленко О. І. Електромагнітна стабілізація якості / О. І. Шаповаленко, Т. І. Янюк, О. П. Яненко // Зерно і хліб. – 2001. – № 1. – С. 34–35.

204. Архипова Н. А. Производство сдобных хлебобулочных изделий с применением зародышевых хлопьев / Н. А. Архипова, Л. Б. Иванова, В. Н. Яичкин // Хранение и переработка зерна. – 2010. – № 4 (130). – С. 65–66.

205. Дорохович А. Н. Использование нетрадиционного сырья в кондитерской промышленности : справочник / А. Н. Дорохович, А. С. Острик, А. Н. Мироненко. – К. : Урожай, 1989. – 112 с.

206. Пат. № 2342836 Российская Федерация, МПК⁵¹ А21D8/02, А21D2/36, А21D13/08, А23L1/16. Способ производства пищевого продукта / Трофимов В. К., Трофимова Г. Г. ; заявители и патентообладатели

Трофимов В. К., Трофимова Г. Г. – № 2007107787/13 ; заявл. 01.03.07 ; опубл. 10.01.09, Бюл. № 1.

207. Пат. 2088090 Российская Федерация, МПК⁷ А21D8/02. Состав теста для производства хлеба с пшеничными зародышевыми хлопьями / Шмарин А. Р., Коман О. А., Фильченко Н. П., Трубина В. П., Шмарина Е. П. и др. ; заявитель и патентообладатель Шмарин А. Р., Коман О. А., Фильченко Н. П., Трубина В. П., Шмарина Е. П. – № 95102813 ; заявл. 17.02.95 ; опубл. 20.03.97, Бюл. № 12.

208. Санина Т. В. Перспективы применения пшеничных зародышевых хлопьев в производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Т. В. Санина, Е. И. Пономарева, О. Н. Воропаева // XII отч. науч. конф. за 2002 г. : материалы докл. – В., 2003. – С. 56–57.

209. Пат. 2456804 Российская Федерация, МПК А21D8/02, А21D2/38, А21D8/04. Способ производства хлеба / Косован А. П., Костюченко М. Н., Невская Е. В. и др. ; заявитель и патентообладатель Гос. науч.-исследоват. институт хлебопекарной пром-ти Россельхозакадемии. – № 2456804 ; заявл. 20.04.11 ; опубл. 27.07.12, Бюл. № 21.

210. Пат. 2007107787 Российская Федерация, МПК А21D8/02, А21D2/36, А21D13/08, А21D1/126. Способ производства пищевого продукта / Трофимов В. К., Трофимова Г. Г. ; заявители и патентообладатели Трофимов В. К., Трофимова Г. Г. – № 2007107787 ; заявл. 01.03.07 ; опубл. 10.09.08, Бюл. № 1.

211. Пат. 2244429 Российская Федерация, МПК⁷ А21D8/02. Способ производства хлеба повышенной пищевой ценности / Санина Т. В., Пономарева Е. И., Воропаева О. Н. ; заявители и патентообладатели Воронеж. гос. технол. академия. – № 2003119012/13 ; заявл. 24.06.03 ; опубл. 20.01.05, Бюл. № 2.

212. Gomez M. Effect of Extruded Wheat Germ on Dough Rheology and Bread Quality [Electronic resource] / M. Gomez, J. Gonzales, B. Oliete // Food and Bioprocess Technology. – 2011. – Available at : <http://www.springerlink.com/content/t85032810r285844/>

213. Effects of bread making and wheat germ addition on the natural deoxynivalenol content in bread / I. Gimenez, J. Blesa, M. Herrera, A. Arino // Toxins. – 2014. – № 6. – P. 394–401.

214. Кравченко О. І. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням дієтичних добавок із зародків пшениці : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.07 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / О. І. Кравченко. – Харків, 2012. – 22 с.

215. Пономарева Е. И. Влияние продуктов переработки зародышей пшеницы на показатели качества зернового хлеба / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Бакаева // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 4. – С. 106–109.

216. Джураева Н. Р. Новый вид жирового продукта для хлебопекарного производства / Н. Р. Джураева, Т. И. Атамуратова, И. Б. Исабаев // Техника и технология пищевых производств : тезисы докл. – Могилев : МГУП, 2014. – С. 129.

217. Susan N. Boero. Corn germ bread : processing, nutritional and flavor aspects / Susan N. Boero. – Manhattan, 1977. – 111 p.

218. Minaeera M. Evaluation of additional low fatted corn germ flour on chemical and rheological properties of toast breads / M. Minaeera, S. Movahhed, K. Zargari // Annals of Biological Research. – 2012. – Vol. 3 (6). – P. 2609–2614.

219. Effect of defatted maize germ flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread / [M. Siddiq, M. Nasir, R. Ravi et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2009. – № 42. – P. 464–470.

220. Minaeera M. Evaluation of additional low fatted corn germ flour on chemical and rheological properties of toast breads / M. Minaeera, S. Movahhed, K. Zargari // Annals of Biological Research. – 2012. – Vol. 3 (6). – P. 2609–2614.

221. Пат. 2340189 Российская Федерация, МПК А21D8/02, А21D2/38. Способ приготовления хлебобулочного изделия / Мартовщук В. И., Першакова Т. В., Тазова З. Т., Кудзиева Ф. Л., Корнен Н. Н., Мхитарьянц И. Г. ; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. технол. университет. – № 200712616/13 ; заявл. 09.07.07 ; опубл. 09.07.07, Бюл. № 34.

222. Шилкина Е. Ингредиенты для улучшения качества хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Е. Шилкина // Хлебопродукты. – 2007. – № 12. – С. 40–42.

223. Козловский В. С. Биологически активные добавки из зародышей пшеницы / В. С. Козловский // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 1. – С. 36–38.

224. Смертина Е. С. Перспективы применения нетрадиционного сырья растительного происхождения в хлебопечении / Е. С. Смертина, Л. Н. Федянина, Т. К. Каленик // Хлебопечение. – 2012. – № 4. – С. 12–14.

225. Пахомова О. Н. Перспективность использования жмыхов и шротов масличных культур для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания / О. Н. Пахомова // Научные записки Орел ГИЭТ. – 2011. – № 1 (4). – С. 30–34.

226. Комплексная переработка пшеницы с получением биологически активных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.apk-inform.com/ru/processing/10950#.V1VovyFgeUQ>

227. Пшенишнюк Г. Ф. Використання зернових добавок в технології борошняних виробів / Г. Ф. Пшенишнюк, К. Г. Іоргачова, О. В. Макарова // Хранение и переработка зерна. – 2004. – № 7 (61). – С. 39–40.

228. Добавки дієтичні із насіння та жмихів харчових олійних культур : ТУ У 15.8-24239651-007:2007. – [Чинний від 2010-06-15]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – С. 13–27.

229. Шрот насіння вівса : ТУ 15.8-32062796-003:2008. – [Чинний від 2012-07-06]. – Житомир : Держспоживстандарт України, 2012. – С. 13–27.

230. Продукция [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bioproduct.com.ua/>

231. Техника и технологии производства и переработки растительных масел / С. А. Нагорнов, Д. С. Дворецкий, С. В. Романцова, В. П. Таров. – Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.

232. Косторных М. С. Товароведение и экспертиза пищевых жиров, молока и молочных продуктов / М. С. Косторных. – М. : Центр экономики и маркетинга, 2003. – 260 с.

233. Марьин В. А. Использование войлочных кругов при шлифовании ядра овса / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Food Processing: Techniques. – 2014. – № 4. – С. 26–31.

234. Барсукова Н. В. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н. В. Барсукова, Д. А. Решетников, В. Н. Красильников // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – № 1. – С. 43–46.

235. Урлапова И. Б. Влияние гранулометрического состава на качество пшеничной хлебопекарной муки : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / И. Б. Урлапова. – Москва, 2004. – 25 с.

236. Хлебопекарные свойства муки повышенной дисперсности из цельносмолотого зерна пшеницы / [И. А. Швецова, Б. М. Максимчук, Н. А. Попов и др.] // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1988. – № 6. – С. 32–35.

237. Алешин А. М. Исследование дисперсного состава хлебопекарной муки кондуктометрическим методом / А. М. Алешин, В. И. Лашманов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1992. – № 5–6. – С. 86–87.

238. Пищевые волокна / [М. С. Дудкин, Н. К. Черно, И. С. Казанская и др.] – К. : Урожай, 1988. – 152 с.

239. Степанькова Г. В. Оцінка функціонально-технологічних властивостей продуктів переробки зародків вівса та кукурудзи для їх використання в технології пшеничного хліба / Г. В. Степанькова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : 80-та наук. конф., 2–3 квіт. 2014 р. : тези доп. – К. : НУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 192–193.

240. Олейник С. Г. Применение продуктов переработки зародышей зерновых культур в технологии пшеничного хлеба оздоровительного назначения / С. Г. Олейник, Г. В. Степанькова, Е. И. Кравченко // Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения : Междунар. науч.-практ. конф., 17 апр. 2015 г. : тезисы докл. – Кутаиси, 2015. – С. 95–98.

241. Олійник С. Г. Продукти переробки зародків вівса та кукурудзи як перспективна сировина в технології хлібобулочних виробів / С. Г. Олійник, Г. В. Степанькова, О. І. Кравченко // Харчова наука і технологія. – 2015. – Т. 9, № 3. – С. 62–68.

242. Корячкина С. Я. Технология мучных кондитерских изделий / С. Я. Корячкина, Т. В. Матвеева. – СПб. : Троицкий мост, 2011. – 400 с.

243. Дробот В. И. Разработка и научное обоснование технологии использования в хлебопекарном производстве новых видов сырья с целью повышения пищевой ценности хлеба и экономии сырьевых ресурсов : автореф. на соискание учен. степени д-ра техн. наук. : спец. 05.18.01 «Технология хлебопекарных продуктов, кондитерских изделий и пищевых концентратов» / В. И. Дробот. – М., 1988. – 50 с.

244. Углеводы в клейковине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://girls4girls.ru/kleykovina-pshenicy/2506-uglevody-v-kleykovine-chast-6.html>

245. Gallus H. Phenolic compounds in wheat flour and dough / H. Gallus, A. Jennings // Austr. J. Biol. Sci. – 1974. – № 24. – P. 747–753.

246. Запрометов М. Н. Фенольные соединения. Распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М. : Наука, 1993. – 272 с.

247. Fisher N. Lipid binding in flour, dough and bread / N. Fisher, B. Bell, E. Rawlings // J. Sci. Fd. Agr. – 1973. – № 24 (2). – P. 147–155.

248. О влиянии липидов на содержание SH-групп и дисульфидных связей в клейковине / В. Г. Байков, А. П. Нечаев, Л. И. Пучкова, Г. Н. Терентьева // Прикладная биохимия и микробиология. – 1970. – С. 1, 6, 32.

249. Владимірова Е. Г. Біохімія зерна, біохімія хлібопечення, біохімія бродильних производств / Е. Г. Владимірова, Г. И Ушакова, О. П. Кушнарєв. – Оренбург : ОГУ, 2004. – С. 24.

250. Николаєв Б. А. Структурно-механічні властивості мучного теста / Б. А. Николаєв. – М. : Пищ. промисловість, 1976. – 246 с.

251. Писарець О. П. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням кукурудзяного борошна : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / О. П. Писарець. – Київ, 2015. – 22 с.

252. Сборник технологических инструкций. – М. : Прейскурантиздат, 1989. – 494 с.

253. Федорова Р. А. Применение функциональных добавок и нетрадиционных видов сырья в хлебопекарной промышленности / Р. А. Федорова, В. М. Пономаренко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – СПб. : НИУ ИТМО. – 2011. – № 1. – С. 329–336.

254. Ларионова И. Солодовые экстракты для пищевой и пивоваренной промышленности / И. Ларионова // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. – 2003. – № 4. – С. 16–18.

255. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв / [В. І. Дробот, Л. Ю. Арсенєва, О. А. Білик та ін.]. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.

256. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії : Наказ МОЗ України 3272 від 18.11.99 р. // Офіційний вісник. – 1999. – № 49. – С. 340–347.

257. Сильчук Т. А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів подовженого терміну зберігання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів» / Т. А. Сильчук. – Київ, 2004. – 23 с.

258. Застосування принципів кваліметрії для оцінювання якості печива з додаванням напівфабрикату кісткового харчового / О. Г. Шидакова-Каменюка, М. П. Головка, І. С. Роговий, А. Л. Рогова // Прогресивні техніки та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Х. : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С. 213–221.

259. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сирвини» [Електронний ресурс] : Закон України. – Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0088-13>

Наукове видання

ОЛІЙНИК Світлана Георгіївна
СТЕПАНЬКОВА Галина Вячеславівна
САМОХВАЛОВА Ольга Володимирівна
КРАВЧЕНКО Олена Іванівна

**ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО
З ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРОБКИ ЗАРОДКІВ ВІВСА
ТА КУКУРУДЗИ**

Монографія

Відповідальна за випуск зав. кафедри канд. техн. наук,
проф. О. В. Самохвалова

Техн. редактор В. П. Вавіліна

План 2017 р., поз. 16/14/17

Підп. до друку 09.02.2017 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. Друк офс.
Ум. друк. арк. 7,6. Тираж 300 прим.

Видавець і виготівник

Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4417 від 10.10.2012 р.