

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ**  
**ТА ТОРГІВЛІ**

**ЗАПАРЕНКО ГАННА ВОЛОДИМИРІВНА**



УДК 644.641

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПОЛБ'ЯНОГО ТА ПШЕНИЧНОГО**  
**ЗЕРНОВОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ**

Спеціальність 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів,  
кондитерських виробів та харчових концентратів

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Харків – 2016**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент  
**Олійник Світлана Георгіївна,**  
Харківський державний університет харчування та торгівлі,  
доцент кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,  
член-кореспондент НААН України  
**Дробот Віра Іванівна,**  
Національний університет харчових технологій,  
професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів

кандидат технічних наук, доцент  
**Солоницька Ірина Валеріївна,**  
Одеська національна академія харчових технологій,  
доцент кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів

Захист відбудеться “02” грудня 2016 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.088.03 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий “02” листопада 2016 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



О.О. Юр'єва

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Одним із пріоритетних напрямів розвитку хлібопекарської галузі нашої країни є розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого призначення. Перспективним шляхом вирішення цього завдання є виробництво хліба з цілого зерна, що дозволяє максимально зберегти закладені природою в зернівку білки, неперетравлювані компоненти їжі, вітаміни, макро- та мікроелементи. Регулярне споживання зернових сортів хліба сприяє зниженню ризику виникнення ожиріння, діабету, серцево-судинних, онкологічних та інших захворювань, що свідчить про необхідність збільшення їх частки в асортименті хлібобулочної продукції.

Зерновий хліб виготовляється переважно з пшениці, яка в силу своїх сортових особливостей містить недостатню кількість білка, тому постійно триває пошук альтернативних видів зернової сировини для хлібопечення. Серед них привертає увагу полба (*Triticum dicoccum Schrank*), яка є давнім прародичем сучасної пшениці та порівняно з нею характеризується вищим вмістом білка, харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин. Фахівцями Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України створено адаптований для агрокліматичних умов України сорт полби, який раніше у хлібопеченні не використовувався. Отже, вивчення хімічного складу, хлібопекарських властивостей і можливості застосування полби нового сорту в технології зернового хліба становить науковий і практичний інтерес.

Відомо, що хліб із цілого зерна за показниками якості поступається виробам із борошна, що спричинене крупністю часток, значним умістом у зерні некрохмальних полісахаридів і погіршенням стану клейковини під час тривалої стадії його замочування. З огляду на це своєчасним є пошук технологічних заходів, спрямованих на підвищення споживчих властивостей зернового хліба.

Світовою практикою визнано, що найбільш ефективним шляхом інтенсифікації технологічних процесів і покращення якості хлібобулочних виробів є застосування ферментних препаратів. З метою регулювання структурно-механічних властивостей виробів із високим вмістом некрохмальних полісахаридів з успіхом застосовуються цитолітичні ферментні препарати, а для укріплення слабкої клейковини – ферментні препарати окисно-відновної дії. Целюлази та геміцелюлази знайшли застосування в технології зернового хліба під час замочування зерна, проте більш ефективно впливати на стан біополімерів можна шляхом їх уведення на стадії тістоприготування в комплексі з окисно-відновними ферментами. Відомостей про сумісне застосування ферментних препаратів цитолітичної дії та оксидоредуктаз у технології зернового хліба під час приготування тіста в науковій літературі не знайдено, що ставить задачу системного вивчення їх впливу на перебіг процесів формування якості напівфабрикатів і готової продукції.

У даній роботі запропоновано використовувати вітчизняні ферментні препарати целюлолітичної та геміцелюлолітичної дії – Целюлад і Ксилюлад, а

також окисно-відновної дії – Глюкозооксидазу (ДП «Ензим», м. Ладижин), застосування яких у технології хліба на сьогодні вивчено недостатньо.

У цьому зв'язку дослідження, спрямовані на наукове обґрунтування використання вітчизняних ферментних препаратів Целюладу, Ксилораду та Глюкозооксидази в технології хліба полб'яного та пшеничного зернового для покращення його органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей, є актуальними.

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

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематичних планів наукових досліджень у рамках держбюджетної і бюджетної тематики Харківського державного університету харчування та торгівлі: № 1-15 БО (0115U001114) «Розробка інноваційних технологій оздоровчих харчових продуктів на основі рослинної сировини і оптимізація процесів та обладнання для їх виробництва» (на замовлення Міністерства освіти і науки України); № 07-13-14Б (0115U002004) «Розробка сучасних конкурентоздатних технологій хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів оздоровчого, лікувально-профілактичного та дієтичного призначення», а також госпдоговірної теми № 17-15-16Д (0115U004982) «Розробка технології хліба оздоровчого призначення».

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є розробка технології хліба полб'яного та пшеничного зернового покращеної якості з використанням ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі задачі:

- визначити та порівняти хімічний склад і технологічні властивості зерна полби та пшениці;
- встановити раціональні параметри технологічної стадії замочування зерна полби та пшениці;
- обґрунтувати кількісний склад ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії для покращення показників якості зернового тіста та хліба;
- вивчити вплив обраних ферментних препаратів на перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів дозрівання зернового тіста;
- дослідити структурно-механічні властивості зернового тіста з додаванням ферментних препаратів;
- на основі результатів досліджень розробити технологію полб'яного та пшеничного зернового хліба з додаванням ферментних препаратів;
- вивчити споживчі властивості нових виробів за органолептичними та фізико-хімічними показниками їх якості, харчовою та біологічною цінністю, перетравлюваністю білкових речовин і вуглеводів, збереженістю свіжості;
- розробити та затвердити нормативну документацію на розроблені вироби, здійснити їх промислову апробацію та впровадження у виробництво, визначити економічну ефективність від їх реалізації.

*Об'єкт дослідження* – технологія зернового хліба.

*Предмет дослідження* – хімічний склад і технологічні властивості зерна полби та пшениці, процеси, що відбуваються під час замочування зерна та дозрівання зернового тіста, показники якості, харчової цінності та перетравлюваності зернового хліба з додаванням ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу і Глюкозооксидази та без них.

*Методи дослідження* – стандартні та спеціальні органолептичні, фізико-хімічні, хімічні, біохімічні, мікробіологічні методи визначення якості вихідної сировини, напівфабрикатів і готових виробів; математичні методи планування експерименту та обробки експериментальних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що вперше:

- теоретично та експериментально обґрунтовано технологію зернового полб'яного та пшеничного хліба, яка відрізняється додаванням ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази на стадії приготування тіста, що дозволяє отримати вироби з покращеними органолептичними, фізико-хімічними і структурно-механічними властивостями та подовженим терміном збереження свіжості;

- здійснено порівняльний аналіз хімічного складу та технологічних властивостей зерна полби та пшениці. Установлено, що полба характеризується вищим порівняно з пшеницею вмістом білка, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, містить більшу кількість менш пружної клейковини, має вищу автолітичну активність та цукроутворювальну здатність;

- на підставі отриманих закономірностей зміни вологості, структурно-механічних властивостей, стану білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів зерна під час гідратації, а також показників якості полб'яного та пшеничного хліба, доведено можливість скорочення тривалості замочування полби порівняно з пшеницею за рахунок менших розмірів зерна, більшого вмісту в ньому високогідрофільних сполук і вищої ферментативної активності;

- з використанням математичних методів експериментально-статистичного моделювання й оптимізації обґрунтовано рецептурні дозування ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази, сумісне додавання яких на стадії замішування тіста забезпечує підвищення якості полб'яного та пшеничного зернового хліба;

- отримано закономірності впливу комплексу дослідних ферментних препаратів на динаміку некрохмальних полісахаридів і редукуючих речовин, стан клейковини під час дозрівання тіста, на підставі яких доведено, що частковий гідроліз целюлози та пентозанів під дією Целюладу та Ксилоладу, укріплення клейковини та зниження інтенсивності протеолізу процесів під впливом Глюкозооксидази приводять до покращення реологічних властивостей тіста й інтенсифікації мікробіологічних процесів у ньому;

- в умовах *in vitro* встановлено покращення перетравлюваності білків і вуглеводів зернового полб'яного та пшеничного хліба, виготовленого з додаванням комплексу ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази.

Набули подальшого розвитку наукові уявлення щодо впливу властивостей зерна на перебіг фізико-хімічних, колоїдних, біохімічних і мікробіологічних процесів під час його замочування; особливостей використання ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії в технології хлібобулочних виробів.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію зернового полб'яного та пшеничного хліба з використанням ферментних препаратів Целюлад, Ксилолад і Глюкозооксидаза. Нову технологію апробовано і впроваджено на хлібопекарських підприємствах м. Харкова та Харківської області: ФО-П Жирко С.О. і ФО-П Стрілець О.І. Новизну технічних рішень підтверджено деклараційним патентом України на корисну модель № 89687 «Спосіб виробництва зернового хліба».

Розроблено експериментальну установку для визначення сили різання зерна (патент України на корисну модель № 103679 «Прилад для вимірювання сили різання»), застосування якої дозволяє інтенсифікувати процес вимірювання та підвищити його точність.

Результати дисертаційної роботи використано в навчальному процесі кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів ХДУХТ під час викладання дисциплін «Технологія галузі» і «Технологія функціональних хлібобулочних і кондитерських виробів».

**Особистий внесок здобувача** полягає в плануванні та проведенні експериментальних досліджень у лабораторних і виробничих умовах, їх математичній обробці та науковому аналізі, формулюванні висновків; участі в розробці патентної та нормативної документації, підготовці матеріалів до публікації, апробації та впровадженні розроблених технологій у виробництво.

Аналіз та узагальнення наукових результатів проведено разом із науковим керівником дисертаційної роботи доцентом, к.т.н. С.Г. Олійник.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Всеукраїнській конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (Одеса, 2013 р.); Міжнародному науковому форумі «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2013 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів і молодих учених «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (Харків, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (Харків, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (Харків, 2014, 2016 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (Кирилівка, 2015 р.).

Розроблена продукція демонструвалась на виставці наукових розробок ХДУХТ з нагоди 95-річчя Національної академії наук України (Харків, 2013 р.), виставці-дегустації, присвяченій Дню технолога (Харків, 2014 р.), засіданні експертно-дегустаційної комісії ХДУХТ (Харків, 2015 р.); на VII спеціалізованій виставці з міжнародною участю «Освіта Слобожанщини та навчання за кордоном – 2015» (Харків, 2015 р.); виставці в рамках міжнародного інвестиційно-консультаційного бізнес-форуму «Європа без кордонів» (Харків, 2015 р.); виставках, що проводилися в рамках Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (Харків, 2015–2016 рр.) та Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (Харків, 2015–2016 рр.); виставці-дегустації наукових розробок ХДУХТ у рамках проекту «Ніч науки» (Харків, 2015 р.).

**Публікації.** За результатами роботи опубліковано 15 наукових праць, у тому числі: 5 статей, серед яких 4 – у затверджених наукових фахових виданнях України (із них 3 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз), 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави (Словаччина) з напрямку, за яким підготовлена дисертація; 2 патенти України на корисну модель; 1 колективна монографія, 7 матеріалів конференцій і тез доповідей.

**Структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 277 найменувань, у тому числі – 105 зарубіжних, а також 10 додатків. Робота викладена на 127 сторінках основного тексту, містить 29 таблиць і 28 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення роботи.

У **першому розділі** «Аналіз актуальних проблем технології зернового хліба та сучасних підходів до їх вирішення» розглянуто теоретичні та практичні аспекти вдосконалення технології зернового хліба. Проаналізовано досвід використання полби в технології борошняних виробів і показано перспективність її застосування в технології зернового хліба. На основі аналізу сучасних підходів до вдосконалення технології хлібобулочних виробів із використанням ензимів обґрунтовано доцільність застосування ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії для підвищення якості зернового хліба.

У **другому розділі** «Характеристика сировини та методів дослідження» наведено характеристику сировини та методів дослідження, представлено план теоретичних і експериментальних робіт.

Роботу виконано в лабораторних умовах кафедр технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів; технології

харчування; хімії, мікробіології та гігієни харчування; фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін ХДУХТ (м. Харків), а також у лабораторіях Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України (м. Харків), Інституту тваринництва УААН (м. Харків), Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України (м. Київ), Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна (м. Харків) і у виробничих умовах хлібопекарських підприємств м. Харкова та Харківської області.

У дослідженнях використовували зерно полби сорту Голіковська та пшениці сорту Харківська 30. Дослідження здійснювали з використанням загальноприйнятих і спеціальних методів, зокрема вміст білка визначали методом К'ельдаля, целюлози – методом Кюршнера, геміцелюлоз – модифікованим методом Дрейвуда, перетравлюваність білкових речовин хліба *in vitro* – методом Покровського–Єртанова. Структурно-механічні властивості зерна визначали з використанням розробленого в ХДУХТ приладу для вимірювання сили різання. Обґрунтування складу ферментних препаратів для виробництва зернового хліба здійснювали із застосуванням експериментально-статистичних методів моделювання та оптимізації.

У **третьому розділі** «Аналіз властивостей зерна полби та пшениці й обґрунтування режимів його замочування» досліджено хімічний склад, стан білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів полб'яного та пшеничного зерна, обґрунтовано режими його замочування.

На основі аналізу хімічного складу зерна (табл. 1) встановлено, що полба порівняно з пшеницею містить на 36,7% більше білка.

Таблиця 1

**Вміст поживних і біологічно активних речовин у зерні полби та пшениці  
(на 100 г СР)**

Поживні та біологічно активні речовини	Зерно полби	Зерно пшениці
Білки, г	19,0±0,5	13,9±0,7
Жири, г	2,5±0,1	2,3±0,1
Вуглеводи, г	75,9±1,8	81,5±1,5
у т.ч. моно- та дисахариди	3,5±0,1	3,0±0,1
крохмаль	57,4±1,2	66,5±1,8
Харчові волокна	15,5±0,7	12,5±0,4
у т.ч. целюлоза	3,4±0,1	3,1±0,1
геміцелюлози	11,0±0,5	8,5±0,3
Вітаміни, мг		
В <sub>1</sub>	0,41±0,01	0,35±0,01
В <sub>2</sub>	0,12±0,01	0,09±0,01
РР	3,8±0,1	3,3±0,1
Мінеральні речовини, мг		
залізо	4,9±0,2	4,6±0,2
цинк	2,7±0,1	2,4±0,1
фосфор	310±12	254±9
калій	280±10	262±8
магній	154±7	103±4
кальцій	43±1,2	36±1,2
Зольність, %	2,15±0,10	1,73±0,08



Лімітуючими амінокислотами як у полби, так і у пшениці є лізин і треонін.

Полба характеризується меншим на 13,7% вмістом крохмалю, але більшим на 24,0% вмістом харчових волокон, головним чином за рахунок вищого вмісту геміцелюлоз – на 29,4%. Крім того, зерно полби містить більшу кількість вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР і таких мінеральних речовин, як магній, фосфор, кальцій, цинк.

Установлено, що полб'яне зерно відрізняється від пшеничного більшим на 33,8 та 28,2% вмістом сирої та сухої клейковини (табл. 2), яка характеризується меншою пружністю та більшою розтяжністю.

Таблиця 2

### Вміст і властивості клейковини зерна полби та пшениці

Показник	Зерно полби	Зерно пшениці
Вміст сирої клейковини, %	31,3±0,6	23,4±0,5
Вміст сухої клейковини, %	10,9±0,2	8,5±0,2
Гідратаційна здатність, %	186±3	176±2
Пружність клейковини, од. пр.	79±2	72±1
Розтяжність клейковини, $l \times 10^2$ , м	14,0±0,1	12,0±0,1

За даними фаринограм визначено вищу водопоглинальну здатність полб'яного зерна порівняно з пшеничним, проте менші показники тривалості утворення та стійкості тіста, більшу його розрідженість. Зерно полби характеризується вищою автолітичною активністю, ніж пшениця, про що свідчать менші на 12,9 і 18,6% показник «число падіння» і в'язкість крохмального клейстеру, а також більша цукроутворювальна здатність. Це зумовлено вищою ферментативною активністю полб'яного зерна порівняно з пшеничним. Активність протеолітичних ферментів полби становить 18,0 мг азоту на СР, а амілолітичних – 92,8 мг крохмалю за  $1 \times 60^2$  с, що відповідно на 21,6 і 12,9% більше, ніж у пшениці.

Важливим етапом досліджень було визначення раціональних параметрів замочування зерна, які забезпечують його необхідні структурно-механічні властивості для подальшого подрібнення. Виявлено, що під час замочування за температури 20°C і гідромодуля 1:1,5 зерно пшениці досягає достатньої для подальшого подрібнення вологості 40,0% за  $18 \times 60^2$  с, а для полб'яного зерна цей термін складає  $15 \times 60^2$  с, що на 17% менше (рис. 1).

Більш інтенсивне поглинання води саме зерном полби під час замочування пов'язане з

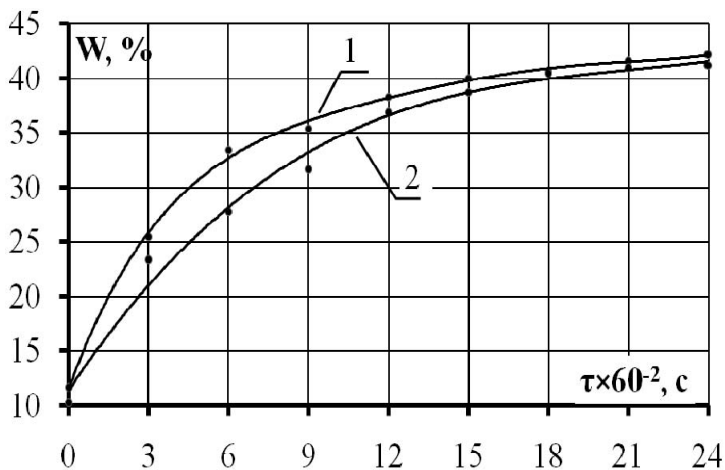


Рис. 1. Зміна вологості під час замочування зерна: 1 – полби; 2 – пшениці

меншими його геометричними розмірами та вищим вмістом в ньому високогідрофільних речовин. Доцільність такої тривалості замочування підтверджується і максимальними змінами міцності полб'яного та пшеничного зерна, про що свідчить зниження показників граничного напруження його різання у 4,3 і 3,0 рази (рис. 2), а також питомої роботи різання – у 2,2 і 1,8 рази відповідно.

Гідратація полб'яного та пшеничного зерна супроводжується біохімічними змінами в ньому, що виявляються в зниженні вмісту

клейковини та її послабленні в результаті зростання активності протеолітичних ферментів зерна, а також зниженні в'язкості крохмального клейстеру внаслідок підвищення активності амілаз. Виявлено, що під час замочування зміни білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів полб'яного зерна відбуваються дещо інтенсивніше, ніж пшеничного, проте менша тривалість гідратації та більший вміст в зерні полби клейковини дозволяють отримати з нього хліб навіть із кращими показниками якості, ніж із зерна пшениці.

З метою запобігання мікробіологічному псуванню зерна під час замочування досліджували ефективність внесення до замочувального середовища розчинів оцтової, молочної та пропіонової кислот концентрацією 0,5; 1,0 і 1,5%. На основі аналізу змін показників КМАФАнМ, кількості цвілей і дріжджів, спороутворюючих мікроорганізмів, а також органолептичних показників зерна доведено доцільність його замочування в 0,5%-му розчині оцтової кислоти.

У **четвертому розділі** «Дослідження впливу ферментних препаратів на перебіг процесів, що відбуваються під час дозрівання зернового тіста» обґрунтовано якісний і кількісний склад комплексу ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії для підвищення якості зернового хліба та досліджено їх вплив на перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів дозрівання тіста, особливості формування його структурно-механічних властивостей.

На основі результатів лабораторних випікань полб'яного та пшеничного зернового хліба встановлено доцільність внесення ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу і Глюкозооксидази на стадії приготування тіста для покращення якості виробів, а також встановлено їх раціональні дозування, які склали 0,03...0,05; 0,04...0,08 і 0,006...0,012 % до маси зерна відповідно.

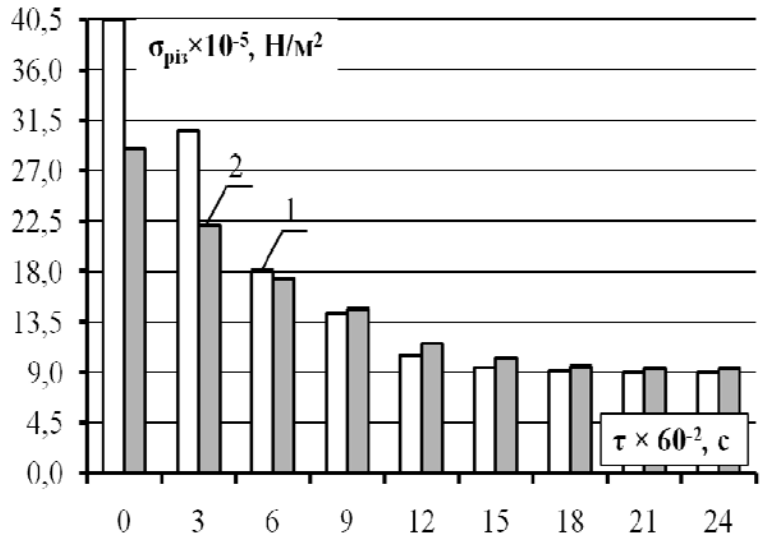


Рис. 2. Граничне напруження різання за різної тривалості замочування зерна: 1 – полби; 2 – пшениці

Для виявлення ефекту від сумісного використання дослідних ферментних препаратів у технології зернового хліба було складено насичений план Плакетта – Бермана для трифакторного трирівневого експерименту. За фактори варіювання було обрано дозування ферментних препаратів, критерієм оптимізації служив показник питомого об'єму хліба. У результаті обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії, які адекватно описують залежність параметра оптимізації від керівних факторів у натуральних величинах:

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) = 2,00 - 500,60X_1^2 - 8,28X_2^2 - 585,20X_3^2 + 5,00X_1X_3 - 82,50X_1X_2 - 65,00X_2X_3 + 43,78X_1 + 16,29X_2 + 16,45X_3 \quad (1)$$

$$Y_2(X_1, X_2, X_3) = 1,91 - 116,2X_1^2 - 70,63X_2^2 - 1870,00X_3^2 + 155,00X_1X_3 - 6,25X_1X_2 - 125,00X_2X_3 + 7,68X_1 + 10,24X_2 + 28,85X_3, \quad (2)$$

де  $Y_1, Y_2$  – питомий об'єм хліба полб'яного та пшеничного зернового відповідно,  $\text{см}^3/\text{г}$ ;  $X_1, X_2, X_3$  – дозування Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази, % до маси зерна відповідно.

Аналіз отриманих функцій на наявність екстремуму дозволив установити оптимальні дозування ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу і Глюкозооксидази, які склали (% до маси зерна): 0,038; 0,076 і 0,010 для хліба полб'яного та 0,036; 0,065 і 0,007 для хліба пшеничного. Ефект від сумісного введення в зернове тісто дослідних ферментних препаратів був вищий, ніж за їх окремого використання. Питомий об'єм хліба полб'яного та пшеничного за умови додавання комплексу ферментних препаратів становив 2,7 і 2,5  $\text{см}^3/\text{г}$ , що більше, ніж у контрольних зразках на 35,0 і 31,6% відповідно.

Результати дослідження біохімічних процесів протягом дозрівання зернового тіста дозволили встановити, що їх перебіг у полб'яному тісті відбувається інтенсивніше, ніж у пшеничному. Додавання ферментних препаратів сприяє поліпшенню стану білково-протеїназного комплексу як полб'яного, так і пшеничного тіста та повільнішим його змінам протягом експерименту. Про це свідчить вищий вміст більш пружної та менш розтяжної клейковини, зменшення кількості накопиченого азоту вільних амінокислот у дослідних зразках тіста. Такі зміни пояснюються зниженням активності протеолізу внаслідок окиснення тіолових груп білково-протеїназного комплексу перекисом водню, що утворюється в системі під дією глюकोзооксидази.

Виявлено, що додавання дослідних ферментних препаратів (ФП) у полб'яне та пшеничне зернове тісто сприяє більш інтенсивному, ніж у контрольних зразках, зменшенню вмісту целюлози на 10,1 та 9,8%, а геміцелюлоз – на 13,2 та 11,8% відповідно (рис. 3), що спричинене гідролітичною дією Целюладу та Ксилоладу. Спостерігається також збільшення кількості накопичених редуруючих цукрів у дослідних зразках полб'яного та пшеничного тіста на 13,5 і 9,8%, пов'язане з утворенням низькомолекулярних продуктів гідролізу некрохмальних полісахаридів і вивільненням крохмалю з

полісахарид-полісахаридних комплексів унаслідок їх руйнування під дією внесених цитолітичних ферментних препаратів. Кількість зброджених цукрів також збільшується, що може бути пов'язане зі створенням більш сприятливих умов для дії дріжджів за наявності в тістових системах ферментних препаратів. Це зумовлює інтенсифікацію мікробіологічних процесів у полб'яному та пшеничному зерновому тісті з ферментними препаратами, що виявляється у прискоренні кислотонакопичення та підвищенні швидкості газоутворення в ньому, а також зростанні показника сумарного об'єму виділеного під час дозрівання діоксиду вуглецю на 16,9 і 16,4% порівняно з контрольними зразками.

Комплексна дія дослідних ферментних препаратів забезпечує покращення реологічних властивостей полб'яного та пшеничного зернового тіста, що підтверджується підвищенням показника його пластичної в'язкості, а також збільшенням модуля миттєвої пружності на 8,4 і 8,0% та модуля еластичності на 31,3 і 29,8% (табл. 3), зменшенням розпливання кульки тіста, зниженням показника міцності адгезії на 10,1 і 9,8% відповідно.

Таблиця 3

### Реологічні характеристики зернового тіста

Показник	Полб'яне тісто		Пшеничне тісто	
	без добавок (контроль)	з ферментними препаратами	без добавок (контроль)	з ферментними препаратами
Модуль миттєвої пружності, $G_{np} \times 10^{-4}$ , Па	2,26±0,10	2,45±0,11	2,38±0,10	2,57±0,12
Модуль еластичності, $G_{ел} \times 10^{-3}$ , Па	0,83±0,03	1,09±0,04	1,04±0,04	1,35±0,05
Пластична в'язкість, $\eta_0 \times 10^{-5}$ , Па·с	1,92±0,07	6,36±0,22	1,78±0,08	5,74±0,15

Поліпшення структурно-механічних властивостей зернового тіста за використання ферментних препаратів сприяє підвищенню газотримувальної здатності тістових систем, про що свідчить збільшення максимального об'єму полб'яного та пшеничного тіста на 26,4 і 25,7% порівняно з контрольними зразками (рис. 5).

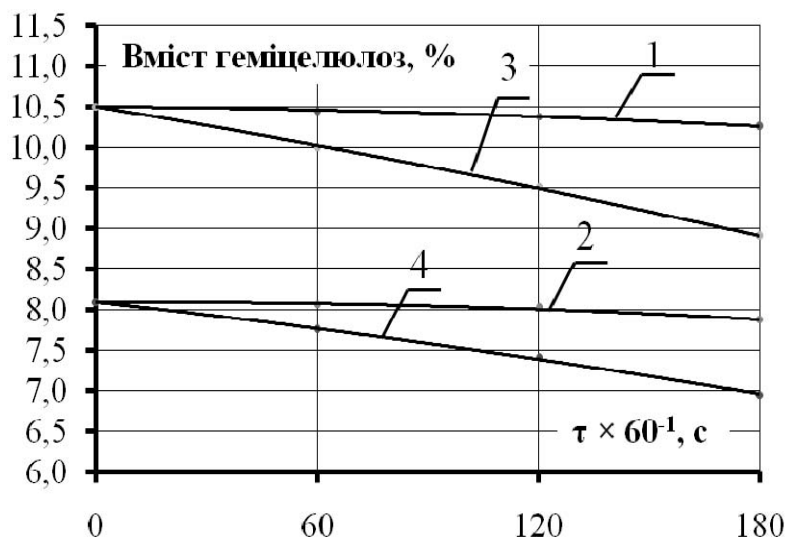


Рис. 4. Зміна вмісту геміцелюлоз під час відлежування в зерновому тісті: 1, 2 – у полб'яному та пшеничному без додавання ФП (контрольні зразки); 3, 4 – у полб'яному і пшеничному з додаванням ФП

Отриманий ефект пояснюється покращенням властивостей клейковини, а також зміною фракційного складу некрохмальних полісахаридів під дією внесених ферментних препаратів з утворенням високогідрофільних сполук, підвищенням водопоглинальної здатності тіста та зниженням вмісту вільної вологи, що підтверджено зменшенням часу спін-спінової релаксації молекул води в дослідних зразках полб'яного та пшеничного тіста (табл. 4).

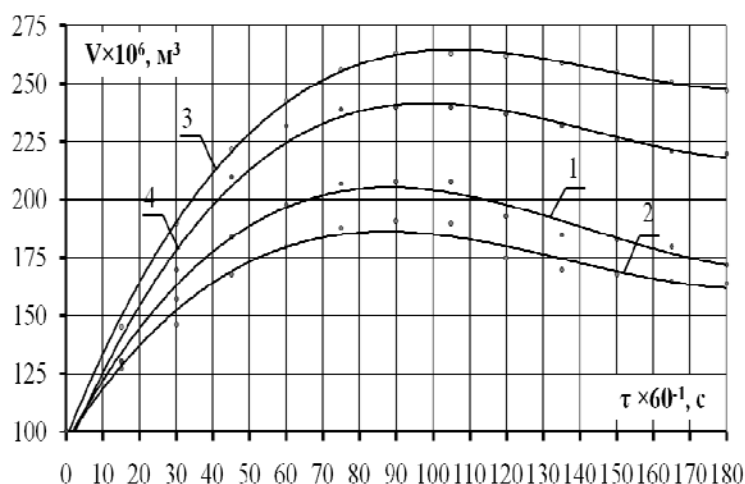


Рис. 5. Динаміка газотворення під час дозрівання зернового тіста: 1, 2 – полб'яного та пшеничного без додавання ФП (контрольні зразки); 3, 4 – полб'яного та пшеничного з додаванням ФП

Таблиця 4  
**Вплив ферментних препаратів на час спін-спінової релаксації молекул води в зерновому тісті**

Зразок тіста	Час спін-спінової релаксації молекул води у зразках тіста, $\tau \times 10^2$ с	
	полб'яного	пшеничного
Без ферментних препаратів (контроль)	2,45	2,61
Із ферментними препаратами	2,23	2,42

травлюваності білкових речовин і вуглеводів, а також збереженості свіжості новими виробами, визначено економічну ефективність від упровадження розробок у виробництво.

На підставі результатів проведених досліджень розроблено технологію та рецептури хліба зернового полб'яного «Бережанський» і пшеничного «Гетьманський», технологічну (рис. 6) та машинно-апаратну схеми виготовлення нових виробів.

Запропонована технологія відрізняється від традиційної тим, що для покращення якості зернового хліба на стадії приготування тіста вводиться комплекс ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази, а для підвищення харчової цінності виробів як зернову сировину поряд із пшеницею використовують полбу. Крім того, інтенсивніше газотворення в зерновому тісті в комплексі з кращою його газотримувальною здатністю дозволяє скоротити тривалість вистоювання полб'яних і пшеничних тістових заготовок на  $(7 \pm 1) \times 60$  і  $(5 \pm 1) \times 60$  с порівняно з контрольними зразками.

У п'ятому розділі «Розробка технології хліба полб'яного та пшеничного зернового з додаванням ферментних препаратів та оцінка його споживчих властивостей» представлено результати розробки технології зернового полб'яного та пшеничного хліба з ферментними препаратами, проаналізовано показники якості, харчової та біологічної цінності, пере-

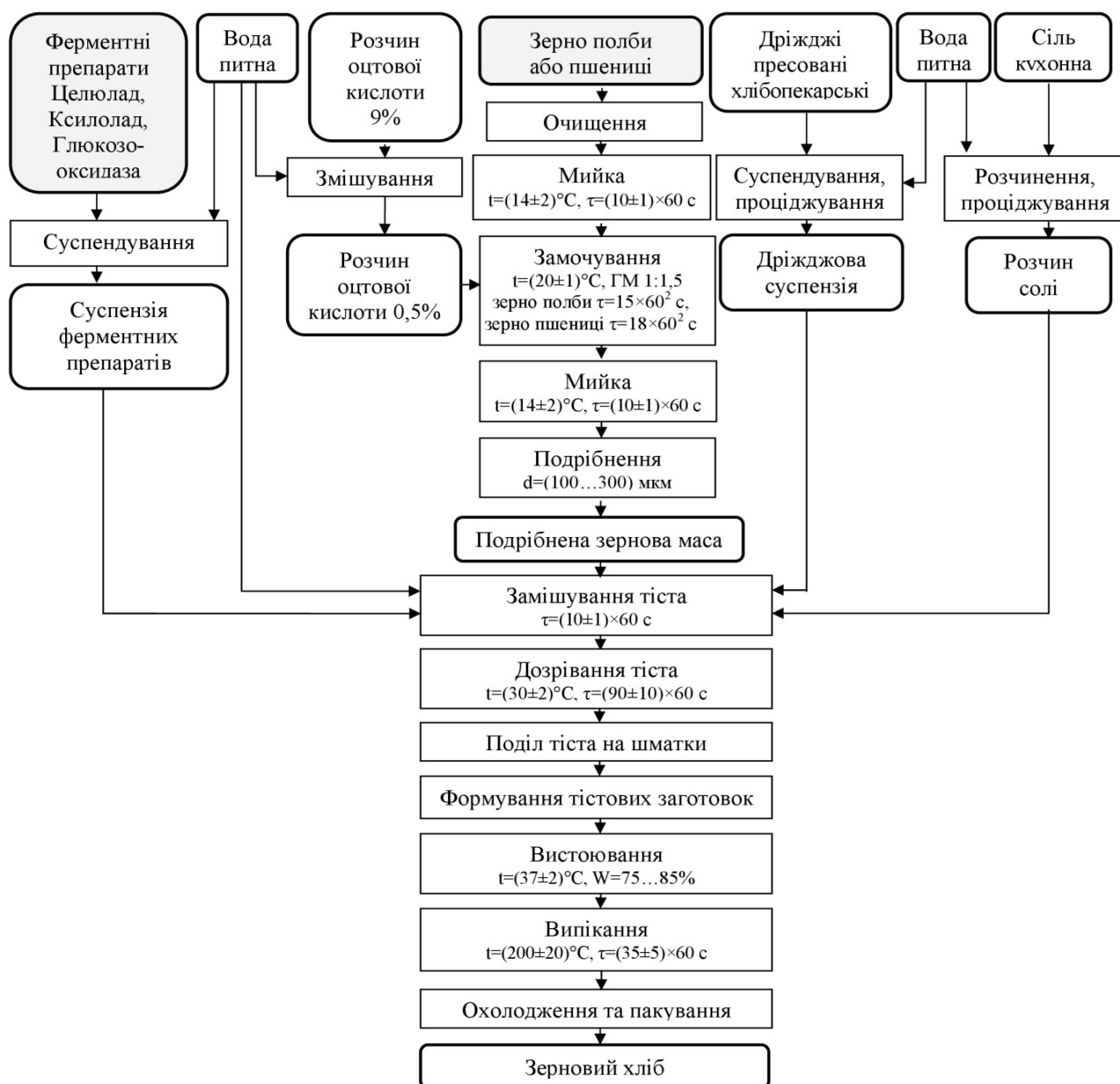


Рис. 6. Технологічна схема виготовлення хліба зернового полб'яного «Бережанський» та пшеничного «Гетьманський»

На основі результатів оцінки фізико-хімічних і органолептичних показників якості розроблених виробів (табл. 5) встановлено, що полб'яний хліб «Бережанський» і пшеничний «Гетьманський» характеризується вищою вологістю, ніж зразки, виготовлені без додавання ферментних препаратів. Це зумовлене меншим упіканням і усиханням хліба в результаті утворення в зерновому тісті високогідрофільних сполук під дією комплексу внесених ферментних препаратів. Також нові вироби порівняно з контрольними зразками мають вищу кислотність, більші значення показників питомого об'єму – на 35,0 та 31,6% і пористості – на 12,8% та 12,5% відповідно.

Поліпшуються і органолептичні показники якості полб'яного та пшеничного зернового хліба за додавання ферментних препаратів – вони характеризуються кращими станом поверхні та структурою м'якушки.

## Показники якості зернового хліба

Показник	Зерновий полб'яний хліб		Зерновий пшеничний хліб	
	без ФП	«Бережанський» (із ФП)	без ФП	«Гетьманський» (із ФП)
Вологість, %	45,6±0,5	46,0±0,5	45,0±0,5	45,3±0,5
Титрована кислотність, град.	2,7±0,1	2,9±0,1	2,5±0,1	2,7±0,1
Пористість, %	58±2	65±2	56±5	63±5
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	2,0±0,1	2,7±0,1	1,9±0,1	2,5±0,1
Зовнішній вигляд хліба:	Шорстка, із незначними тріщинами	Гладка, без тріщин	Шорстка, з незначними тріщинами	Гладка, без тріщин
- поверхня скоринки				
- колір скоринки	Коричневий		Світло-коричневий	
Стан м'якушки	Еластична, із нерівномірною дрібною пористістю	Еластична, із рівномірною дрібною пористістю	Нееластична, із нерівномірною дрібною пористістю	Еластична, із рівномірною дрібною пористістю
Смак і запах	Властиві зерновому хлібу, без сторонніх запахів і присмаків			

Полб'яний хліб вигідно відрізняється від пшеничного за показниками харчової цінності. Так, у пшеничному хлібі «Гетьманський» міститься 8,2 г білка, тоді як у полб'яному «Бережанському» – 11,4 г, що більше на 35,3%. Крім того, полб'яний хліб має вищий вміст харчових волокон на 18,2%, вітамінів, а також таких мінеральних речовин, як магній, фосфор, кальцій і цинк.

Завдяки поліпшеним структурно-механічним властивостям та розпушеності підвищується перетравлюваність як білкових речовин, так і вуглеводів нових полб'яних та пшеничних виробів *in vitro*. Це також може бути зумовлено гідролізом білок-полісахаридних і полісахарид-полісахаридних зв'язків біополімерів у зерновому тісті під впливом дослідних ферментних препаратів і підвищенню доступності білка та крохмалю дії травних ферментів.

Зерновий хліб, приготований із ферментними препаратами, здатен зберігати свіжість протягом тривалішого терміну, про що свідчить повільніше зниження показників вологості, стискуваності, намочуваності та кришкуватості м'якушки полб'яних та пшеничних виробів протягом 72×60<sup>2</sup> с зберігання.

Нові вироби рекомендовано включати до раціонів широкого кола споживачів, у тому числі тих, які страждають на ожиріння, розлади серцево-судинної системи, цукровий діабет та інші захворювання, пов'язані з дефіцитом у харчуванні неперетравлених компонентів їжі.

На хліб зерновий пшеничний «Гетьманський» затверджено рецептуру та технологічну інструкцію. Розроблена технологія та нова продукція пройшла виробничу апробацію і впроваджена на підприємствах м. Харкова та Харківської області, а також у навчальний процес ХДУХТ.

Економічний ефект від впровадження розроблених видів полб'яного та пшеничного зернового хліба у виробництво полягає у збільшенні прибутку

підприємства на 350,77 і 236,47 грн/т продукції за рахунок підвищення споживної цінності та виходу виробів.

## ВИСНОВКИ

На основі узагальнення теоретичних, експериментальних досліджень і виробничих випробувань розроблено технологію полб'яного та пшеничного зернового хліба підвищеної якості з використанням ферментних препаратів целюлолітичної, геміцелюлолітичної та окисно-відновної дії Целюладу, Ксилололаду та Глюкозооксидази.

1. Встановлено, що особливістю хімічного складу зерна полби є більший на 36,7% вміст білка, менший на 13,7% вміст крохмалю, а також вищий на 24,0% вміст харчових волокон. Зерно полби порівняно з пшеницею містить більше вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> і РР, а також магнію, фосфору, кальцію та цинку. Полб'яне зерно відрізняється від пшеничного більшим на 33,8% вмістом менш пружної та більш розтяжної клейковини, вищими активністю протеолітичних і амілолітичних ферментів, цукроутворювальною здатністю.

2. Досліджено закономірності зміни фізико-хімічних, структурно-механічних, біохімічних і мікробіологічних властивостей зерна під час замочування. Встановлено, що за температури 20°C і гідромодуля 1:1,5 зерно полби за рахунок менших розмірів і більшого вмісту високогідрофільних сполук досягає вологості 40% і необхідних для подальшого подрібнення структурно-механічних властивостей за 15×60<sup>2</sup> с, у той час як зерно пшениці – за 18×60<sup>2</sup> с. Для запобігання мікробіологічному псуванню зерна його рекомендовано замочувати в 0,5%-му розчині оцтової кислоти.

Зміни білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів у полб'яному зерні під час замочування також відбуваються інтенсивніше, проте менша тривалість гідратації та більший вміст клейковини дозволяють отримати хліб із цього зерна кращої якості, порівняно з пшеничним.

3. Теоретично та експериментально обґрунтовано доцільність комплексного застосування ферментних препаратів Целюладу, Ксилололаду та Глюкозооксидази на стадії приготування тіста для підвищення показників якості хліба з цілого зерна, а з використанням методу експериментально-статистичного моделювання встановлено їх оптимальні дозування, які становлять 0,038, 0,076 і 0,010 для полб'яного хліба та 0,036, 0,065 і 0,007 % до маси зерна – для пшеничного.

4. На основі результатів дослідження впливу комплексу дослідних ферментних препаратів на біохімічні процеси в полб'яному та пшеничному зерновому тісті доведено інтенсифікацію гідролізу некрохмальних полісахаридів під дією Целюладу та Ксилололаду, а саме зменшення кількості целюлози на 10,1 і 9,8%, та геміцелюлоз – на 13,2 і 11,8%. Руйнування білок-полісахаридних зав'язків під дією цитолітичних ферментних препаратів сприяє збільшенню вмісту клейковини в дослідних зразках полб'яного та пшеничного тіста, а присутність Глюкозооксидази зумовлює уповільнення в них протеолізу



внаслідок окиснення тіолових груп білково-протеїназного комплексу зерна перекисом водню, що утворюється в тісті під дією цього ферментного препарату. Виявлено більш швидке накопичення та зброджування редуруючих речовин у тістових системах з ферментними препаратами, що сприяє прискоренню кислото- та газоутворення в полб'яному та пшеничному тісті.

5. Внесення ферментних препаратів у зернове тісто зумовлює поліпшення його структурно-механічних характеристик, а саме покращення пружньо-еластичних властивостей, зниження адгезії, а також збільшення газотримувальної та формотримувальної здатності, що разом з інтенсивнішим газоутворенням забезпечує більший об'єм і кращу розпушеність полб'яного та пшеничного тіста, меншу тривалість вистоювання тістових заготовок.

6. На основі експериментальних даних розроблено технологію зернового хліба, яка передбачає однофазний спосіб виробництва з внесенням на стадії приготування тіста комплексу ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу і Глюкозооксидази, а також використання як зернової сировини полби поряд із пшеницею. Хліб полб'яний «Бережанський» і пшеничний «Гетьманський», вироблені за новою технологією, порівняно з контрольними зразками характеризуються кращим станом поверхні, еластичністю та розпушеністю м'якушки, вищими вологістю та кислотністю, більшими показниками питомого об'єму та пористості на 35,0 і 31,6% та 12,8% і 12,5% відповідно.

7. Визначено, що полб'яний зерновий хліб вигідно відрізняється від пшеничного за показниками харчової цінності, а саме містить на 35,3% більше білка, на 18,2% – харчових волокон, а також характеризується вищим вмістом вітамінів і мінеральних речовин.

Доведено, що розроблені вироби порівняно з контрольними характеризуються кращим перетравлюваністю білка та вуглеводів в умовах *in vitro*, що пояснюється кращою розпушеністю м'якушки та підвищенням доступності білка і крохмалю дії травних ферментів внаслідок руйнування білок-полісахаридних і полісахарид-полісахаридних зв'язків біополімерів зернового тіста під дією ферментних препаратів.

Встановлено кращу збереженість свіжості новими виробами протягом  $72 \times 60^2$  с зберігання.

8. На зерновий хліб «Гетьманський» затверджено у встановленому порядку технологічну інструкцію та рецептуру. Розраховано економічний ефект від впровадження нових розробок у виробництво, який полягає у збільшенні прибутку підприємства від реалізації полб'яного та пшеничного хліба на 350,77 та 236,47 грн/т продукції.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Research into the impact of enzyme preparations on the processes of grain dough fermentation and bread quality / S. Oliinyk, O. Samokhvalova, A. Zaparenko, E. Shidakova-Kamenyuka, M. Chekanov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. –

№. 3/11 (81). – Р. 46–53 (стаття у виданні України, що включено до міжнародної наукометричної бази даних Scopus).

Автором визначено закономірності впливу ферментних препаратів на біохімічні та мікробіологічні процеси у зерновому тісті, формування якості зернового хліба.

2. Олійник С. Г. Оптимізація складу композиції ферментних препаратів для підвищення якості зернового хліба / С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко, О. Г. Дьяков // Харчова наука і технологія. – 2016. – № 1. – С. 31–36 (стаття у виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних: Base, WorldCat, ResearchBib, Uran Google, Scholar).

Автором розроблено математичну модель якості зернового хліба з використанням ферментних препаратів та проведено її аналіз.

3. The technological aspects of emmer breed Golikovska / G. M. Lysyuk, S. G. Oliynyk, G. V. Zaparenko, S. Y. Didenko, O. V. Golik, T. S. Geyko // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – 2014. – №. 2 (5). – Р. 54–56. (Стаття у виданні Словаччини).

Здобувачем визначено технологічні властивості зерна полби сорту Голіковська та зерна пшениці сорту Харківська 30, здійснено їх порівняння та аналіз.

4. Визначення структурно-механічних характеристик харчових продуктів / М. А. Чеканов, Г. В. Запаренко, Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, Т. С. Гейко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2014. – Вип. 2 (20). – С. 387–396.

Здобувачем визначено структурно-механічні властивості сухого та гідратованого зерна полби і пшениці з використанням розробленого у співавторстві приладу.

5. Вивчення показників якості зернового пшеничного та полб'яного хліба під час зберігання / Г. В. Запаренко, С. Г. Олійник, О. В. Самохвалова, М. В. Артамонова // Наукові праці НУХТ : зб. наук. праць / НУХТ. – К., 2016. – Т. 22, вип. 4. – С. 205–213 (стаття у виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних: Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar).

Здобувачем визначено вплив ферментних препаратів на зміну органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних показників якості зернового хліба під час зберігання.

6. Олійник С. Г. Вплив ферментних препаратів на перебіг біохімічних процесів, що відбуваються під час дозрівання зернового тіста / С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнародна науково-практична конференція, 19 травня 2016 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2016. – Ч. 1. – С. 129–130.

Автором досліджено вплив ферментних препаратів на процеси дозрівання тіста.

7. Oliynyk S. On the baking properties of Golikovska emmer / S. Oliynyk, G. Zaparenko // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : Міжнародна науково-практична конференція, 8–11 вересня 2015 р. : [тези] / редкол. : Кюрчев В. М., Черевко О. І. [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2015. – С. 287–288.

Автором досліджено технологічні властивості сухого та гідратованого зерна полби сорту Голіковська та пшениці сорту Харківська 30.

8. Підвищення біологічної цінності зернового хліба / Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко, Т. С. Гейко // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнародна науково-практична конференція, 22 травня 2014 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 97–98.

Здобувачем досліджено показники якості зернового полб'яного та пшеничного хліба.

9. Запаренко Г. В. Щодо використання зерна полби сорту Голіковська в хлібопеченні / Г. В. Запаренко, Т. С. Гейко // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 26 березня

2014 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 62.

Автором досліджено вміст білка і клейковини в зерні полби сорту Голіковська та зерні пшениці сорту Харківська 30, здійснено порівняльний аналіз отриманих результатів.

10. Характеристика білкового комплексу зерна полби сорту Голіковська / О. В. Голік, С. Ю. Діденко, Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко, Т. С. Гейко // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 12-14 листопада 2014 р. : [тези] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2014. – С. 97–98.

Здобувачем здійснено порівняльну оцінку властивостей клейковини в зерні полби та пшениці.

11. Запаренко Г. В. Щодо використання нового гібрида полби у виробництві зернового хліба // Проблеми формування здорового способу життя у молоді, 5-6 листопада 2013 р. : VI Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів з міжнародною участю : матеріали / Міністерство освіти і науки України. – Одеса, 2013. – С. 126–127.

Здобувачем обґрунтовано перспективність використання зерна полби сорту Голіковська у хлібопеченні.

12. Запаренко А. В. Возвращение злаковой культуры полбы / А. В. Запаренко // Пищевые инновации в биотехнологии : конференция студентов, аспирантов и молодых учёных : материалы / под общ. ред. А. Ю. Просекова ; ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». – Кемерово, 2013. – С. 197–201.

Автором проведено літературний пошук, аналіз і систематизацію інформації стосовно хімічного складу, властивостей і застосування різних сортів полби в харчовій промисловості.

13. Пат. на корисну модель 89687 А Україна, МПК А 21D 13/02. Спосіб виробництва зернового хліба / Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко, С. Ю. Діденко, О. В. Голік, Т. С. Гейко – № u201314386 ; заявл. 09.12.2013 ; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8.

Здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.

14. Пат. на корисну модель 103679 U Україна, МПК G 01 L 1/100, G 01 L 1/16, G 01 N 33/02. Пристрій для вимірювання сили різання / М. І. Погожих, М. А. Чеканов, Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, Г. В. Запаренко, Т. С. Гейко – № u201506203 ; заявл. 23.06.2015; опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24.

Здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.

15. Запаренко Г. В. Технологія зернового хліба з використанням полби сорту «Голіковська» / Г. В. Запаренко, С. Г. Олійник // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоефективної переробки, зберігання та маркетингу : колективна монографія / за ред. проф. В. В. Євлаш, проф. В. О. Потапова, проф. Н. Л. Савицької. – Х. : ХДУХТ, 2015. – С. 257–273.

Здобувачем досліджено сортові особливості, хімічний склад і технологічні властивості зерна полби та пшениці, розраховано амінокислотні скори їх білка, розроблено технологічну схему виготовлення зернового полб'яного та пшеничного хліба, здійснено аналіз якості нових видів виробів.

## АНОТАЦІЯ

**Запаренко Г.В. Розробка технології хліба полб'яного та пшеничного зернового з використанням ферментних препаратів. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських

виробів та харчових концентратів – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2016.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню технології полб'яного та пшеничного зернового хліба з використанням ферментних препаратів Целюладу, Ксилоладу та Глюкозооксидази для підвищення його якості. У праці показано доцільність використання зерна полби для виробництва зернового хліба з підвищеним вмістом білка, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин.

З використанням математичних методів експериментально-статистичного моделювання та оптимізації обґрунтовано дозування дослідних ферментних препаратів, сумісне внесення яких у полб'яне та пшеничне тісто на стадії його приготування зумовлює інтенсифікацію в ньому біохімічних і мікробіологічних процесів, покращення його структурно-механічних властивостей. У результаті підвищуються фізико-хімічні й органолептичні показники якості, покращується перетравлюваність білків і вуглеводів хліба, а також триваліший час зберігається його свіжість.

Розроблено технологію зернового полб'яного та пшеничного хліба, яка апробована та впроваджена на хлібопекарських підприємствах м. Харкова та Харківської області, а також у навчальний процес ХДУХТ. Розраховано економічну ефективність від реалізації нової продукції.

**Ключові слова:** полба, пшениця, зерновий хліб, ферментні препарати, Целюлад, Ксилолад, Глюкозооксидаза, харчова цінність, показники якості, структурно-механічні властивості.

## АННОТАЦІЯ

**Запаренко А.В. Технология хлеба зернового полбяного и пшеничного с использованием ферментных препаратов. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.01 – технология хлебопекарных продуктов, кондитерских изделий и пищевых концентратов – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2016.

Диссертация посвящена научному обоснованию технологии полбяного и пшеничного зернового хлеба с использованием ферментных препаратов Целлюлада, Ксилолада и Глюкозооксидазы для повышения его качества. В работе показана целесообразность применения зерна полбы для производства зернового хлеба с повышенным содержанием белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ.

С использованием математического методов экспериментально-статистического моделирования и оптимизации обоснованы дозировки исследуемых ферментных препаратов, совместное введение которых на стадии приготовления зернового полбяного и пшеничного теста приводит к интенсификации в нем биохимических и микробиологических процессов,

улучшению его структурно-механических свойств. В результате повышаются физико-химические и органолептические показатели качества, улучшается перевариваемость белков и углеводов хлеба, а также в течение более длительного периода сохраняется его свежесть.

Разработана технология зернового полбяного и пшеничного хлеба, которая апробирована и внедрена на хлебопекарных предприятиях г.Харькова и Харьковской области, а также в учебный процесс ХГУПТ. Рассчитана экономическая эффективность от реализации новой продукции.

**Ключевые слова:** полба, пшеница, зерновой хлеб, ферментные препараты, Целлюлад, Ксилолод, Глюкозооксидаза, пищевая ценность, показатели качества, структурно-механические свойства.

## ANNOTATION

**Zaparenko G.V. Development of the technology of emmer and wheat grain bread with the use of enzyme preparations. – Manuscript.**

The thesis for competition of candidate of technical sciences degree by speciality 05.18.01 – Bakery, Confectionary and Food Concentrates Technology – Kharkiv State University of Food Technology and Trade Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The thesis is devoted to scientific substantiation of the technology of emmer and wheat grain bread with the improved quality by using enzyme preparations of Tselyulad, Ksylolad and Glucose oxidase.

Chemical composition and technological properties of emmer and wheat grain is analyzed. It is shown that emmer contains 36.7% more protein and 24.0% more dietary fiber, the same do vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP and microelements comparatively to wheat.

It is found that emmer grain contains 33.8% more gluten, which is more resilient and less stretch comparing to wheat gluten. Emmer is also characterized by higher autolytic activity and sugar creation ability. Comparison of the properties of emmer and wheat dough shows that first of them has higher hydration capacity, lesser development time and stability.

Investigation of grain transformations during its steeping shows that due to the smaller force and more compounds with higher water binding capacity, emmer grain more rapidly gets the required moisture content and rheological properties for further disintegration than wheat grain. More intensive alteration of the condition of proteins and proteases as well as carbohydrates and amylases of emmer than wheat is observed. Despite that, emmer bread is characterized by even higher quality than wheat one due to the shorter duration of emmer steeping and higher gluten content on it. Based on these results as well as microbiological changes of emmer and grain during its steeping, the recommended parameters of grain soaking are  $15 \times 60^2$  and  $18 \times 60^2$  s respectively for emmer and wheat grain in 0.5% solution of acetic acid at 20 °C, the proportion of grain to solution is 1: 1.5.

With the use of mathematical method of experimental and statistical modeling and optimization, the amount of enzyme preparations of Tselulad, Ksylolad and Glucose oxidase is found. They are (% by the weight of grains): 0,038, 0,076 and 0,010 for emmer bread and 0,036, 0,065 and 0,007 for wheat respectively.

It is proven that under the influence of the researched enzyme preparations, reduction of the content of cellulose and hemicelluloses and specifically pentosanes on grain dough takes place, as well as gluten strengthening, which leads to the improvement of elasticity, gas-retaining ability, adhesion characteristics and increasing of binding water content on grain dough.

The research revealed that the studied enzymes promote more intensive microbiological processes in the dough, which testifies itself in accelerating acid and gas generation. This is due to the increase in the amount of nutritious for fermenting microflora substances in the dough, by the increased pliability of starch to amylase action as a result of bonds destruction between starch and non-starch polysaccharides under the influence of the studied enzymes.

Based on the results of experimental studies, the technology of emmer and wheat grain bread with the use of enzyme preparations of Tselulad, Ksylolad and Glucose oxidase at the stage of dough kneading is developed. It is shown that grain bread lased with enzyme preparations has more colored crust, better surface and crumb condition, characterized by higher at 35.0 and 31.6% rates of specific volume.

An assortment of grain emmer and wheat bread “Berezhansky” and “Hetmansky” with the use of enzyme preparations is proposed. It is found that emmer bread contains more protein and dietary fiber in comparison to wheat bread.

The developed products are recommended for the nutrition of wide range of consumers as well as for the prevention of the diseases of digestive tract, obesity, metabolic interference etc.

In terms of *in vitro* it is found that products made with the addition of enzyme preparations, characterized by a higher digestibility of protein and carbohydrates compared to reference samples through better crumb structure and increased access to the action of digestive enzymes of protein and carbohydrate compounds. It is shown that grain bread produced with addition of enzyme preparations has longer shelf life than the samples without it.

New technologies are tested and implemented at the bakeries of Kharkiv and Kharkiv region as well as during the educational process of Kharkiv State University of Food Technology and Trade.

**Keywords:** emmer, wheat, grain bread, enzyme preparations, Tselulad, Ksylolad, Glucose oxidase, nutritive value, quality indexes, rheological properties.

Автор висловлює щирю подяку професору, д.т.н. Г.М. Лисюк за цінні поради та консультативну допомогу під час виконання дисертаційної роботи.

Підписано до друку 31.10.2016 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офс.  
Ум. друк. арк. 1,3. Тираж 120 прим. Зам. № 102/16

---

Видавець і виготовлювач  
Харківський державний університет харчування та торгівлі.  
Вул. Клочківська, 333, Харків, 61051  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 4417 від 10.10.2012 р.