

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

СИЛЬЧУК ТЕТЯНА АНАТОЛІЇВНА

УДК 664.6: 640.4

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСКОРЕНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ,
ЗБАГАЧЕНИХ ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ**

Спеціальність 05.18.16 – Технологія харчової продукції

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ - 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН України
Дробот Віра Іванівна,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кравченко Михайло Федорович
Київський національний торговельно-економічний
університет, завідувач кафедри технології
і організації ресторанного господарства;

доктор технічних наук, професор
Капліна Тетяна Вікторівна,
Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»,
завідувач кафедри готельно-ресторанної та
курортної справи;

доктор технічних наук, професор
Тележенко Любов Миколаївна,
Одеська національна академія харчових
технологій, завідувач кафедри технології
ресторанного і оздоровчого харчування.

Захист відбудеться «5» грудня 2018 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.07 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано «5» листопада 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.

О.А. Білик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. В останні роки розвиток ресторанного господарства та міні-підприємств суттєво вплинув на виробництво хлібних виробів. Якщо раніше хлібобулочні вироби виготовляли в основному промислові хлібозаводи, оснащені спеціалізованим обладнанням, то сьогодні частина хлібної продукції виробляється на пекарнях, в умовах закладів ресторанного господарства (ЗРГ) і супермаркетів. Ці підприємства можуть виготовляти різноманітний асортимент хлібобулочних виробів і реалізовувати їх у власних торгових закладах ще гарячими протягом дня. Це дає можливість розширити асортимент хлібобулочних виробів, удосконалити технологію, використовуючи різні технологічні заходи щодо інтенсифікації технологічних процесів та удосконалення смакових якостей хліба.

Хлібобулочні вироби з суміші житнього та пшеничного борошна користуються значним попитом у населення й характеризуються підвищеною харчовою цінністю завдяки вмісту в житньому борошні незамінних амінокислот, вітамінів, мікро- та макроелементів.

Розробці технології хліба з житнього борошна присвячені роботи В.І.Дробот, В.Ф. Доценка, Л.Ю. Арсенєвої, О.В. Афанасьєвої, Л.М. Казанської, Л.П. Пащенко, Л.І. Кузнецової, І.В. Матвєєвої, Е. Lundin, К. Poutanen та ін.

Враховуючи особливості вуглеводно-амілазного й білково-протеїназного комплексів житнього борошна, технології хлібобулочних виробів з його використанням є досить складними та трудомісткими. Традиційно вони передбачають використання густих або рідких житніх заквасок, виготовлених на чистих культурах мікроорганізмів, що значно ускладнює технологічний процес в умовах міні-підприємств та ЗРГ. Тому дослідження щодо наукового обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів з суміші житнього та пшеничного борошна, які готують дискретним способом на підприємствах малої потужності та в цехах ЗРГ, є актуальними.

Одним із ефективних напрямів удосконалення технології житньо-пшеничного хліба є використання заквасок спонтанного бродіння (ЗСБ). Це дозволить спростити процес приготування житньо-пшеничного хліба в умовах ЗРГ. Періодичність процесу виведення ЗСБ дозволить оперативно реагувати на потреби ринку в житньо-пшеничних сортах хліба, збільшувати або зменшувати об'єми виробництва, залежно від попиту в окремі періоди року.

З метою інтенсифікації технології хліба на український ринок поставляють поліпшувачі та підкислювачі закордонного виробництва, які суттєво підвищують собівартість готової продукції. Дослідження щодо ефективності їх застосування у технології хлібобулочних виробів з суміші житнього та пшеничного борошна не проводилися.

Актуальним є наукове обґрунтування прискореної технології хлібобулочних виробів на основі використання підкислювачів, розроблення нових полікомпонентних підкислювачів (ПКП) з обґрунтованим складом і вивчення їх впливу на технологічний процес і якість готових хлібобулочних виробів.

Сьогодні все більше уваги науковці приділяють поліпшенню структури та якості харчування як одного з основних факторів здорового способу життя.

Виникає необхідність розробки нових харчових продуктів, в тому числі й хлібобулочних виробів, які мають функціональну направленість.

Аналіз літературних джерел показав, що серед функціональних харчових інгредієнтів значна роль належить харчовим волокнам (ХВ), які мають суттєве фізіологічне значення в профілактиці та лікуванні низки захворювань.

Значна кількість ХВ міститься в традиційних для харчової промисловості видах сировини, проте в Україні та за її кордонами активно ведуться роботи з вилучення та виробництва різних видів концентратів ХВ, що дозволить раціонально використовувати вторинні сировинні ресурси та розширювати асортимент продуктів функціонального та оздоровчого призначення.

У зв'язку з цим актуальним є пошук нових джерел ХВ. З цієї точки зору заслуговує на увагу нова рослинна сировина – харчові волокна бобових і бульбових культур, а саме – концентрати харчових волокон гороху (ХВГ) та харчових волокон картоплі (ХВК).

Дослідження щодо способів і технологічних заходів застосування цієї сировини в технології хлібобулочних виробів у ЗРГ відсутні. У зв'язку з цим виникає необхідність наукового обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів, збагачених ХВ, у ЗРГ, впровадженням ЗСБ, розробленням полікомпонентних підкислювачів, використанням концентратів ХВГ і ХВК, що дасть змогу значною мірою вирішити проблему нестачі ХВ у раціонах харчування всіх груп населення.

Дисертаційна робота, присвячена вирішенню важливої проблеми – науковому обґрунтуванню та розробленню прискорених технологій хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна в умовах ЗРГ, призначених для оздоровчого харчування, в основі яких лежить інтенсифікація технологічних процесів і використання нових видів сировини з високим вмістом ХВ, є своєчасною й актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводили відповідно до тематики науково-дослідних робіт кафедри готельно-ресторанної справи НУХТ «Технологія продукції ресторанного господарства оздоровчого призначення» (номер державної реєстрації 0112U006491), «Інтенсифікація технологічних процесів виготовлення хлібобулочних виробів функціонального призначення» (номер державної реєстрації 0115U003983) та кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ «Застосування нетрадиційної сировини і добавок з метою покращання хлібопекарських властивостей борошна, інтенсифікації технологічного процесу, надання виробам оздоровчої та профілактичної дії» (номер державної реєстрації 01124004633), «Наукові засади розроблення інноваційних технологій хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності та термінів їх зберігання» (номер державної реєстрації 0116U001529), що координуються з тематикою науково-дослідних робіт НУХТ «Розроблення технології продуктів оздоровчої та профілактичної дії».

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна в ЗРГ на основі інтенсифікації технологічних процесів виробництва, розроблення підкислювачів, культивування ЗСБ і використання технологічних і функціональних властивостей нових видів сировини.

Відповідно до мети роботи було поставлено такі завдання досліджень:

- теоретично та експериментально обґрунтувати технологію заквасок спонтанного бродіння в умовах дискретного режиму виробництва в ЗРГ; оптимізувати умови культивування закваски спонтанного бродіння в циклі розведення та виробничому циклі;

- дослідити біотехнологічні властивості та визначити фізико-хімічні показники якості ЗСБ залежно від параметрів технологічного процесу; дослідити біохімічні та мікробіологічні процеси в тісті з ЗСБ, вивчити її вплив на структурно-механічні властивості тіста;

- оптимізувати параметри технологічного процесу виробництва хліба на ЗСБ і порівняти з якістю хліба, виготовленого на заквасках із чистих культур молочнокислих бактерій (МКБ); розробити нормативну документацію на використання розроблених ЗСБ на міні-пекарнях, в цехах ЗРГ; провести виробничу апробацію основних результатів досліджень;

- теоретично та експериментально обґрунтувати склад полікомпонентних підкислювачів для інтенсифікації технології житньо-пшеничних хлібобулочних виробів у ЗРГ; дослідити їх вплив на високомолекулярні полісахариди житнього борошна, технологічний процес і якість готових виробів, удосконалити технологію хлібобулочних виробів з використанням ПКП;

- дослідити вплив підкислювачів на біохімічні та мікробіологічні процеси в тісті, а також на його структурно-механічні властивості;

- розробити нормативну документацію на використання розроблених ПКП; провести виробничу апробацію основних результатів досліджень;

- теоретично та експериментально обґрунтувати використання нових видів ХВ для збагачення житньо-пшеничних хлібобулочних виробів у ЗРГ;

- встановити залежності між хімічним складом і технологічними властивостями нових видів сировини; дослідити вплив концентратів ХВГ і ХВК на перебіг основних процесів у тісті, формування його структурно-механічних властивостей;

- визначити оптимальний технологічний режим виготовлення хлібобулочних виробів з ХВГ і ХВК, дослідити їх споживчі властивості;

- виконати комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробничі умови, розробити нормативну документацію на нові вироби; визначити ефективність впровадження нових видів виробів у виробництво.

Об'єкт дослідження – технологія хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна.

Предмет дослідження – ЗСБ, розроблені полікомпонентні підкислювачі, концентрати ХВГ і ХВК, фізико-хімічні, біохімічні процеси, показники якості напівфабрикатів і готових хлібобулочних виробів.

Методи досліджень – аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, органолептичні, експериментально-статистичні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті системного аналізу теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано та реалізовано наукову концепцію, яка полягає в системному підході до інтенсифікації технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна в умовах ЗРГ.

На основі результатів досліджень *вперше*:

- запропоновано нову схему культивування закваски спонтанного бродіння, яка базується на накопиченні органічних кислот, що легко дисоціюють на іони та забезпечують високу якість напівфабрикатів і готових хлібобулочних виробів;

- встановлено, що на відміну від заквасок, виведених на чистих культурах мікроорганізмів, у ЗСБ привалює накопичення гетероферментативних МКБ, що зумовлює накопичення органічних кислот у заквасці з більшою, ніж у молочної кислоти, константою дисоціації. За однакової титрованої кислотності ЗСБ мають нижче значення рН, внаслідок чого в процесі виведення спонтанних заквасок пригнічується розвиток небажаної мікрофлори; розроблена схема поновлення закваски, яка забезпечує її стабільність;

- здійснено інтегральний підхід до компонування складу ПКП, що враховує вплив їх складових на основні біополімери тіста (білки, крохмаль, пентозани) та показники якості хлібобулочних виробів;

- обґрунтовано вплив підкислювачів та їх складових на біополімери тіста, що дозволяє корегувати його структурно-механічні властивості, підсилювати інтенсивність мікробіологічних і біохімічних перетворень. Одержано характеристики впливу ПКП на показники технологічного процесу і якість хліба;

- отримано нові наукові дані щодо утворення асоціатів (комплексів) білків пшеничного борошна та пентозанів житнього, що пояснює особливості утворення клейковинного каркасу у житньо-пшеничному тісті та підтверджується підвищенням його в'язко-пластичних властивостей;

- науково обґрунтовано теоретичні та практичні аспекти використання концентратів ХВГ і ХВК, які характеризуються високим загальним вмістом ХВ (61,6 та 77,1 % до маси сухих речовин), в тому числі 31,1...54,6 % пектинових речовин, завдяки чому зростає сорбційна здатність розроблених хлібобулочних виробів відносно свинцю – у 2,2 рази, кадмію – у 8,4...8,9 рази;

удосконалено:

- наукові підходи до інтенсифікації технологічних процесів на основі використання розроблених ПКП «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2», використання яких дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу виробництва житньо-пшеничного хліба у 2,5–3 рази;

- механізм дії складових розроблених підкислювачів на інтенсифікацію біохімічних процесів у тісті шляхом зменшення вмісту високомолекулярних

декстринів і збільшення кількості редукувальних цукрів, а також на структурно-механічні властивості житньо-пшеничного тіста;

- теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження біотехнологічних властивостей ЗСБ, параметрів технологічного процесу та показників якості хліба з її використанням;

- дослідження закономірностей впливу ХВ на загальну та активну кислотність тіста, що приводить до підвищення кислотності напівфабрикатів та сприяє інтенсифікації біохімічних процесів у тісті;

дістало подальшого розвитку:

- внесення в тісто концентратів ХВГ і ХВК сприяє суттєвому підвищенню вмісту ХВ у готових виробах; завдяки високій водопоглинальній здатності ХВ зростає кількість зв'язаної вологи в хлібі, що пояснює механізм збереження ним свіжості.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується їх перевіркою за допомогою фізико-хімічних методів аналізу, використанням сучасних приладів, застосуванням методів статистичного опрацювання результатів досліджень, перевіркою адекватності математичних моделей, виробничою апробацією розроблених технологій.

Наукове значення роботи. Теоретичні узагальнення, результати експериментальних досліджень та отримані нові наукові положення поглиблюють теоретичну базу технології хлібобулочних виробів з використанням житнього борошна та обґрунтовують механізм дії нетрадиційної сировини на якість виробів.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано спосіб отримання ЗСБ і технологію хліба з її використанням, розроблено склад підкислювачів для прискореної технології житньо-пшеничного хліба за дискретного режиму виробництва в умовах ЗРГ.

Розроблено нормативну документацію (технічні умови, технологічні інструкції, рецептури) на запропоновані підкислювачі та хлібобулочні вироби.

Розроблено технологічні інструкції та рецептури житньо-пшеничних хлібобулочних виробів з концентратами ХВГ і ХВК, що дозволяє розширити асортимент виробів оздоровчої дії.

Результати наукових розробок дисертаційної роботи пройшли виробничі випробування та впроваджені у виробництво на підприємствах: кафе-кондитерської «Alma Mater», ТОВ «Мервей», ТОВ «Пивна Дума Дмитріївська» (м. Київ), Львівській приватній міні-пекарні ПП «Мосьпан» (м. Львів). міні-пекарні ТМ «Городской хлеб» (м. Вишгород).

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі під час вивчення дисциплін «Технологія продукції ресторанного господарства», «Технології ресторанної продукції функціонального призначення», «Інноваційні ресторани технології».

Соціальний ефект полягає у розширенні асортименту хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна в ЗРГ, збагачених ХВ, що дозволить покращити структуру харчування населення України.

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні наукової концепції інноваційних прискорених технологій хлібобулочних виробів з суміші житнього та пшеничного борошна. Автором особисто сформульовано основні теоретичні рішення і обґрунтовано результати досліджень. Здійснено керівництво окремими напрямками тем, взято участь в експериментальних дослідженнях, розроблено теоретичне обґрунтування запропонованих рішень, проведено оброблення та узагальнення результатів, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації, оформлення патентів, нормативних документів, участь в апробації розроблених хлібобулочних виробів. У дисертаційній роботі матеріали кандидатської дисертації не використані.

Ряд досліджень виконано спільно з аспірантами Зуйко В.І. та Назар М.І. під час керівництва їх науковою роботою.

Обговорення, аналіз і узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим консультантом д.т.н., проф. В.І. Дробот.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на Міжнародній науково-практичній конференції «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти в харчовій промисловості» (м. Київ, 2014 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Готельно-ресторанний бізнес: інноваційні напрями розвитку» (м. Київ, 2015 р.), ІХ Международной научной конференции «Техника и технология пищевых производств» (г.Могилев, Белорусь, 2014 г.), ІІІ і ІV Международных научных конференциях «Пищевые инновации и биотехнологии» (г. Кемерово, Россия, КемТИПП, 2014, 2016 гг.), V Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (г. Воронеж, Россия, 2015), Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения» (г.Кутаиси, Грузия, 2015 г.), Міжнародній науково-практичній конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека» (м. Київ, 2015, 2016 рр.), 8 Центральноєвропейському конгресі з харчової науки, The 8-th Central European Congress on Food 2016 «CEFood 2016» (м. Київ, НУХТ, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів» (м. Київ, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» (м. Київ, 2017 р.) та ін.

Публікації. За результатами роботи опубліковано 56 наукових праць, у тому числі 1 монографію, 10 статей у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, 15 статей у наукових фахових виданнях України, 3 патенти України на винахід, 4 патенти України на корисну модель, 23 матеріали і тези доповідей на наукових конференціях.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 516 найменувань. Роботу викладено на 266 сторінках основного тексту, містить 82 таблиці та 50 рисунків. Додатки за дисертаційною роботою викладено в окремому томі.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету, завдання, предмет, об'єкт і методи досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, відображено результати апробації, наведено відомості про особистий внесок здобувача, структуру і обсяг дисертації, публікації за матеріалами роботи.

У першому розділі «Шляхи удосконалення технології та асортименту хлібобулочних виробів в умовах ЗРГ (огляд літератури)» проведено аналіз динаміки розвитку ринку України щодо виробництва хлібобулочних виробів, зокрема з суміші житнього та пшеничного борошна. Наведено аналіз світового досвіду інтенсифікації технологічних процесів приготування житньо-пшеничного хліба. Розглянуто добавки, які застосовують для впливу на структурно-механічні та фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів. Показано, що більшість з них є іноземного виробництва, досліджень щодо їх впливу на основні процеси в житньо-пшеничному тісті обмаль.

Доведено необхідність розроблення полікомпонентних підкислювачів з обґрунтованим складом на основі органічних кислот і ферментних препаратів для прискореної технології хлібобулочних виробів. Визначено перспективні напрями інтенсифікації технології житньо-пшеничного хліба, що забезпечить можливість приготування тіста з перервами в умовах дискретного режиму роботи підприємства та дасть можливість скорочення тривалості технологічного процесу виробництва житньо-пшеничного хліба в ЗРГ. Акцентовано увагу на необхідності надання виробам оздоровчих властивостей, зокрема, збагаченням ХВ. Показано, що актуальними є дослідження щодо вивчення впливу концентратів ХВГ і ХВК на показники технологічного процесу, якість напівфабрикатів і готових хлібобулочних виробів.

У другому розділі «Характеристика сировини та методів досліджень» наведено характеристику використаної у роботі сировини: борошна пшеничного першого сорту, борошна житнього обдирного, підкислювачів: Ібіс (Франція, «Lesaffre»), Баварія (Німеччина, «Ireks»), Аграм Темний (Росія, «Ireks»), Моле Гранум (Україна, «СантаВіта»), складових компонентів розроблених ПКП: ферментних препаратів (ФП) фірми «Novozymes» (Данія) Глюзим Моно 10000 ВГ (глюкооксидаза), Фунгаміл Супер АХ (грибкова α -амілаза і пентозаназа) та Пентопан 500 ВГ (пентозаназа та геміцелюлаза), аскорбінової та лимонної кислот, камеді гуару, сухої молочної сироватки (СМС), солоду житнього ферментованого (СЖФ), концентратів ХВГ, ХВК та ін. Усі види сировини відповідали вимогам чинної нормативної документації та мали сертифікати відповідності санітарному законодавству України.

Експериментальну частину роботи виконано в лабораторіях кафедр Національного університету харчових технологій, Національному університеті біоресурсів та природокористування України, Національному університеті ім. Тараса Шевченка, Державному центрі сертифікації, ідентифікації та якості сортів рослин (м. Київ), Інституті продовольчих ресурсів (м. Київ), Інституті біохімії ім. О.В.Палладіна, в хіміко-аналітичній лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України.

Показники якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів визначали загальноприйнятими та спеціальними методами. Загальний вміст ХВ визначали ферментативно-гравіметричним методом, вміст лігніну - методом Вільштеттера і Цейхмейстера, пектинових речовин – кальцій-пектатним методом. Вміст білка визначали модифікованим методом К'ельдаля, окремих амінокислот – методом іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії. Зольність борошна і ХВ визначали методом мокрого озолення з використанням прискорювача; вміст окремих мінеральних елементів – методом енерго-дисперсійного рентгенівського сканування на аналітичному скануючому електронному мікроскопі. Водопоглинальну здатність ХВ визначали методом центрифугування.

Закваску спонтанного бродіння готували з житнього обдирного борошна і води, вологістю 48...50 % за температури заквашування 26 °С, яку поновлювали у співвідношенні 1:1 протягом 5 діб через кожні 12 годин бродіння.

Кількість дріжджових клітин і молочнокислих бактерій в ЗСБ визначали підрахунком у постійно забарвлених препаратах у 50 полях зору за методом Бургвица і виражали в млн/г. Активність молочнокислих бактерій у заквасці та тісті під час бродіння визначали за знебарвленням метиленового синього. Склад нелетких органічних кислот та їх кількість визначали за методикою М.І. Княгинічева та Г.А. Дерновської–Зеленцової. Визначення вмісту летких кислот проводили напівмікрометодом ВНДІХП на початку та в кінці бродіння напівфабрикатів.

Пружно-еластичні характеристики тіста досліджували на фаринографі фірми «Brabender» (Німеччина), альвеографі фірми «Шопен» (Франція). В'язко-пластичні властивості тіста визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2», за їх формоутримувальною та газоутримувальною здатністю. Мікроструктуру тіста вивчали за допомогою електронного скануючого мікроскопа.

Аналіз зразків тіста проводили методом диференційної ІЧ–спектроскопії. Дослідні зразки готували на основі висушених зразків тіста методом пресованих таблеток, далі за допомогою інфрачервоного аналізатора «Інфрарід–61» визначали коефіцієнти відбивання в діапазоні довжини хвилі 13000...4000 см⁻¹.

Вміст редукувальних цукрів визначали йодометричним методом з попереднім осадженням білків у перерахунку на сухі речовини (СР) (за мальтозою).

Дослідження форм зв'язку вологи у м'якушці хліба під час його зберігання проводили термогравіметричним методом на дериватографі Q–1500. Аромат хліба оцінювали за кількістю бісульфітзв'язуючих сполук. Загальний і фракційний склад декстринів визначали за їх здатністю осаджуватися за умови різних концентрацій етилового спирту в розчині. Перетравлюваність білкових речовин хліба визначали за інтенсивністю їх гідролізу пепсином і трипсином *in vitro*.

Комплексоутворювальну здатність хліба визначали методом тригонометричного титрування трилоном Б у присутності індикатора хромоген чорний. Для оптимізації співвідношення складових ПКП застосовували метод експериментально-статистичного моделювання. Геометричну інтерпретацію математичної моделі здійснювали за допомогою програми для статистичного аналізу даних Statistica 6.0.

У третьому розділі «Теоретичне та експериментальне обґрунтування культивування ЗСБ в умовах дискретного виробництва в ЗРГ» досліджено параметри приготування ЗСБ у циклі розведення та виробничому циклі.

Показано, що виробництво хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна потребує забезпечення високої кислотності тіста, що досягається використанням заквасок. Традиційна технологія житніх заквасок носить безперервний характер і є досить трудомісткою. Це вимагає спеціального обладнання та виробничих приміщень. Не кожне підприємство має достатні ресурси для ведення таких процесів, особливо міні-пекарні, на частку яких припадає значна кількість виробів.

Одним із ефективних напрямів вирішення цієї проблеми може стати використання заквасок спонтанного бродіння (ЗСБ). Це дозволить спростити процес приготування житньої закваски, оскільки немає потреби в чистих культурах мікроорганізмів, зробить його доступним для підприємств малої потужності, забезпечить високу якість виробів.

Приготування ЗСБ пов'язано з низкою біохімічних, мікробіологічних і фізичних процесів. Швидкість і характер їх перебігу залежать від технологічного режиму її приготування: тривалості та температури бродіння, масової частки вологи у заквасці та ін. Зміна цих параметрів суттєво впливає на розвиток мікроорганізмів у заквасці. Встановлення оптимальних технологічних параметрів дозволить отримати готові вироби високої якості.

Готували ЗСБ із житнього борошна і води та досліджували кількість молочнокислих бактерій (МКБ) і дріжджів у ЗСБ на різних стадіях її поновлення. Встановили (табл. 1), що з кожним поновленням кількість мікроорганізмів збільшується. На початку циклу розведення кількість МКБ збільшується майже вдвічі, з кожним наступним поновленням накопичується на 25...50 % МКБ більше від попередньої фази. Співвідношення між дріжджами та МКБ збільшувалося в бік накопичення дріжджових клітин і в кінці циклу розведення становило 1:90. З кожним підживленням збільшувалася кількість ароматоутворюючих мікроорганізмів, що й обумовило високу якість закваски.

Таблиця 1 - Кінетика розвитку МКБ і дріжджів у ЗСБ у циклі розведення
n=3, p≤0,05

Кількість поновлень/ тривалість бродіння, годин	Кількість клітин, млн/г			Співвідношення дріжджів і МКБ
	Дріжджів	МКБ	Ароматоутворюючих мікроорганізмів	
1 поновлення / через 12 годин	3	450	0,32	1:150
2 поновлення/ через 24 години	8	940	0,65	1:118
3 поновлення / через 36 годин	12	1390	0,8	1:115
4 поновлення / через 48 годин	15	1500	1,2	1:100
5 поновлення / через 60 годин	19	1700	2,6	1:90

Аналізуючи якість ЗСБ вологістю 48 % за температури бродіння 26 °С у циклі розведення встановили (табл. 2), що ЗСБ після п'ятого поновлення набуває стабільної якості та може бути використана в виробничому циклі для приготування на цій заквасці житньо-пшеничного хліба.

Таблиця 2 - Показники якості ЗСБ у циклі розведення за її вологості 48 % та температури бродіння 26 °С

Кількість поновлень	Інтервали від початку замісу	Показник	
		Кислотність, град	Підймальна сила, хв
1	через 12 годин	5,5 ± 0,2	-
2	через 24 години	8,5 ± 0,2	58 ± 1
3	через 36 годин	10,5 ± 0,2	46 ± 1
4	через 48 годин	12,5 ± 0,2	35 ± 1
5	через 60 годин	13,5 ± 0,2	19 ± 1
6	через 72 години	13,5 ± 0,2	18 ± 1

Досліджували інтенсивність накопичення діоксиду вуглецю в процесі бродіння ЗСБ після 2, 4 та 5 її поновлення. Встановили (рис. 1), що найбільш інтенсивно процес газоутворення відбувається в ЗСБ після п'ятого поновлення. Це пов'язано зі збільшенням кількості дріжджових клітин, які й обумовлюють підвищене виділення CO₂.

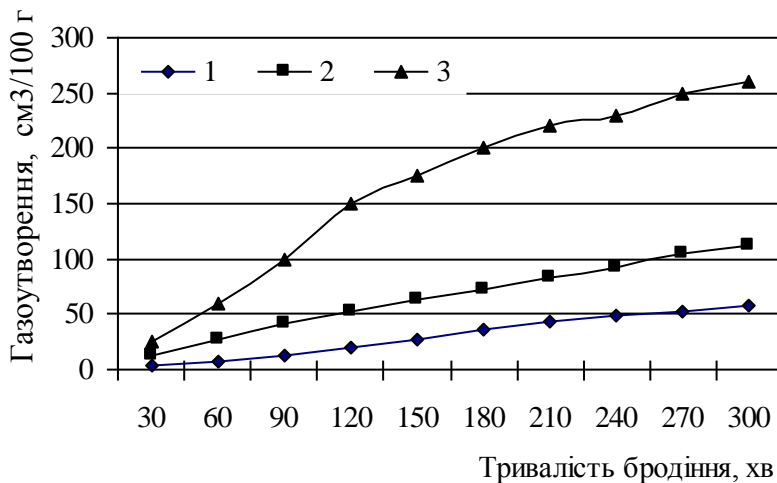


Рисунок 1 – Інтенсивність накопичення діоксиду вуглецю за 5 годин бродіння у ЗСБ:

- 1 – після 2-х поновлень;
- 2 – після 4-х поновлень;
- 3 – після 5-ти поновлень.

Для визначення оптимальних параметрів культивування ЗСБ у циклі розведення здійснювали оптимізацію експериментально-статистичним методом Бокса-Уілсона. За оптимізувальні фактори обрали: X₁ – масова частка вологи у ЗСБ, %, X₂ – тривалість бродіння ЗСБ, годин, X₃ – температура бродіння ЗСБ, °С. За критерій оптимальності (Y) обрали кількість виділеного діоксиду вуглецю в заквасці, см³/100г, як обмеження – кислотність ЗСБ (табл. 3).

Таблиця 3 - Діапазони факторного простору

Досліджувані фактори	Рівні факторів			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
Масова частка вологи у заквасці, X ₁ , %	48	56	52	4
Тривалість бродіння закваски, X ₂ , год	48	72	60	12
Температура бродіння закваски, X ₃ , °С	26	30	28	2

В результаті оброблення експериментальних даних методом експериментально-статистичного моделювання отримали адекватне рівняння регресії та встановили, що оптимальними технологічними параметрами приготування ЗСБ з кислотністю 13 град у циклі розведення є: X₁ – масова

частка вологи в ЗСБ – 48 %, X_2 – тривалість бродіння закваски – 60 годин, X_3 – температура бродіння – 28 °С.

На основі проведених досліджень встановили, що у виробництві житньо-пшеничних хлібобулочних виробів у ЗРГ за дискретного режиму роботи підприємства слід готувати ЗСБ за такою схемою (табл. 4):

Таблиця 4 - Схема приготування густої житньої ЗСБ у циклі розведення

Цикл розведення -		
Борошно житнє обдирне 1,875 кг Вода 1,25 кг		W – 48...50 % $\tau_{бр}$ -12 годин, $t_{бр}$ -26...28 °С
1 поновлення через 12 годин	Закваска попереднього приготування -3,125 кг Борошно 1,875 кг, вода 1,25 кг	W – 48...50 % $\tau_{бр}$ -12 годин, $t_{бр}$ -26...28 °С
2 поновлення через 24 години	Закваска попереднього приготування – 6,25 кг Борошно 3,75 кг, вода 2,5 кг	W – 48...50 % $\tau_{бр}$ -12 годин, $t_{бр}$ -26...28 °С
3 поновлення через 36 годин	Закваска попереднього приготування – 12,5 кг Борошно 7,5 кг, вода 5 кг	W – 48...50 % $\tau_{бр}$ -12 годин, $t_{бр}$ -26...28 °С
4 поновлення через 48 годин	Закваска попереднього приготування – 25 кг Борошно 15 кг, вода 10 кг	W – 48...50 % $\tau_{бр}$ -12 годин, $t_{бр}$ -26...28 °С
5 поновлень через 60 годин	Закваска попереднього приготування – 50 кг Борошно 30 кг, вода 20 кг	W – 48...50 % $\tau_{бр}$ -12 годин, $t_{бр}$ -26...28 °С

Отже, у циклі розведення ЗСБ готують вологістю 48...50 % змішуванням борошна житнього обдирного та води та залишають закисати за температури 26...28 °С. Через кожні 12 годин проводять поновлення (підживлення) закваски доданням до неї еквівалентної кількості поживної суміші з житнього борошна та води.

З кожним наступним підживленням закваски підвищується її кислотність та покращується підймальна сила, смак і запах. Після п'ятикратного поновлення в ЗСБ встановлюється активна мікрофлора, закваску можна використовувати у виробничому циклі.

Для збереження стабільної якості закваски в умовах виробництва необхідно здійснювати її постійне поновлення. Для цього стиглу закваску (СЗ) підживлювали поживною сумішшю (ПС) з житнього борошна та води у співвідношенні СЗ:ПС – 1:1 та залишали на бродіння до накопичення необхідної кислотності та підймальної сили. Дотримання оптимальних параметрів поновлення дозволить тривалий час зберігати високу якість ЗСБ.

З метою вивчення біотехнологічних властивостей заквасок у виробничому циклі ЗСБ поновлювали через 12 годин бродіння за співвідношення стиглої закваски (СЗ) і поживної суміші (ПС) 1:1, 1:3 та 1:5. Режим поновлення закваски обирали, орієнтуючись на впровадження цієї технології на міні-підприємствах, у цехах закладів ресторанного господарства, графік яких передбачає роботу в дві зміни по 12 годин.

Визначали бродильну активність мікрофлори ЗСБ у виробничому циклі за кількістю накопиченого діоксиду вуглецю. Встановили, що початкова кількість діоксиду вуглецю була вища в ЗСБ за співвідношення СЗ і ПС 1:1, яка містила більшу початкову кількість дріжджових клітин. Процес накопичення CO_2 відбувався інтенсивніше у зразках ЗСБ за співвідношення СЗ і ПС 1:3 та 1:5, які містили більшу кількість поживного середовища.

Встановили, що активність дріжджових клітин залежить від їх кількості в 1 г закваски. Визначили, що за умови низької концентрації дріжджових клітин у заквасці дріжджі розмножуються добре, за більшої їх концентрації – менш інтенсивно.

Досліджували активність молочнокислих бактерій у ЗСБ під час її бродіння за температури 26 та 30 °С. Встановили (табл. 5), що вища активність МКБ спостерігається за температури 30 °С.

Таблиця 5 - Активність молочнокислих бактерій в ЗСБ, хв

n=3, p≤0,05

Тривалість бродіння закваски, годин	За температури 26 °С			За температури 30 °С		
	1:1	1:3	1:5	1:1	1:3	1:5
Після замішування, 0 годин	149	164	174	146	160	162
Через 2 години бродіння	146	160	169	134	146	158
Через 4 години бродіння	143	158	164	122	130	150
Через 6 годин бродіння	138	154	160	110	121	142
Через 8 годин бродіння	130	148	155	98	109	132
Через 10 годин бродіння	116	136	145	83	97	118
Через 12 годин бродіння	101	118	123	61	73	102

При цьому зі зростанням у заквасці поживної суміші активність бактерій знижується, очевидно, внаслідок того, що з поживною сумішшю в нову порцію закваски вноситься менше активної мікрофлори. Однак, за такої температури закваска інтенсивніше перекисає, зважаючи на це, за дискретного режиму роботи ЗРГ рекомендується її поновлення здійснювати за температури 26 °С.

За температури 26 °С краща активність МКБ спостерігається у разі співвідношення стиглої закваски та поживної суміші 1:1. За такого співвідношення через 12 годин бродіння активність МКБ краща, ніж в інших зразках закваски. Під час бродіння активність МКБ підвищується. Зі збільшенням вмісту ПС у заквасці кількість МКБ і дріжджів збільшується.

В результаті дослідження сукупних показників якості виробничої ЗСБ за умови внесення на її приготування різної кількості СЗ і ПС за температури бродіння 26°С встановили (табл. 6), що в ЗСБ під час поновлення якої співвідношення СЗ і ПС становить 1:1, найбільша кількість МКБ. Помітно більша кислотність закваски, краща підймальна сила, найменше значення рН середовища, що очевидно обумовлено більшим вмістом у ній органічних кислот.

Якість ЗСБ за умови співвідношення СЗ і ПС 1:1 за показниками кислотності, підймальної сили, співвідношенням дріжджів і МКБ наближена до якості закваски, виготовленої на чистих культурах молочнокислих бактерій (ЧКМКБ).

На основі проведеного аналізу встановили, що оптимальним у виробничій ЗСБ є співвідношення СЗ і ПС 1:1. В цьому випадку за 12 годин бродіння закваска мала кислотність 13 град, що є характерною для густих житніх заквасок, підймальну силу 20 хвилин за співвідношення дріжджів і МКБ 1:75.

Визначення вмісту летких органічних кислот проводили на початку та в кінці бродіння закваски. Тривалість бродіння ЗСБ становила 12 годин за температури 26 °С.

Таблиця 6 – Показники якості ЗСБ залежно від кількості СЗ і ПС

n=3, p≤0,05

Показники	Варіанти приготування виробничої ЗСБ		
	Зразок № 1 (1:1)	Зразок № 2 (1:3)	Зразок № 3 (1:5)
Тривалість бродіння, год	12	12	12
Кислотність початкова, град	7,2	5,2	4,6
Кислотність кінцева, град	13,0	12,3	11,9
pH кінцева	5,0	5,2	5,3
Підймальна сила, хв	20	24	26
Кількість МКБ, млн/г	1350	1080	830
Кількість дріжджових клітин, млн/г	18	16	14
Співвідношення дріжджів і МКБ	1:75	1:64	1:58

Встановили (табл. 7), що початковий вміст летких кислот у ЗСБ становив 22,1 %. В процесі бродіння їх кількість збільшувалася внаслідок дії гетероферментативних МКБ і в кінці бродіння становила 28 % до загальної кислотності закваски. При цьому загальна кислотність ЗСБ відразу після поновлення та через 12 годин бродіння становила 7,2 та 13,0 град відповідно.

Великий вміст летких кислот у ЗСБ свідчить про домінуючу роль і більший вміст у заквасці спонтанного бродіння гетероферментативних МКБ (*Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus brevis*).

Таблиця 7 - Вміст летких кислот у заквасці за температури 26 °С

n=3, p≤0,05

Тривалість бродіння закваски, годин	Вміст летких кислот, % до загальної кислотності			
	Закваска на ЧКМКБ	Зразок №1 (1:1)	Зразок №2 (1:3)	Зразок №3 (1:5)
На початку бродіння, 0 годин	19,2	22,1	19,6	11,8
Через 12 годин бродіння	23,6	28,0	23,6	13,6

У заквасці на ЧКМКБ привалюють гомоферментативні МКБ, що пояснює дещо менший (23,6 %) у них вміст летких кислот. Найбільш інтенсивне накопичення летких кислот відбувалося в зразку закваски зі співвідношенням СЗ та ПС 1:1. Через 12 годин бродіння вміст летких кислот збільшився в зразку №1 на 26,7, а в 2 та 3 зразках – на 20,4 та 15,3 % відповідно. Очевидно, це обумовлено більшою кількістю МКБ, які вносили зі стиглою закваскою під час поновлення.

Найкращі показники якості ЗСБ і найбільш наближені до показників якості закваски на ЧКМКБ забезпечуються за співвідношення у виробничому циклі СЗ та ПС 1:1. Проте, якщо виникає виробнича необхідність у збільшенні кількості виробничої закваски і є потреба в її поновленні за співвідношення СЗ і ПС 1:3, то активність накопичення бродильної мікрофлори є достатньою для отримання житньо-пшеничного хліба високої якості.

Збільшення вмісту органічних кислот у заквасці сприятиме інтенсифікації біохімічних, мікробіологічних й колоїдних процесів у тісті. Це матиме вплив на формування аромату хліба.

Визначення нелетких органічних кислот проводили у ЗСБ, у заквасці, виготовленій на ЧКМКБ, а також у житньо-пшеничному тісті, виготовленому з використанням цих заквасок на початку та в кінці бродіння. Тісто готували з масовою часткою вологи 47%. ЗСБ вносили у кількості 45 % до маси борошна в тісті. Тривалість бродіння тіста становила 90 хв.

Встановили (табл. 8), що вміст молочної кислоти у ЗСБ – 640 мг/100 г, що становить 71,2 % від загальної кількості нелетких кислот у заквасці, в той час як сума яблучної й бурштинової та винної й лимонної кислот – 20,5 та 8,2 % відповідно. В заквасці, виготовленій на ЧКМКБ, вміст молочної кислоти – 758мг/100 г, що, відповідно, становить 83 % від загального вмісту нелетких кислот. У заквасці, виготовленій на ЧКМКБ, порівняно з ЗСБ, за умови однакової титрованої кислотності міститься більше на 14 % нелетких органічних кислот, представлених переважно молочною кислотою, що обумовлено дією гомоферментативних МКБ у заквасці.

У тісті на ЗСБ через 90 хвилин бродіння вміст молочної кислоти був на 15,6 % менший, ніж у тісті, виготовленому на заквасці на ЧКМКБ, проте привалює накопичення інших органічних кислот (яблучної, бурштинової, винної, лимонної), з вищою, ніж у молочної кислоти, константою дисоціації. Це зумовлює зниження рН системи та сприяє пригніченню розвитку небажаної мікрофлори. Органічні кислоти, які утворюються під час бродіння ЗСБ, перешкоджають розвитку гнилісних бактерій, а також інших мікроорганізмів, які потрапили в ЗСБ з борошна та повітря.

Таблиця 8 - Вміст нелетких органічних кислот у заквасці та тісті

n=3, p≤0,05

Напівфабрикат	Вміст нелетких органічних кислот, мг/100 г продукту		
	молочна	яблучна + бурштинова	винна + лимонна
Закваска спонтанного бродіння	640	184	74
Закваска на ЧКМКБ	758	88	62
Тісто на ЗСБ:			
на початку бродіння	289	134,1	41,4
через 90 хв бродіння	388	171,3	82,8
Тісто на заквасці на ЧКМКБ:			
на початку бродіння	363	62	42,5
через 90 хв бродіння	460	99,2	61,4

Визначали оптимальну кількість ЗСБ, яку необхідно внести в тісто для отримання готових виробів високої якості. З цією метою на виробничій ЗСБ вологістю 48...50 % за температури бродіння 26...28 °С проводили пробні лабораторні випікання житньо-пшеничного хліба за співвідношення житнього та пшеничного борошна в тісті 50:50. Тісто готували вологістю 47 %. ЗСБ вносили в тісто в кількості 35, 40 та 45 % до маси борошна в тісті. При цьому у

тісто з закваскою вносили 21, 24, 27 % борошна. Кислотність закваски становила 13 град, підймальна сила – 19 хв. З метою інтенсифікації процесів бродіння в тісто вносили 0,5 % пресованих дріжджів.

Встановили (табл. 9), що зі збільшенням кількості внесеної закваски в тісті зростала кількість летких кислот, підвищувалася кислотність, що зумовлювало в усіх зразках хліба виражений інтенсивний смак і аромат. Тривалість вистоювання напівфабрикатів за умови внесення 35 % ЗСБ становила 60 хв, зі збільшенням кількості внесеної закваски до 45 % тривалість вистоювання скорочувалася до 50 хвилин. Найкращий питомий об'єм був у зразках тіста у разі внесення 45 % ЗСБ до маси борошна в тісті. За час бродіння та вистоювання тіста його об'єм збільшився в 2,2 рази, що в подальшому забезпечило гарний питомий об'єм і пористість готових виробів.

Таблиця 9 - Показники технологічного процесу та якості житньо-пшеничного хліба з використанням закваски спонтанного бродіння

n=3, p≤0,05

Найменування показника	Внесення ЗСБ, % до маси борошна		
	35	40	45
Кислотність тіста, град: початкова	5,8	6,0	6,4
	кінцева	7,4	7,8
рН тіста кінцеве	4,28	4,21	4,18
Вміст летких кислот у тісті, %	21	23	26
Тривалість бродіння тіста, хвилин	90	90	90
Тривалість вистоювання, хвилин	60	55	50
Збільшення питомого об'єму тіста, %	200	208	220
Розпливання тіста, % до почат. діаметра	190	180	170
Питомий об'єм хліба, см ³ /100 г	220	235	254
Пористість хліба, %	65	66	68
Кислотність хліба, град	6,4	6,6	6,8
Зовнішній вигляд	Форма правильна, поверхня гладка		
Смак і аромат	Добре виражений, приємний		
Стан м'якушки	Еластична, не заминається		

Визначення вмісту цукрів та ароматичних речовин у житньо-пшеничному хлібі, виготовленому на густій заквасці на ЧКМКБ (контроль), та в хлібі, виготовленому з використанням ЗСБ, показало (табл. 10), що вміст бісульфітв'язуючих сполук у м'якушці та скоринці хліба, виготовленого на ЗСБ, більший за їх вміст у контрольному зразку на 8,5...16,2 %.

Таблиця 10 - Вміст ароматоутворюючих речовин у хлібі, % на СР

n=3, p≤0,05

Зразки хліба	Масова частка цукрів, % на СР	Вміст бісульфітв'язуючих речовин, % на СР
На заквасці на ЧКМКБ:	м'якушка	2,5
	скоринка	3,2
На ЗСБ:	м'якушка	2,9
	скоринка	3,4

Це, очевидно, пов'язано з більшим вмістом летких органічних кислот у ЗСБ та тісті з її використанням, що зумовлює більшу кількість бісульфітзв'язуючих речовин у готових виробах і покращує їх смак та аромат.

Отже, використання ЗСБ у кількості 45 % до маси борошна в тісті дозволяє отримати готові хлібобулочні вироби з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості та може бути рекомендоване для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба в умовах міні-підприємств і ЗРГ.

У четвертому розділі «Наукове обґрунтування та розроблення прискореної технології житньо-пшеничного хліба в умовах закладів ресторанного господарства» проаналізовано найбільш поширені підкислювачі, які використовують для прискореної технології житньо-пшеничного хліба (Аграм темний, Баварія (Німеччина), Ібіс (Франція) та Моле Гранум (Україна)), визначено їх вплив на основні процеси в тісті, якість напівфабрикатів і готових хлібобулочних виробів. Встановлено (табл. 11), що найвищі показники якості готових виробів забезпечує використання підкислювача «Ібіс», який сприяє скороченню тривалості технологічного процесу, інтенсифікації процесу тістоутворення, дозволяє отримати хлібобулочні вироби належної якості, що не поступаються зразкам, виготовленим за традиційною технологією.

Таблиця 11 - Вплив підкислювачів на показники технологічного процесу та якість житньо-пшеничних хлібобулочних виробів

n=3, p<0,05

Показники якості	Контроль (на густій житній заквасці)	З використанням підкислювачів, % внесення до маси борошна в тісті			
		Ібіс, 0,8	Моле Гранум, 1,5	Баварія, 2,5	Аграм темний, 0,9
Кислотність тіста, град: початкова кінцева	5,4	5,6	3,4	5,2	5,0
	7,4	6,8	4,7	6,4	6,8
Тривалість, хв.: бродіння тіста вистоювання	90	30	30	30	30
	60	35	40	35	35
Кількість виділеного CO ₂ , см ³ /100 г	670	700	675	684	680
Хліб					
Питомий об'єм, см ³ /100 г	180	188	182	184	186
Пористість, %	62	66	62	64	65
Формостійкість (Н/d)	0,36	0,36	0,36	0,41	0,43
Кислотність, град	6,8	6,4	4,0	5,8	6,0
Крихкуватість хліба, %					
4 год	1,35	1,9	1,96	2,09	1,94
24 год	1,5	2,1	2,18	2,21	2,13
48 год	1,84	2,6	2,43	2,45	2,70
72 год	2,5	6,4	6,45	7,88	6,50
Зміна гідрофільних властивостей хліба, % до СР					
4 год	288	410	433	444	414
24 год	241	390	412	426	397
48 год	224	370	386	392	374
72 год	196	360	372	380	367

На основі аналізу складу підкислювачів та їх впливу на технологічний процес і якість хлібобулочних виробів розробили нові полікомпонентні підкислювачі (ПКП) з обґрунтованим складом на основі органічних кислот і ферментних препаратів (ФП). Дослідження проводили для двох композицій полікомпонентних підкислювачів, використання яких залежить від співвідношення житнього та пшеничного борошна в тісті.

Розроблення першої композиції підкислювача передбачає його використання в разі виробництва хліба з вмістом житнього борошна понад 50 % у тісті. В цьому випадку якість хлібобулочних виробів буде більшою мірою обумовлена вмістом пентозанів, які в тісті утворюють в'язкий колоїдний розчин. Тому до складу першої композиції ПКП було включено ферментні препарати Глюзим, який сприяє укріпленню білків пшеничного борошна, та Пентопан, який має широкий спектр пентозаназної та геміцелюлазної активності, що покращить структурно-механічні властивості тіста.

Другу композицію ПКП передбачено використовувати за більшого вмісту в тісті пшеничного борошна. Для скорочення тривалості бродіння пшенично-житнього тіста до складу другої композиції ПКП включили ферментний препарат Фунгаміл Супер АХ, який сприяє інтенсифікації процесу гідролізу крохмалю до мальтози, та аскорбінову кислоту, яка покращить структуру тіста з суміші пшеничного та житнього борошна.

Для забезпечення належної кислотності тіста та якості хліба, покращання його структурно-механічних властивостей в обидві композиції ПКП вносили лимонну кислоту, суху молочну сироватку, солод житній ферментований та гуарову камедь. Для визначення співвідношення окремих складових інгредієнтів у нових ПКП використовували методологію експериментально-статистичного моделювання (табл. 12).

Аналіз апріорної інформації дозволив виділити такі оптимізуючі фактори для ПКП «Оптимальний 1»: X_1 - ферментний препарат Глюзим (глюкозооксидаза), %, X_2 - ферментний препарат Пентопан 500 ВГ (ксиланаза та геміцелюлаза), %, X_3 - камедь гуари, %. Для ПКП «Оптимальний 2»: X_1 - ферментний препарат Фунгаміл Супер, %, X_2 - аскорбінова кислота, %, X_3 - камедь гуари, %. За критерій оптимальності (Y) обрали питомий об'єм хліба.

Таблиця 12 - Діапазони факторного простору багатфакторних експериментів

Досліджувані фактори, % до маси борошна	Рівні факторів			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
Для ПКП «Оптимальний 1»				
X_1 , Глюзим	0,004	0,008	0,006	0,002
X_2 , Пентопан	0,001	0,005	0,003	0,002
X_3 , гуарова камедь	0,15	0,35	0,25	0,1
Для ПКП «Оптимальний 2»				
X_1 , Фунгаміл Супер	0,005	0,009	0,007	0,002
X_2 , аскорбінова кислота	0,005	0,015	0,01	0,005
X_3 , гуарова камедь	0,15	0,35	0,25	0,1

За результатами обробки експериментальних даних отримали адекватне рівняння регресії для ПКП «Оптимальний 1»

$$Y = 197,67 + 5,83 \cdot X_1 + 7,17 \cdot X_2 + 4,33 \cdot X_3, \quad (1)$$

для ПКП «Оптимальний 2»

$$Y = 198,75 + 6,83 \cdot X_1 + 5,08 \cdot X_2 + 6,25 \cdot X_3. \quad (2)$$

На основі експериментальних даних та методу експериментально-статистичного моделювання розробили склад двох ПКП «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2» для прискореного способу виробництва житньо-пшеничного хліба в ЗРГ. Співвідношення компонентів підкислювачів «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2» наведено в табл.13.

Таблиця 13 - Співвідношення компонентів підкислювачів, г/100 г борошна

Найменування компонентів	Композиція підкислювачів	
	«Оптимальний 1»	«Оптимальний 2»
Глюзим 10000 Моно	0,006	-
Пентопан 500 BG	0,003	-
Гуарова камедь	0,25	0,25
Фунгаміл Супер АХ	-	0,007
Аскорбінова кислота	-	0,01
Кислота лимонна	0,75	0,75
Суша молочна сироватка	0,25	0,25
Солод житній ферментований	0,75	0,75
Всього	2,009	2,017

Встановили (табл. 14), що внесення ПКП дозволяє скоротити тривалість бродіння та вистоювання тіста, порівняно з традиційною технологією в 2,5-3 рази. Використання розроблених ПКП забезпечує збільшення питомого об'єму готових виробів на 22...28 % та дозволяє за прискореною технологією отримувати хлібобулочні вироби високої якості.

Таблиця 14 - Вплив підкислювачів на показники технологічного процесу та якість житньо-пшеничних хлібобулочних виробів

n=3, p≤0,05

Показники	Контроль		З доданням підкислювачів	
	на густій заквасці	з підкислювачем «Ібіс»	«Оптимальний 1»	«Оптимальний 2»
Тривалість бродіння тіста, хв	90	30	30	30
Тривалість вистоювання тіста, хв	60	35	35	35
Кислотність тіста, град:	початкова	5,6	6,0	6,2
	кінцева	7,4	7,6	7,8
Питомий об'єм хліба, см ³ /100 г	180	188	220	230
Пористість, %	62	66	67	68
Формостійкість, Н/D	0,36	0,36	0,43	0,46
Кислотність хліба, град	6,8	6,4	6,4	6,6
Зовнішній вигляд	Форма правильна, поверхня гладка			
Стан м'якушки	Еластична			
Пористість	Рівномірна, тонкостінна			
Смак і аромат	Властивий житньо-пшеничному хлібу			

Встановлено (табл. 15), що внесення ПКП «Оптимальний 1» сприяє збільшенню накопичення редукувальних цукрів на 12,5 %, а внесення ПКП «Оптимальний 2» - на 37,5 %. Кількість зброджених цукрів у тісті з ПКП «Оптимальний 1» і «Оптимальний 2» на 18,3 та 26,0 % більша за їх вміст у контрольному зразку на густій заквасці. Більш інтенсивне накопичення і збродження цукрів у тісті з ПКП характеризує біохімічні процеси в ньому як більш активні, дозволяє інтенсифікувати процес виробництва хліба, сприяє збільшенню питомого об'єму та пористості готових виробів.

Встановили, що використання розроблених ПКП сприяє утворенню додаткової кількості мальтози, яка інтенсифікує виділення вуглекислого газу. За рахунок більшої кількості редукувальних цукрів у напівфабрикатах з підкислювачем «Оптимальний 2» газоутворення у зразках тіста з його використанням більше за вміст у тісті з ПКП «Оптимальний 1» на 11%. Загальне газоутворення у зразках з підкислювачами більше за контроль на 21...32 %, що сприяє підвищенню питомого об'єму і пористості готових виробів. Динаміка газоутворення підтверджує доцільність скорочення тривалості бродіння і вистоювання виробів, виготовлених за прискореною технологією.

Таблиця 15 – Вміст редукувальних цукрів у тісті (% СР, на мальтозу)

n=3, p<0,05

Об'єкт	Контроль 1 (на густій заквасці)		Контроль 2 (з підкислювачем «Ібіс»)		з ПКП «Оптимальний 1»		з ПКП «Оптимальний 2»	
	дріжд- жове	безріжд- жове	дріжд- жове	безріжд- жове	дріжд- жове	безріжд- жове	дріжд- жове	безріжд- жове
Тісто після замішування	3,6	3,6	4,4	4,5	6,0	5,3	4,8	4,7
Тісто через 90 хв	4,2	6,0	5,2	7,0	6,8	8,0	6,0	8,0
Накопичено цукру	0,6	2,4	0,8	2,5	0,8	2,7	1,2	3,3
Зброджено цукру	1,8	-	1,7		1,8	-	2,1	-

Зміна титрованої та активної кислотності тіста характеризує інтенсивне кислотонакопичення протягом всього періоду бродіння, що забезпечує зниження активності амілолітичних ферментів і запобігає розрідженню напівфабрикатів.

На основі визначення вмісту нелетких органічних кислот встановили, що вміст молочної кислоти в тісті з розробленими ПКП на початку бродіння більший за її вміст в контрольному зразку в 1,9-2 рази. У процесі бродіння тіста кінцевий вміст молочної кислоти перевищував її вміст у контрольному зразку на 25 та 40,6 %. Сума яблучної та бурштинової кислот перевищувала їх вміст у контролі на густій заквасці на 46 та 56 %, а сума винної та лимонної кислот – на 54,6% для ПКП «Оптимальний 1» та на 45% для ПКП «Оптимальний 2». При цьому вміст летких кислот у тісті з використанням підкислювачів незначно відрізнявся від контрольного зразка, виготовленого на заквасці на ЧКМКБ. Очевидно, це пов'язано зі складом розроблених підкислювачів, до яких входять органічні кислоти.

Загальне збільшення вмісту органічних кислот у тісті з добавками сприяє інтенсифікації біохімічних і колоїдних процесів у тісті, накопиченню кислотності та зниженню рН середовища, що сприяє дії дріжджових клітин і ферментів глюкооксидази та пентозанази, оптимум дії яких лежить в інтервалі 4,8-5,4. Це інтенсифікує гідроліз крохмалю та пентозанів, що забезпечує інтенсифікацію процесу тістоутворення.

Загальне збільшення вмісту органічних кислот у тісті з ПКП сприяє інтенсифікації біохімічних і колоїдних процесів у тісті.

Визначено, що внесення розроблених підкислювачів забезпечує підвищення водопоглинальної здатності тіста, що призводить до збільшення питомого об'єму та покращання структурно-механічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів. Зменшується розрідження тіста на 13,8 та 7% відповідно для підкислювача «Оптимальний 1» і «Оптимальний 2» за рахунок збільшення гідратаційної здатності білків борошна. Встановлено (рис. 2), що в зразках тіста з підкислювачами підвищується ефективна в'язкість тіста.

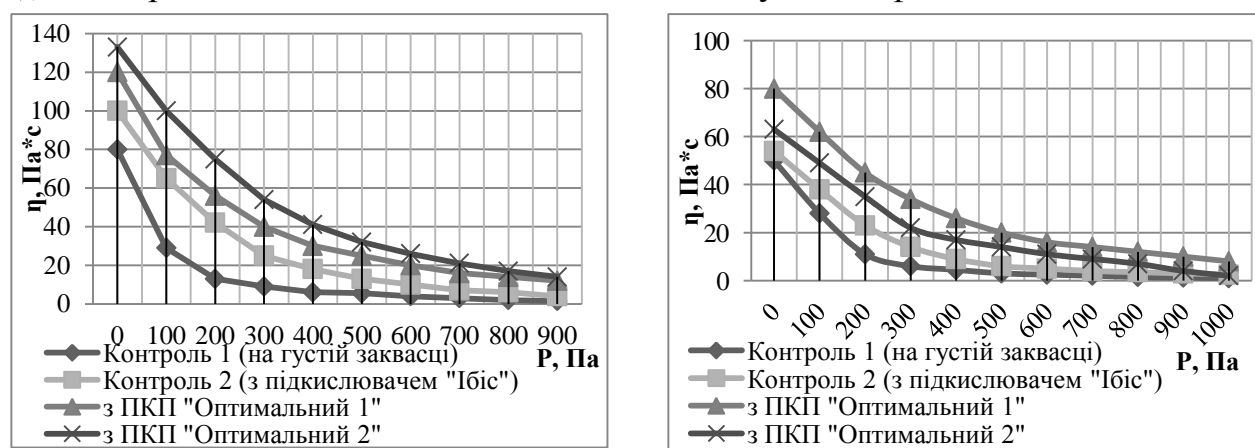


Рисунок 2 – Залежність ефективної в'язкості тіста від напруження зсуву: 1) після замішування тіста; 2) після бродіння тіста

На основі дослідження мікроструктури тіста встановили, що у разі внесення ПКП відбувається помітне ущільнення білкового каркаса, яке обумовлене сумісною дією складових ПКП на високомолекулярні полімери тіста. Це підтверджується й дослідженням спектрального аналізу тіста з ПКП, які сприяють підвищенню стабільності тіста, збільшенню пружності та еластичності білків.

Використання розроблених підкислювачів покращує структурно-механічні властивості тіста, підвищує формоутримувальну й газоутримувальну здатності, що сприяє збільшенню питомого об'єму тіста та хліба.

У п'ятому розділі «Наукове обґрунтування та розроблення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами» показано, що перспективним сектором, який потребує впровадження нових технологій хлібобулочних виробів, збагачених ХВ, є ресторанне господарство.

На підставі вивчення хімічного складу, показників якості та технологічних властивостей концентратів ХВГ і ХВК, дослідження їх впливу на фізико-хімічні та технологічні процеси і якість хлібобулочних виробів удосконалено технологію житньо-пшеничних хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами.

Визначено хімічний склад концентратів ХВГ і ХВК, у т.ч. якісний та кількісний склад їх полісахаридного комплексу (табл. 16).

Таблиця 16 - Вміст харчових волокон та їх окремих складових у сировині
n=3, p≤0,05

Сировина	Загальний вміст ХВ		Целюлоза		Геміцелюлози		Пектинові речовини		Лігнін	
	% до СР	% до заг. вмісту ХВ	% до СР	% до заг. вмісту ХВ	% до СР	% до заг. вмісту ХВ	% до СР	% до заг. вмісту ХВ	% до СР	% до заг. вмісту ХВ
Пшеничні висівки	26,9	100	10,3	38,30	12,7	43,50	2,1	7,80	1,8	10,40
ХВГ	61,6	100	20,3	32,96	7,3	11,77	31,1	50,50	2,9	4,77
ХВК	77,1	100	18,9	24,51	3,0	3,83	54,6	70,87	0,6	0,79

Встановлено (табл. 16), що загальний вміст ХВ у концентратах ХВГ становить 61,6 % до маси СР, у ХВК – 77,1 % до маси СР, що у 2,3...2,9 рази перевищує вміст ХВ у пшеничних висівках. Це дає змогу зменшити відсоток дозування досліджуваної сировини порівняно з пшеничними висівками та забезпечити фізіологічно значущий вміст ХВ у хлібобулочних виробках у разі внесення ХВГ і ХВК у кількості 3...7 % до маси борошна. Концентрати ХВГ і ХВК містять 20,3 і 18,9 % до маси сухих речовин целюлози та 31,1 і 54,6 % пектинових речовин, представлених переважно протопектином, що дає змогу прогнозувати можливий детоксикаційний ефект хліба з цією сировиною. Вміст пектинових речовин у досліджуваній сировині перевищує їх вміст у пшеничних висівках у 14,8...26 разів. Якісний склад полісахаридного комплексу концентратів ХВГ і ХВК свідчить про їх високі сорбційні властивості щодо іонів важких металів. Це свідчить про перевагу використання ХВГ і ХВК під час вибору використання різних джерел ХВ.

Концентрати ХВГ і ХВК характеризуються високим вмістом крохмалю – відповідно 17,4 і 17,0 % СР, що на 10,5...10,9 % менше за вміст крохмалю у пшеничних висівках. Це пояснюється особливістю вуглеводного складу вихідної сировини, основу якої становлять вуглеводи.

Вміст білкових речовин у концентратах ХВГ і ХВК становить 17,65 та 4,38 % відповідно. Амінокислотний скор за лізином значно перевищує скор цієї амінокислоти у висівках і становить: для ХВГ – 135 %, для ХВК – 126 %. Високий амінокислотний скор білків досліджуваної сировини за лізином, яка є лімітованою амінокислотою для пшеничного борошна, дає змогу прогнозувати підвищення скору за цією амінокислотою у готових хлібобулочних виробках з ХВГ і ХВК.

Визначено гранулометричний склад концентратів ХВГ і ХВК й показано, що за середнім діаметром гранул (100...200 мкм) вони є дрібнішими порівняно з пшеничними висівками (360...560 мкм). Це дозволяє використовувати їх для всіх груп населення. Встановлено, що досліджувані продукти мають у 2,3...6 разів вищу порівняно з пшеничним борошном водопоглинальну здатність, яка збільшується в процесі випікання.

Встановлено, що внесення ХВ сприяє активізації процесу гідролізу крохмалю, внаслідок чого збільшується накопичення цукрів у тісті (табл. 17). Внесення концентрату ХВГ позитивно впливає на активність дріжджів у тісті, що сприяє інтенсифікації процесу бродіння та газоутворення. Це обґрунтовує скорочення загальної тривалості приготування тіста з ХВГ.

Таблиця 17 - Вміст редукувальних цукрів у житньо-пшеничному тісті
n=3, p≤0,05

Об'єкт	Вміст редукувальних цукрів (у перерахунку на мальтозу), % до СР							
	Без дріжджів				З дріжджами			
	Конт- роль	Заміна 3% ХВГ	Заміна 5% ХВГ	Заміна 7% ХВГ	Конт- роль	Заміна 3% ХВГ	Заміна 5% ХВГ	Заміна 7% ХВГ
Тісто після замішування	4,25	3,33	2,98	2,76	4,27	3,35	3,01	2,93
Тісто через 1,5 години бродіння	6,75	7,45	7,3	7,28	5,53	4,72	4,36	4,26
Накопичено цукру	2,50	4,25	4,32	4,52	1,26	1,37	1,35	1,33
Зброджено цукру	-	-	-	-	1,24	2,88	2,97	3,19

Під час вивчення впливу концентратів ХВГ і ХВК на водопоглинальну здатність тіста встановили, що внесення досліджуваної сировини підвищує ступінь зв'язування води тістом в середньому на 6 %. За умови додання концентратів ХВГ і ХВК подовжується час утворення тіста, що пов'язано з їх гранулометричним складом, і зменшується стійкість тістової системи. У разі додання ХВ зменшується розрідження тіста, підвищується його еластичність порівняно з контрольним зразком. Досліджувані ХВ підвищують водопоглинальну здатність тіста, що може бути передумовою збільшення розрахункової вологості тіста для досягнення його оптимальної консистенції.

Визначено вплив ХВГ і ХВК на структурно-механічні властивості житньо-пшеничного тіста. Встановлено, що висока гідрофільність полісахаридного комплексу ХВ зумовлює значне підвищення ефективної в'язкості тіста, підвищення його формоутримувальної здатності. У разі внесення в тісто концентратів ХВК і ХВГ знижується його газоутримувальна здатність, про що свідчить зменшення питомого об'єму тіста та хліба зі збільшенням дозування ХВ.

У шостому розділі «Удосконалення технології та дослідження споживчої цінності хлібобулочних виробів з суміші житнього та пшеничного борошна» проведено дослідження щодо споживчої цінності хліба, виготовленого за прискореною технологією.

У результаті визначення загального та фракційного вмісту декстринів у хлібобулочних виробках встановлено (табл. 18), що загальний вміст декстринів для виробів з доданням підкислювачів «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2» менший відповідно на 59,2 та 60,8 % порівняно з контролем без ПКП, а також на 6 і 9,3 % порівняно з контролем, який містить підкислювач «Ібіс». Кількість високомолекулярних амілодекстринів зменшилася на 62,8 та 45,8 %. Вміст еритродекстринів зменшився на 43,3 та 75 %. Кількість низькомолекулярних ахро- і мальтодекстринів – на 60,4 та 67,9 %. Зменшення вмісту декстринів пов'язано з глибшим гідролізом крохмалю під дією складових розроблених підкислювачів, що обумовлює покращання структурно-механічних властивостей готових виробів.

Таблиця 18 - Вміст декстринів у житньо-пшеничному хлібі, % до СР
n=3, p≤0,05

Зразки хліба	Аміло-декстрини	Еритро-декстрини	Ахро- і мальто-декстрини	Загальний вміст
Контроль 1 (на густій заквасці)	0,48	0,24	0,53	1,25
Контроль 2 (з підкислювачем «Ібіс»)	0,23	0,09	0,22	0,54
3 ПКП «Оптимальний 1»	0,16	0,14	0,21	0,51
3 ПКП «Оптимальний 2»	0,26	0,06	0,17	0,49

Дослідженнями перетравлюваності вуглеводів хлібобулочних виробів з ПКП встановили, що завдяки дії розроблених підкислювачів на вуглеводи тіста готові вироби з ПКП характеризуються кращою перетравлюваністю за низьких значень рН порівняно з контролем для ПКП «Оптимальний 1» і ПКП «Оптимальний 2» відповідно на 58 і 99 %, а за нейтрального рН – на 76 і 77 %.

Показники перетравлюваності білків житньо-пшеничного хліба на пепсиновій стадії перевищують значення контрольного зразка на 41 % для ПКП «Оптимальний 1» і на 43 % – для ПКП «Оптимальний 2». Засвоюваність білкових речовин на трипсиновій стадії порівняно з контролем для ПКП «Оптимальний 1» і «Оптимальний 2» становлять відповідно 51 і 44 %. Тобто, хлібобулочні вироби з розробленими підкислювачами характеризуються вищим ступенем засвоюваності білкових речовин.

Встановлено, що зразки хліба, виготовленого за прискореною технологією, мають вище значення показників пружної та пластичної деформації протягом всього періоду зберігання. Найвищий ступінь деформації м'якушки характерний для виробів із внесенням ПКП «Оптимальний 1». Очевидно, це пов'язано зі збільшенням водопоглинальної здатності тіста.

Визначено вплив ПКП «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2» на перерозподіл осмотично і адсорбційно зв'язаної вологи в готових виробах. Встановлено, що хліб з підкислювачем «Ібіс» втрачає за 48 год зберігання 11,2% зв'язаної води, з ПКП «Оптимальний 1» – 10,5 %, а з «Оптимальний 2» – 9,2 %. Встановлено, що загальний вміст вільної вологи у зразках, виготовлених за прискореною технологією, більший порівняно з виробами, виготовленими за традиційною технологією.

Встановлено, що вміст бісульфітзв'язуючих речовин у м'якушці хліба, виготовленого за традиційною технологією, більший, але у процесі зберігання втрачається 47 % від їх загальної кількості. Початковий вміст у зразках з підкислювачем «Ібіс» менший за контроль, виготовлений на густій заквасці на 51,6%, з ПКП «Оптимальний 1» – на 29,4 %, з ПКП «Оптимальний 2» – на 31%. Визначено, що через 48 годин зберігання зразок з підкислювачем «Ібіс» поступається на 12 %, а зразки з розробленими добавками характеризуються вмістом ароматичних речовин на рівні контрольного зразка. Кількість бісульфітзв'язуючих речовин у скоринці хлібобулочних виробів із ПКП «Оптимальний 2» більший за контроль на 4 %.

Проведено бальне оцінювання якості хлібобулочних виробів і побудовано профілограми якості хліба з розробленими ПКП. Встановлено, що використання

ПКП дозволяє суттєво поліпшити якість хлібобулочних виробів. Розроблено рецептури нових видів хліба за прискороною технологією, складено апаратурно-технологічну та принципову схему їх виготовлення (рис. 3).

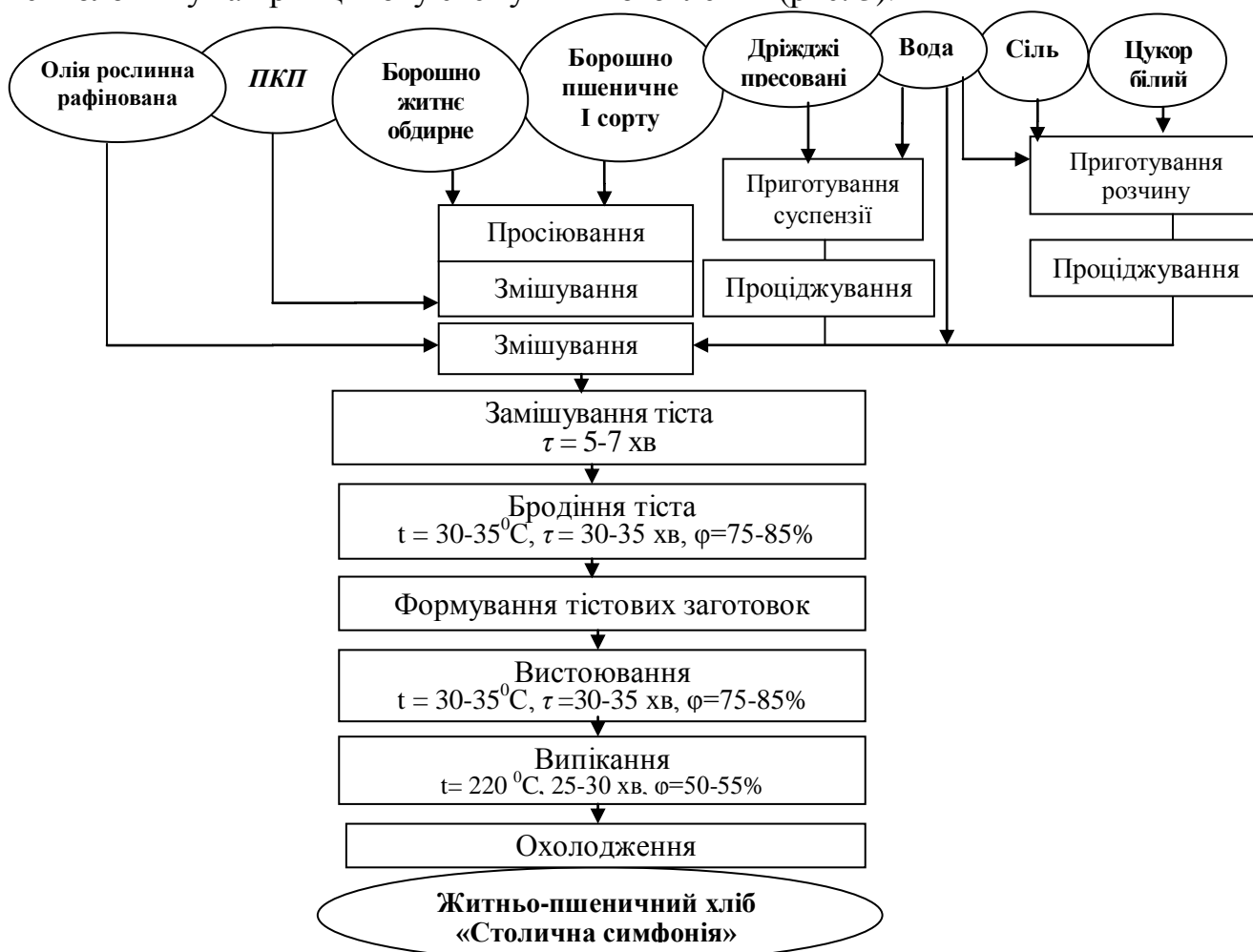


Рисунок 3 – Принципова технологічна схема виготовлення житньо-пшеничного хліба за прискороною технологією

Методом експериментально-статистичного моделювання проводили оптимізацію технологічного процесу виробництва житньо-пшеничного хліба з ХВГ. Визначали залежність питомого об'єму хліба (Y) від дозування ХВГ (X_1), масової частки вологи в тісті (X_2) та тривалості його замішування (X_3). На основі обробки експериментальних даних отримали адекватне рівняння регресії, яке дає змогу спрогнозувати значення питомого об'єму готових хлібобулочних виробів у разі зміни досліджуваних факторів:

$$Y = 204,44 - 6,07 \cdot X_1 + 0,93 \cdot X_2 + 3,18 \cdot X_3 - 2,75 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,50 \cdot X_1 \cdot X_3 + 2,93 \cdot X_2 \cdot X_3 - 12,83 \cdot X_1^2 - 14,31 \cdot X_2^2 + 7,38 \cdot X_3^2 \quad (3)$$

Для житньо-пшеничного хліба, збагаченого ХВГ, встановлено такі координати оптимуму: в кодованому вигляді $X_1 = -1$, $X_2 = 0,046$, $X_3 = -1$; в натуральному вигляді $X_1 = 5\%$, $X_2 = 47\%$, $X_3 = 5$ хв.

Під час оптимізації рецептури хлібобулочних виробів із ХВК за оптимізувальні фактори було обрано кількість ХВК (X_1), дозування дріжджів

(X_2) та сухої пшеничної клейковини (X_3). Шляхом обробки експериментальних даних отримали адекватне рівняння регресії:

$$Y = 217,00 - 11,75 \cdot X_1 - 0,25 \cdot X_2 + 8,75 \cdot X_3 + 3,50 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,50 \cdot X_1 \cdot X_3 - 5,00 \cdot X_2 \cdot X_3 - 13,75 \cdot X_1^2 - 24,75 \cdot X_2^2 - 2,25 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (4)$$

Встановили, що максимальне значення питомого об'єму $Y = 228,82 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, досягається при координатах оптимуму в кодованому вигляді: $X_1 = 0,451$, $X_2 = 0,117$, $X_3 = 0,1$ та в натуральному вигляді: $X_1 = 5 \%$ (ХВГ), $X_2 = 2 \%$ (дріжджів), $X_3 = 2 \%$ (СПК).

Стабілізуючи фактори на оптимальному рівні, отримали графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній відгуку для питомого об'єму житньо-пшеничного хліба, збагаченого ХВ (рис. 4).

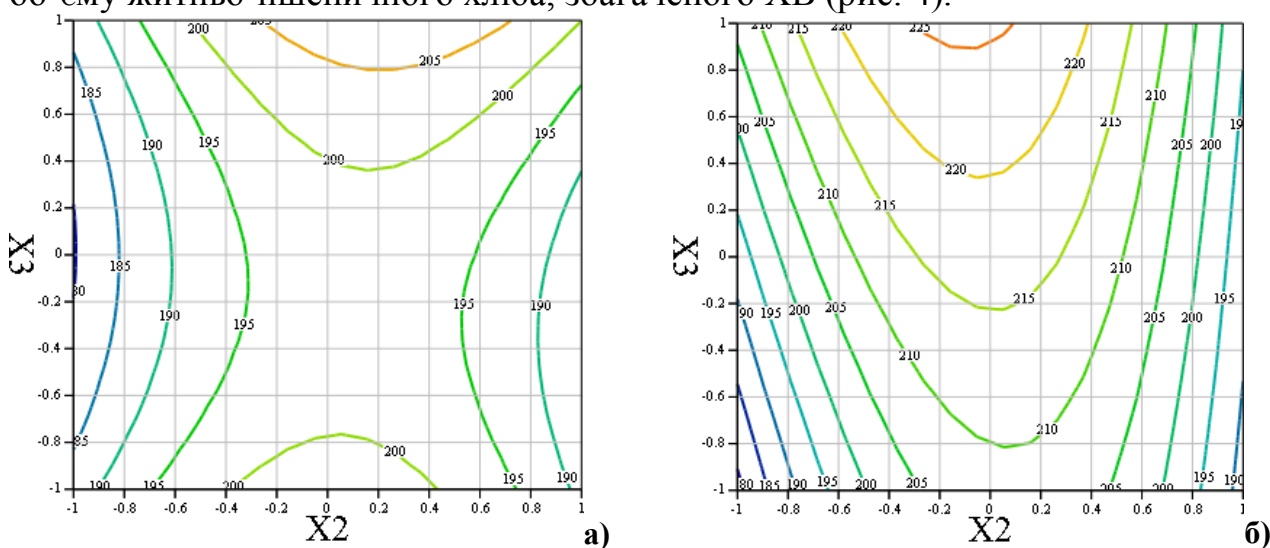


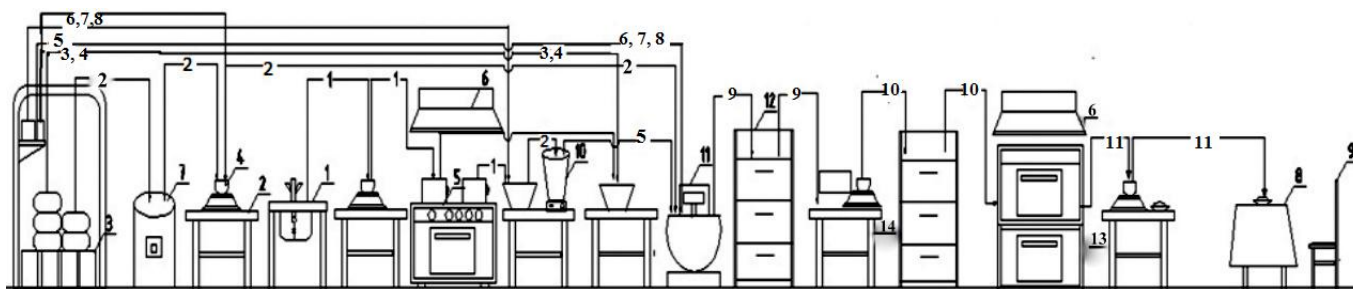
Рисунок 4 - Графічна інтерпретація результатів моделювання у вигляді ізоліній відгуку для питомого об'єму житньо-пшеничного хліба з ХВ на оптимальних рівнях: а) $X_1 = 5 \%$ ХВГ; б) $X_1 = 5 \%$ ХВК.

На основі проведених досліджень і результатів експериментально-статистичного моделювання розроблено рецептури на нові види хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна (табл. 19).

Таблиця 19 – Показники якості хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна, збагачених ХВ

Показники якості	Контроль		Розроблені вироби	
	5 % ХВГ	5 % ХВК	хліб «Сонячний»	хліб «Літній»
Питомий об'єм хліба, $\text{см}^3/100\text{г}$	196±5,0	196±5,0	210±5,0	220±5,0
Пористість, %	63,0±2,0	63,0±2,0	66,0±2,0	68,0±2,0
Кислотність, град	6,2±0,2	6,4±0,2	6,2±0,2	6,4±0,2
Характеристика м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик			
Характеристика пористості	Рівномірна, дрібна, тонкостінна			
Смак та аромат	Властивий даному виробу			

На основі проведених досліджень розроблено апаратурно-технологічну схему реалізації запропонованої технології (рис. 5).



Позначення	Назва
-1-	Вода
-2-	Борошно житнє обдирне, пшеничне першого сорту
-3-	Сіль
-4-	Цукор
-5-	Дріжджі пресовані
-6-	ХВ
-7-	ПКП
-8-	СПК
-9-	Тістовий напівфабрикат
-10-	Тістова заготовка
-11-	Житньо-пшеничний хліб

№ поз	Найменування обладнання	Тип, марка
1	Ванна мийна	ВРНК 500
2	Виробничий стіл	ТЕСН-800
3	Підтоварник	ПТ-3
4	Ваги	СВН-5
5	Електрична плита	Е7Р4
6	Витяжна вентиляція	F2000
7	Просіювач	КумкаваELM
8	Стіл для подачі	Гостьовий
9	Стілець	Гостьовий
10	Ваги настільні	-
11	Тістомісильна машина	SP20
12	Вистоювальна шафа	ЕШПО 2
13	Піч для випікання	ЕШПО 2
14	Стіл для формування	-

Рисунок 5 – Апаратурно-технологічна схема виготовлення житньо-пшеничного хліба за прискореною технологією з ХВ

Проводили розрахунок забезпечення добової потреби організму в ХВ (табл. 20) за умови споживання середньої добової норми хлібобулочних виробів із заміною пшеничного борошна на ХВГ і ХВК у кількості 5 %.

Споживання житньо-пшеничного хліба в кількості 277 г/добу забезпечуватиме надходження в організм людини 60...68 % ХВ від добової потреби. Отже, ці хлібобулочні вироби можуть бути віднесені до продуктів функціонального призначення і є збагаченими ХВ.

Таблиця 20 – Забезпечення добової потреби організму в основних нутрієнтах за рахунок споживання житньо-пшеничного хліба з ХВ

Складові	Середня добова потреба, г	Міститься у 277 г хліба			Покриття добової потреби, %		
		без ХВ	5 % ХВГ	5 % ХВК	без ХВ	5 % ХВГ	5 % ХВК
Білки, г	55,0	17,3	18,4	16,1	31,5	33,5	29,3
Жири, г	56,0	2,71	2,61	2,55	4,84	4,66	4,55
Вуглеводи, г	320,0	108,6	103,0	101,4	33,9	32,3	31,7
Харчові волокна, г	30,0	9,7	18,3	20,5	32,3	60,9	68,4

Встановлено, що внесення концентратів ХВГ і ХВК знижує ступінь ферментативного гідролізу білків хліба, порівняно з хлібом без добавок під час пепсинової та трипсинової стадії.

Зниження інтенсивності перетравлення білкових речовин хліба з цими добавками пов'язано з утворенням білок-полісахаридних комплексів, які ускладнюють доступ протеолітичних ферментів до субстрату.

Визначено, що швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів хліба з ХВГ і ХВК нижча порівняно зі швидкістю перетравлення вуглеводів хліба без добавок. Ймовірно, що високий вміст харчових волокон підвищує в'язкість субстрату, знижуючи доступність для дії травних ферментів.

Досліджували процес черствіння хлібобулочних виробів за зміною співвідношення вільної та зв'язаної вологи в процесі зберігання (табл. 21).

Таблиця 21 – Вміст вільної та зв'язаної вологи у м'якушці хліба, %

Зразки хліба	Тривалість зберігання, год	Масова частка вологи, % до загальної кількості		Втрати зв'язаної вологи, %
		вільна	зв'язана	
Контроль (без ХВ)	4	76,2	23,8	3,4
	48	80	20	
Хліб із 5 % ХВГ	4	73,7	26,3	2,5
	48	75,2	23,8	
Хліб із 5 % ХВК	4	71,5	28,5	2,3
	48	73,8	26,2	

Встановлено, що під час зберігання хліб з ХВГ втрачає зв'язаної води на 26,4 %, а із ХВК – на 32,4 % менше порівняно з контролем. Це пов'язано з перерозподілом зв'язаної та вільної вологи під час зберігання хліба, що приводить до зміни рівноважного стану системи.

Використання ХВГ і ХВК сприяє подовженню терміну збереження хлібом свіжості. Встановлено кореляцію між зниженням крихкуватості хліба та його свіжістю.

Особливу роль у механізмі зв'язування та виведення важких металів відіграють пектинові речовини, механізм дії яких полягає у комплексоутворювальній здатності ХВ відносно свинцю та кадмію.

Встановлено (табл. 22), що внесення ХВ підвищує сорбційну здатність хліба. Вироби мають вищу, порівняно з пшеничними висівками, фізіологічну ефективність використання ХВ для створення функціональних хлібобулочних виробів. Встановлено, що хліб, збагачений запропонованими ХВ, має вищу порівняно із хлібом без добавок здатність зв'язувати і виводити з організму іони свинцю та кадмію у 2,2 і 8,4...8,9 рази.

Таблиця 22 – Сорбційна здатність хліба

Показник	Зразки хліба		
	Контроль (без добавок)	5 % ХВГ	5 % ХВК
Сорбційна здатність, мг Pb ²⁺ /г	0,86	1,87	1,9
Сорбційна здатність, мг Cd ²⁺ /г	0,14	1,18	1,24

На основі проведених досліджень розроблено прискорені технології хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна, збагачених ХВ, та затверджено нормативну документацію на нові види виробів. Наукові розробки дисертації пройшли виробничу апробацію в ЗРГ та на міні-підприємствах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено прискорені технології житньо-пшеничних хлібобулочних виробів, збагачених ХВ.

1. Встановлено оптимальні технологічні режими культивування ЗСБ у циклі розведення і виробничому циклі. Показано, що в умовах дискретного режиму роботи підприємств оптимальними параметрами приготування ЗСБ є вологість 48 %, температура 26...28 °С, тривалість бродіння 60 годин. Встановлено, що в циклі розведення співвідношення між дріжджами та МКБ збільшується в бік накопичення дріжджових клітин і в кінці культивування становить 1:90. Через 60 годин культивування в ЗСБ за кислотності 13,5 град підймальна сила становить 18–19 хвилин, збільшується газоутворення, що пов'язано з накопиченням гетероферментативних МКБ і дріжджових клітин у заквасці.

2. У виробничому циклі поновлення ЗСБ доцільно здійснювати за температури 26 °С через 12 год бродіння за співвідношення стиглої закваски та поживної суміші 1:1, оскільки в цьому випадку спостерігається вища активність МКБ та інтенсивніше накопичення летких кислот. В ЗСБ, порівняно з закваскою на чистих культурах молочнокислих бактерій, за умови однакової титрованої кислотності накопичується на 18 % менше молочної кислоти та на 28,7 % більше кислот з вищою, ніж в молочної, константою дисоціації: лимонною, яблучною, винною та іншими, а також на 18,6 % більше сильніших, ніж молочно, летких кислот (оцтової, мурашиної). Це зумовлює зниження рН системи і свідчить про домінуючу роль у цих заквасках гетероферментативних МКБ та пригнічує розвиток у ЗСБ небажаної мікрофлори. Якість житньо-пшеничних хлібобулочних виробів, виготовлених на ЗСБ, не поступається якості виробів, виготовлених на заквасці на ЧКМКБ.

3. Аналіз підкислювачів для прискореної технології житньо-пшеничних хлібобулочних виробів показав, що кращий результат забезпечує підкислювач «Ібіс», з яким у роботі проведено порівняння розроблених композицій нових полікомпонентних підкислювачів (ПКП).

4. Методом експериментально-статистичного моделювання розроблено склад нових ПКП «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2»: «Оптимальний 1» – Глюзим 10000 Моно – 0,006 % і Пентопан 500 ВГ – 0,003 %, гуарова камедь – 0,25 %, кислота лимонна – 0,75 %, суха молочно сироватка – 0,25 % і солод житній ферментований – 0,75 %. Оптимальне дозування ПКП «Оптимальний 1» становить 2,009 % до маси борошна в тісті; «Оптимальний 2» – ферментний препарат Фунгаміл Супер АХ – 0,007 %, кислота аскорбінова – 0,01 % і лимонна – 0,75 %, гуарова камедь – 0,25 %, суха молочно сироватка – 0,25 % і солод житній ферментований – 0,75 %. Оптимальне дозування ПКП «Оптимальний 2» становить 2,017 % до маси борошна в тісті.

5. Внесення розроблених підкислювачів сприяє збільшенню кількості редукувальних цукрів у тісті на 18,3...26 %. Кількість зброженого цукру, відповідно, для зразків тіста з «Оптимальний 1» і «Оптимальний 2» на 18,3 та 26,0 % більша за кількість зброжених цукрів у контрольному зразку. Загальний вміст декстринів у зразках хліба з доданням підкислювачів

«Оптимальний 1» та «Оптимальний 2» менший відповідно на 59,2 та 60,8 % порівняно з контролем без ПКП, що свідчить про більш повний гідроліз крохмалю до редукувальних цукрів, що сприяє інтенсифікації біохімічних процесів у тісті. Кількість високомолекулярних амілодекстринів зменшилася на 62,8 та 45,8 %, еритродекстринів - на 43,3 та 75 %, низькомолекулярних ахро- і мальтодекстринів – на 60,4 та 67,9 % відповідно для ПКП «Оптимальний 1» і «Оптимальний 2».

6. Використання підкислювачів сприяє укріпленню клейковини борошна через 60 хв бродіння на 24,3 і 20 % відповідно для ПКП «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2», забезпечуючи покращання структурно-механічних властивостей житньо-пшеничного тіста. Ступінь розрідження тіста з розробленими добавками нижчий за розрідження контрольних зразків, виготовлених за традиційною та прискороною технологією.

7. Вироби з підкислювачами характеризуються кращою перетравлюваністю за низьких значень рН порівняно з контролем на 58 і 99 %, а за нейтрального рН – на 76 і 77 %. Показники засвоюваності білків на пепсиновій стадії перевищують значення контрольного зразка відповідно на 41 % для ПКП «Оптимальний 1» і на 43 % для ПКП «Оптимальний 2». Показники засвоюваності на трипсиновій стадії порівняно з контролем для ПКП «Оптимальний 1» і «Оптимальний 2» становлять відповідно 51 і 44 %. Вироби з підкислювачами характеризуються вищим ступенем засвоюваності вуглеводів і білкових речовин.

8. На підставі вивчення хімічного складу, показників якості та технологічних властивостей ХВГ і ХВК, дослідження їх впливу на фізико-хімічні, технологічні процеси виготовлення та якості хлібобулочних виробів удосконалено технологію хлібобулочних виробів, збагачених ХВ.

Встановлено, що досліджувані збагачувачі мають у 2,3...2,9 рази вищий вміст ХВ, ніж пшеничні висівки. Це дає змогу забезпечити фізіологічно значущий вміст волокон у хлібобулочних виробках у разі їх внесення в кількості 3...5 %. ХВГ і ХВК містять відповідно 20,3 та 18,9 % целюлози, 31,1 та 54,6 % пектинових речовин, представлених переважно протопектином. Вміст пектинових речовин у досліджуваній сировині перевищує їх вміст у пшеничних висівках у 14,8...26 разів.

9. Досліджувані концентрати ХВГ і ХВК мають у 2,3...6 разів вищу порівняно з пшеничним борошном водопоглинальну здатність. Внесення ХВГ і ХВК підвищує кислотність напівфабрикатів і сприяє інтенсифікації мікробіологічних та біохімічних процесів у тісті. Внесення ХВ сприяє активізації процесу гідролізу крохмалю пшеничного борошна, внаслідок чого збільшується накопичення цукрів у тісті. ХВГ позитивно впливають на активність дріжджових клітин, що сприяє інтенсифікації процесу бродіння та газоутворення в тісті. Внесення ХВГ підвищує водопоглинальну здатність тіста на 6,0...6,2 %, сприяє укріпленню клейковини і зменшенню її розтяжності. Значне підвищення в'язкості тіста з ХВ призводить до втрати ним пружності та зростання пластичності, наслідком чого є зниження питомого об'єму тіста.

10. Методом експериментально-статистичного моделювання встановлено, що оптимальним дозуванням є 5 % ХВГ і ХВК. Під час виготовлення житньо-

пшеничного хліба оптимальна вологість у тісті становить 47 %, тривалість замішування 5 хв. За прискороного способу приготування житньо-пшеничного хліба доцільно вносити 2 % дріжджів і 2 % СПК, що сприятиме покращанню питомого об'єму хліба. Внесення в тісто ХВГ і ХВК сприятиме суттєвому підвищенню вмісту ХВ та зниженню калорійності готових виробів. Споживання розроблених хлібобулочних виробів у кількості 277 г/добу забезпечує організм людини на 35,0...68,4 % добової потреби в ХВ. Хлібобулочні вироби із ХВ краще зберігають свіжість, що підтверджено меншою втратою міцно зв'язаної вологи під час зберігання, та містять більше ароматичних сполук. Хліб, збагачений ХВГ і ХВК, має вищу порівняно із хлібом без добавок здатність зв'язувати і виводити з організму іони свинцю та кадмію у 2,2 і 8,4...8,9 разів відповідно.

На основі проведених досліджень розроблено та затверджено нормативну документацію на нові види хлібобулочних виробів. Запропоновані технології пройшли виробничу апробацію на міні-підприємствах та в ЗРГ.

За результатами розрахунку основних показників економічної ефективності встановлено, що зростання рентабельності від впровадження виробів з ПКП «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2» становить 8,8 ... 9,6 %. Соціальний ефект від виробництва та споживання збагачених хлібобулочних виробів полягає у розширенні асортименту виробів оздоровчого призначення, що забезпечить захист організму людини від несприятливих чинників довкілля та сприятиме оздоровленню населення.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія:

1. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія / Дробот В.І. та ін.; Кондор-Видавництво. Київ, 2016. 242 с.

У фахових та міжнародних виданнях:

2. Підвищення якості хлібобулочних виробів – шлях до їх конкурентоспроможності / В.І.Дробот та ін. *Зернові продукти і комбікорми*. 2006. № 4. С. 36-38 (*Журнал «Зернові продукти і комбікорми»* входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

3. Сильчук Т.А. Хліб з житнього борошна зниженої якості. *Наукові праці НУХТ*. 2008. № 25. С. 81-83 (*Журнал «Наукові праці НУХТ»* входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук і індексується в *Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar*).

4. Silchuk T., Kovalenko A. Rye-wheat bread production at the restaurants. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2013. Vol. 1, Issue 1. С. 59-64 (*Журнал «Ukrainian Journal of Food Science»* входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук і індексується в *Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar*).

5. Хлібопекарські поліпшувачі для виробництва хліба із суміші житнього та пшеничного борошна / Т.А. Сильчук, В.І. Кулініч, В.В. Цирульнікова, С. Паливода. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2013, № 12 (109). С.8-9 (*Журнал «Хлібопекарська і кондитерська промисловість України»* входить до

затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

6. Use of pea fiber in technology of bakery product/ Silchuk T., Nazar M., Dotsenko V., Tsiurulnikova V. *Canadian Journal of Science, Education and Culture*, 2014, No.2. (6), (July–December). Volume I. “Toronto Press”. 2014. P. 527-531. (Журнал «Canadian Journal of Science, Education and Culture» входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ SCIENCE INDEX, Copernicus та ISSN International Centre).

7. Порівняльна характеристика поліпшувачів різних торгових марок при виробництві хліба в закладах ресторанного господарства / Сильчук Т.А., Кулініч В.І., Цирульнікова В.В., Турок О.С. *Сборник научных трудов SWord*. 2014. Вып. 2, Т. 8. С. 61-64 (Журнал «Сборник научных трудов SWord» входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ SCIENCE INDEX, Copernicus та ISSN International Centre)

8. Хліб із житнього борошна за прискороною технологією/ Сильчук Т.А., Арпуль О.В., Кулініч В.І., Цирульнікова В.В. *Наукові праці НУХТ*. 2014. Т. 20, № 2. С. 239–243. (Журнал «Наукові праці НУХТ» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань з технічних наук і індексується в Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar)

9. Дослідження впливу клітковини гороху на біохімічні процеси в тісті / Сильчук Т.А., Назар М.І., Карпенко Т.С., Доценко В.Ф. *Наукові праці НУХТ*. Т. 21. № 2. 2015. С. 211–216. (Журнал «Наукові праці НУХТ» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань і індексується в Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar).

10. Структурно-механічні властивості житньо-пшеничного тіста з клітковиною гороху / Сильчук Т.А., Назар М.І., Доценко В.Ф. та ін. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2 (31). С. 86–90. (Журнал «Харчова наука і технологія» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

11. Сильчук Т.А., Назар М.І. Аналіз впливу клітковини картоплі на основні процеси в тісті. *Наукові праці НУХТ*. Т. 22. № 4. 2016. С.199–204. (Журнал «Наукові праці НУХТ» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук і індексується в Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar).

12. The comparative characteristics of improvers of different brands of the bread production in restaurant institutions / Kulinich V., Turok E., Silchuk T., Tsiurulnikova V. *Research Bulletin SWorld*. 2014, Volume J21410. P. 91-94 (Журнал «Research Bulletin SWorld» входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ SCIENCE INDEX, Copernicus та ISSN International Centre).

13. Сильчук Т.А. Кулініч В.І., Сидоренко О.А. Застосування підкислювачів при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 05 (126). С. 3-5. (Журнал «Хлібопекарська і кондитерська промисловість України» входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

14. Silchuk T., Zuiko V. Development of complex acidulants and analysis of impact on biochemical processes in the dough. *Journal of Faculty of Food Engineering*. 2016, Volume XV(1). P.67-70 (Журнал «Journal of Faculty of Food Engineering» входить до міжнародної наукометричної бази INDEXCOPERNICUS, ULRICH, Chemical Abstracts Service (CAS), Ebsco host si baza de date JournalSeek Database).

15. Дослідження впливу закваски спонтанного бродіння на технологічний процес і якість хліба / Сильчук Т.А., Усатюк О.М., Іванов Т.В., Михайлюк Г.С

Сборник научных трудов *SWord*. Т. 4, Вып. 4 (41). 2015. С. 11–14 (Журнал «Сборник научных трудов *Sword*» входит до міжнародної наукометричної бази РИНЦ *SCIENCE INDEX*, *Copernicus* та *ISSN International Centre*).

16. Дробот В., Сильчук Т. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Том 22, № 1. С 180-184 (Журнал «Наукові праці НУХТ» входит до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук і індексується в *Index Copernicus*, *EBSCOhost*, *CABI Full Text*, *Universal Impact Factor*, *Google Scholar*).

17. Сильчук Т.А., Зуйко В.І., Цирульнікова В.В. Дослідження зміни фізичних властивостей житньо-пшеничного тіста при використанні підкислювачів. *Харчова наука і технологія*. 2016. Том 10. Випуск 1. С. 49-53. (Журнал «Харчова наука і технологія» входит до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

18. Сильчук Т.А. Голікова Т.П., Назар М.І. Збереження свіжості хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами. *Хранение и переработка зерна*. 2016. № 8 (204). С. 53-55 (Журнал «Хранение и переработка зерна» входит до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

19. Сильчук Т.А., Кулинич В.И., Цирульнікова В.В. Влияние подкисляющих добавок на структурно-механические свойства ржано-пшеничного теста. *Вестник Алмаатинского технологического университета*. 2016. № 3 (112). С. 64-68. (Журнал «Вестник Алмаатинского технологического университета» включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК для публикации основных результатов научной деятельности по техническим наукам).

20. Silchuk T., Nazar M., Golikova T. Research on technological properties of potato cellulose for bread production. *Journal of Faculty of Food Engineering, Food and Environment safety, Romania*, 2016. Volume XV, Issue 4. P. 299-305 (Журнал «*Journal of Faculty of Food Engineering*» входит до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*, *Chemical Abstracts Service (CAS)*, *Ebsco host* та *base de date JournalSeek Database*).

21. Сильчук Т.А., Дробот В.І. Дослідження біотехнологічних властивостей тістових напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23, № 1. С. 210-215 (Журнал «Наукові праці НУХТ» входит до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук і індексується в *Index Copernicus*, *EBSCOhost*, *CABI Full Text*, *Universal Impact Factor*, *Google Scholar*).

22. Сильчук Т.А. Розробка технології житніх заквасок для виробництва хліба. *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 1. С. 40-43 (Журнал «Хранение и переработка зерна» входит до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

23. Інтенсифікація технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів / Сильчук Т.А., Зуйко В.І., Сидор В.М. та ін. *Сборник научных трудов SWord*. 2017. Вып. 46. Т. 2. С. 12 – 15 (Журнал «Сборник научных трудов *Sword*» входит до міжнародної наукометричної бази РИНЦ *SCIENCE INDEX*, *Copernicus* та *ISSN International Centre*).

24. Сильчук Т.А. Шулак М.Я. Розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого призначення. *Научный взгляд в будущее*. 2017. Вып. 6. С. 69-75

(Журнал «Научный взгляд в будущее» входит до міжнародної наукометричної бази РИИЦ SCIENCE INDEX, Copernicus та ISSN International Centre).

25. Investigation of the efficiency of use of polycomponent acidifiers in the technology of rye-wheat bread/ Sylchuk T., Bilyk O., Kovbasa V., Zuiko V. *EUREKA: Life Sciences*. 2017. Issue 5. P. 3-10 (Журнал «EUREKA: Life Sciences» входит до міжнародної наукометричної бази ISSN International Centre).

26. Investigation of the effect of multicomponent acidulants on the preservation of freshness and aroma of rye-wheat bread/ Sylchuk T., Bilyk O., Kovbasa V., Zuiko V. *Eastern-european journal of enterprise technologies*. 2017. Issue 5/11 (89). P. 4 - 9 (Журнал «Eastern-european journal of enterprise technologies» входит до міжнародної наукометричної бази Scopus).

Патенти:

27. Склад комплексного підкислювача "Оптимальний-1"/ Кулініч В.І, Сильчук Т.А, Дробот В.І., Цирульнікова В.В.: патент 100480 UA МПК А21D 8/04. № 2015 01349; заявл. 18.02.2015, Опубл. 27.07.2015, бюл. № 14.

28. Склад комплексного підкислювача "Оптимальний-2"/ Кулініч В.І, Сильчук Т.А, Дробот В.І., Цирульнікова В.В.: патент 112378 UA МПК А21D 8/04.; № 2015 01346; заявл. 18.02.2015, Опубл. 27.07.2015, бюл. № 14.

29. Склад комплексного підкислювача "Оптимальний-2"/ Кулініч В.І, Сильчук Т.А, Дробот В.І., Цирульнікова В.В.: патент на винахід 112367 UA МПК А21D 8/04, А21D 2/08.; № 2015 01344; заявл. 18.02.2015, Опубл. 25.08.2016. Бюл. № 16.

30. Склад комплексного підкислювача "Оптимальний-1"/ Кулініч В.І, Сильчук Т.А, Дробот В.І., Цирульнікова В.В.: патент на винахід 112908 UA, МПК А21D 8/04. № 2015 01348; заявл. 18.02.2015, Опубл. 10.11.2016. Бюл. № 21.

31. Житньо-пшеничний хліб оздоровчого призначення/ Сильчук Т.А., Назар М.І., Доценко В.Ф., Карпенко Т.С.: патент 100454 України МПК А21D 8/02 (2006.01). № u2015 01116 ; заявл. 11.02.2015 ; опубл. 27.07.2015. Бюл. №14.

32. Хлібобулочний виріб з картопляною клітковиною / Сильчук Т.А., Назар М.І., Олійник Р.М.: патент 103325 України МПК А21D 8/02 (2006.01). №u2041506042; заявл. 18.06.2015; опубл. 10.12. 2015. Бюл. №23.

33. Житньо-пшеничний хліб оздоровчого призначення/ Сильчук Т.А., Назар М.І., Доценко В.Ф., Карпенко Т.С.: патент на винахід 112238 України МПК А21D 8/02 (2006.01), А21D 2/36 (2006.01).; № u2015 01113; заявл. 11.02.2015, опубл. 10.08.2016. Бюл. № 15.

Тези та матеріали конференцій

34. Сильчук Т.А., Назар М.І. Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами. *Научни трудове «Хранительна наука, техника и технологии»*. Пловдив. 2014.Т. LXI (I ч.). С. 93–96.

35. Збагачення харчовими волокнами борошняних кулінарних виробів з дріжджового тіста / Т.А. Сильчук, М.І Назар та ін. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпека продуктів* : Всеукр. наук.-практ. конф., 2014 Львів : ЛПЕТ. 2014. С. 45.

36. Сильчук Т.А., Кулініч В.І., Цирульнікова В.В. Інноваційні підходи до створення нових хлібних виробів для закладів ресторанного господарства. *Нові*

ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості: Міжнар. наук. конф., 13-17 жовтня 2014 р. Київ: НУХТ, 2014 р. С. 620.

37. Сильчук Т.А., Карпенко Т.С., Назар М.І. Збагачення житньо-пшеничного хліба клітковиною. *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві*: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 12–14 листопада 2014 р. Харків : ХДУХТ, 2014. С. 85–86.

38. Сильчук Т.А., Назар М.І. Картопляна клітковина у борошняних кулінарних виробках. *Готельно-ресторанний бізнес: Інноваційні напрями розвитку*: Міжнар. наук.-практ. конф., 25–27 березня 2015 р. Київ : НУХТ, 2015. С. 128–129.

39. Кулініч В.І., Сильчук Т.А. Упровадження виробів із житнього борошна в міні-виробництво. *Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва*, 2 квітня 2015 р. Харків: ХДУХТ, 2015 р. С. 26.

40. Картопляна клітковина – перспективна добавка при виробництві хлібобулочних виробів / Т.А. Сильчук, Т.П. Голікова, М.І. Назар та ін. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів* : VII Всеукр. наук.-практ. конф., 16–17 квітня 2015 р. Львів : ЛІЕТ, 2015. С. 15–17.

41. а) Сильчук Т.А., Назар М.І., Карпенко Т. Обогащение хлебобулочных изделий клетчаткой картофеля. *Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения*: Междунар. науч.-практ. конф., апрель 2015. Кутаиси, Государственный университет Акакия Церетели. С. 299–302.

б) Кулініч В.І. Сильчук Т.А., Сидоренко О.А. Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба для предприятий ресторанного хозяйства. *Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения*: Междунар. научно-практическая конф., апрель 2015. Кутаиси, Государственный университет Акакия Церетели, 2015. С. 343-347.

42. Назар М.І., Карпенко Т.С., Сильчук Т.А. Характеристика впливу харчових волокон на технологічний процес виробництва хліба. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека* : Міжнар. наук.-практ. конф., 28–29 травня 2015 р. Київ : НУХТ, 2015. С. 119–120.

43. а) Назар М.І., Сильчук Т.А. Виготовлення хлібобулочних виробів оздоровчого призначення. *Практика і перспективи розвитку еногастрономічного туризму : світовий досвід для України* : Міжнар. наук.-практ. конф., 24 вересня 2015 р. Київ : НУХТ, 2015. С. 192–193.

б) Кулініч В.І., Сильчук Т.А. Хліб за прискороною технологією як продукт закладів ресторанного господарства. *Практика і перспективи розвитку еногастрономічного туризму: світовий досвід для України*: Міжнародна наук.-практ. конф., 24 вересня 2015 р. Київ : НУХТ, 2015. С. 159-160.

44. Назар М.І., Данченко І.В. Сильчук Т.А. Удосконалення технології пшеничного хліба з клітковиною картоплі. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства* : VI Міжнар. наук.-практ. конф. вчених, асп. і студ., квітень 2016 р. Київ : НУБІП, 2016. С. 190–192.

45. a) Silchuk T. Nazar M. The innovative ways of enrichment of bakery products. *Food Science for Well-being (CE Food 2016): 8 th Central European Congress on Food 2016. Book of Abstracts, 23-26 May 2016. Kyev : NUFT. 2016. P. 218.*

б) Silchuk T., Zuiko V. New view of rye-wheat bread technology. *Food Science for Well-being (CEFood 2016): 8 th Central European Congress on Food 2016: Book of Abstracts, 23-26 May 2016. Kyev: NUFT, 2016, p. 286*

46. Назар М.І., Михайлюк Г., Сильчук Т.А. Впровадження виробництва хліба оздоровчого призначення. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека : Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 травня 2016 р. Київ: НУХТ, 2016. С. 37–39.*

47. Назар М.І., Сильчук Т.А. Вплив харчових волокон на процес черствіння хліба. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 30–31 травня 2016 р. Дон НУЕТ, Кривий Ріг, 2016. С. 86.*

48. Сильчук Т.А., Назар М.І. Впровадження оздоровчого харчування в закладах ресторанного господарства. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі : Всеукр. наук.-практ. конф., 22-23 березня 2017 р. Київ : НУХТ, 2017. С. 35-37.*

49. Кулініч В.І., Сильчук Т. А., Цирульнікова В.В. Актуальність використання поліпшувачів у технології виробництва житньо-пшеничного хліба. *Здобутки, проблеми та перспективи розвитку готельно-ресторанного та туристичного бізнесу: Всеукр. наук.-практ. конф., 29 жовтня 2013 р. Київ: НУХТ, 2013. С. 128-130.*

50. Кулинич В.И., Сильчук Т.А. Актуальность применения улучшителей в производстве ржано-пшеничных сортов хлеба. *Техника и технология пищевых производств: Международная науч. конф., Могилев, 2014. С. 125.*

51. Кулинич В.И., Сильчук Т.А. Применение поликомпонентных подкислителей в технологии ржано-пшеничного хлеба. *Пищевые инновации и биотехнологии, 28 апреля 2015 г. Кемерово, Россия, 2015 г. С. 354-355.*

52. Кулініч В.І., Сильчук Т.А. Новітні підходи до виготовлення житньо-пшеничних виробів у закладах ресторанного господарства. *Готельно-ресторанний бізнес: інноваційні напрями розвитку: Міжнародна науково-практична конференція, 25-27 березня 2015 р. Київ : НУХТ, 2015 р. С. 97-98.*

53. Кулинич В.И., Сильчук Т.А. Определение содержания декстринов в ржано-пшеничном хлебе. *Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Международная научно-техническая конференция, 4-5 июня 2015 г. Воронеж : ВГУИТ, 2015 г. С. 368-370.*

54. Зуйко В.И., Сильчук Т.А. Определение оптимального соотношения компонентов комплексных подкислителей для ржано-пшеничного хлеба. *Пищевые инновации и биотехнологии: Международ. научн. конф., 27 апреля 2016 г. Кемерово: ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», 2016. С.301-302.*

55. Сильчук Т.А. Технологічні аспекти використання харчових волокон при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Технологічні аспекти підвищення*

конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів: Міжнарод. наук-практ. конф. Київ, 2016. С. 34-37

56. Сильчук Т.А. Нові аспекти виробництва житньо-пшеничного хліба на міні підприємствах. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві*: Міжнародн. наук-практ. конф. Київ, 2017. С. 26-31.

Особистий внесок здобувача: проведення літературного пошуку, участь в експериментальних дослідженнях, аналіз та узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації [1–26]; керівництво та участь в експериментальних дослідженнях, опрацювання та узагальнення результатів, підготовка матеріалів до патентування [27–33]; керівництво та участь в експериментальних дослідженнях, проведення аналізу та узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації [34–56].

АНОТАЦІЯ

Сильчук Т.А. «Наукове обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами» – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – Технологія харчової продукції – Національний університет харчових технологій, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2018.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню проблеми розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна в умовах міні-підприємств і закладів ресторанного господарства (ЗРГ).

Сформульовано основні закономірності інтенсифікації технологічних процесів, покращання структурно-механічних властивостей житньо-пшеничного тіста за рахунок гідролізу пентозанів, підвищення активності бродильної мікрофлори, активізації мікробіологічних і біохімічних процесів у тісті.

Проаналізовано стан виробництва, переваги та особливості технології хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна. Показано, що для досягнення їх високої якості необхідно забезпечити належну кислотність тіста, що досягається використанням житніх заквасок, виготовлених на чистих культурах мікроорганізмів, приготування яких ускладнює процес виробництва хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна в ЗРГ. Запропоновано нові технологічні рішення прискореного виробництва житньо-пшеничних хлібобулочних виробів за рахунок впровадження заквасок спонтанного бродіння (ЗСБ), розроблення полікомпонентних підкислювачів (ПКП) і використання нових видів сировини з високим вмістом харчових волокон (ХВ).

Запропоновано нову схему культивування закваски спонтанного бродіння, яка базується на накопиченні органічних кислот, що легко дисоціюють на іони, забезпечуючи високу якість напівфабрикатів і готових хлібобулочних виробів.

Показано, що склад мікроорганізмів, які утворюються за спонтанного бродіння закваски, стабілізується систематичним поновленням закваски. Досліджено біотехнологічні властивості закваски спонтанного бродіння, параметри технологічного процесу та показники якості хліба за умови її

використанням. Визначено кількість і співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій (МКБ) у густій житній заквасці спонтанного бродіння.

Показано, що на відміну від заквасок, виведених на чистих культурах мікроорганізмів, у ЗСБ превалює накопичення гетероферментативних молочнокислих бактерій, які зумовлюють накопичення органічних кислот у цій заквасці з вищою, ніж у молочної кислоти, константою дисоціації. За однакової титрованої кислотності ЗСБ мають нижче значення рН, внаслідок чого пригнічується розвиток небажаної мікрофлори в заквасці.

Теоретично та експериментально обґрунтовано технологію житньо-пшеничних хлібобулочних виробів із використанням ЗСБ.

Показано, що найбільш поширеним способом інтенсифікації технологічного процесу виготовлення житньо-пшеничних хлібобулочних виробів є використання підкислювачів і поліпшувачів різного спектру дії.

На основі аналізу їх впливу на технологічний процес та якість готових хлібобулочних виробів здійснено інтегральний підхід до компонування складу нових полікомпонентних підкислювачів (ПКП) «Оптимальний 1» та «Оптимальний 2», який враховує вплив складових компонентів підкислювачів на основні біополімери тіста (білки, крохмаль, пентозани) та показники якості хліба.

Розроблено склад полікомпонентного підкислювача «Оптимальний 1» на основі ферментних препаратів глюкооксидази, пентозанази і геміцелюлази, лимонної кислоти, солоду житнього ферментованого, сухої молочної сироватки і камеді гуари, а також склад полікомпонентного підкислювача «Оптимальний 2», до якого входять ферментні препарати грибової α -амілази і пентозанази, аскорбінова і лимонна кислоти, солод житній ферментований, суха молочна сироватка, камедь гуари. Використання розроблених полікомпонентних підкислювачів у виробництві житньо-пшеничних хлібобулочних виробів дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу у 2,5–3 рази.

Встановлено вплив розроблених підкислювачів та їх складових на основні біополімери тіста. Показано, що використання ПКП «Оптимальний 1» та ПКП «Оптимальний 2» у виробництві житньо-пшеничних хлібобулочних виробів сприяє інтенсифікації мікробіологічних і біохімічних перетворень у тісті.

Встановлено якісний склад полісахаридного комплексу концентратів ХВГ і ХВК. Визначено, що загальний вміст харчових волокон у досліджуваній сировині становить 61,6 та 77,1 % до маси сухих речовин.

Доведено, що концентрати ХВГ і ХВК характеризуються високим вмістом пектинових речовин (31,1...54,6 % до маси СР відповідно), завдяки чому зростає сорбційна здатність розроблених хлібобулочних виробів з ХВГ і ХВК відносно свинцю – у 2,2 рази, відносно кадмію – у 8,4...8,9 рази.

Встановлено вплив концентратів ХВГ і ХВК на форми зв'язку вологи в хлібобулочних виробках та доведено, що завдяки високій водопоглинальній здатності харчових волокон зростає кількість зв'язаної вологи в хлібі, що пояснює механізм збереження свіжості готових виробів.

Досліджено закономірності впливу концентратів ХВГ і ХВК на підвищення загальної та активної кислотності тіста, що сприяє інтенсифікації біохімічних і мікробіологічних процесів у тісті.

Розроблено технологічні інструкції та рецептури житньо-пшеничних хлібобулочних виробів з концентратами ХВГ і ХВК, що дозволяє розширити асортимент хлібобулочних виробів із вмістом інгредієнтів оздоровчої дії.

Доведено, що внесення в тісто концентратів ХВГ і ХВК забезпечує підвищення вмісту харчових волокон та зниження калорійності готових виробів. Споживання розроблених хлібобулочних виробів у кількості 277 г/добу забезпечуватиме організм людини на 35,0...68,4 % добової потреби в ХВ.

Ключові слова: житньо-пшеничні хлібобулочні вироби, прискорена технологія, закваска, ферментний препарат, підкислювач, харчові волокна.

ANNOTATION

Sylchuk T. Scientific substantiation and development of accelerated technologies of bread bakery products enriched with food fibers. – Qualification scientific work on rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of doctor of technical sciences, speciality 05.18.16 – technology of food products. – National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to scientific substantiation and development of accelerated technologies of bread bakery products with mixture of rye and wheat flour for the restaurant business establishments and mini-enterprises.

There was formulated basic regularities of intensification of technological processes, improvement of structural and mechanical properties of rye and wheat dough due to hydrolysis of pentosans, increase of activity of ferment microflora, activation of microbiological and biochemical processes in dough.

There was analyzed state of production, advantages and features of the technology of bread bakery products from a mixture of rye and wheat flour. It has been shown that in order to achieve of their high quality it is necessary to ensure the proper acidity of dough, which is achieved by using dense or liquid rye sour doughes which are produced on pure cultures of microorganisms, the preparation of which complicates the process of production of rye-wheat bread bakery products from in restaurant business establishments.

There was offered new technological solutions for the accelerated production of rye-wheat bread bakery products due to the introduction of spontaneous sour dough (SSD), the development of polycomponent acidulents (PA) and using of new types of raw materials with a high content of food fibers.

There was offered new model for the culturing of SSD, which are based on the accumulation of organic acids that is easily dissociating on ions, that is insure high quality semifinished and finished bread bakery products.

There was shown that the composition of microorganisms formed during spontaneous fermentation of sour dough is stabilized by systematic renewal of sour dough. There were investigated biotechnological properties of SSD, parameters of technological process and figures of bread quality with its use.

There was shown that in contrast to sour dough of pure cultures of microorganisms, in SSD, predominant accumulation of heterofermentative lactic acid bacteria, which results in the accumulation of organic acids in this sour dough, is higher than in lactic acid, the dissociation constant. For the same titrated acidity, SSD has lower pH value; this is result of suppressed development of undesirable microflora in sour dough.

Theoretically and experimentally there was proved technology of rye-wheat bread bakery products with using SSD.

There was shown that the most popular way of intensifying technological process of making rye-wheat bread bakery products is the use of acidulents and conditioners with various spectrum of action.

On the ground of analysis of their influence on technological process and quality of finished products, there was developed composition of the compositions of the new multicomponent acidulents (MCA) "Optimal 1" and "Optimal 2", which considered effect of acidulents' components on main dough biopolymers (proteins, starch, pentosani) and quality indicators of bread.

There was developed composition of multicomponent acidulant "Optimal 1", which is consisted of enzyme preparations of glucooxidase, pentosanase and hemicelulase, citric acid, rye fermented malt, dry lactoserum and guar gum, and also composition of multicomponent acidulant "Optimal 2", which composition consist of enzyme preparations of fungal α -amylases and pentosanase, ascorbic acid and citric acid, rye fermented malt, dry lactoserum and guar gum. Using of developed multicomponent acidulents in production of rye-wheat bread bakery products can reduce t continuance of technological process by 2,5-3 times.

There was shown that use of MCA "Optimal 1" and the "Optimal 2" control panel in the production of rye-wheat bread bakery products contributes to intensification of microbiological and biochemical transformations in the dough.

There was obtained new scientific data about formation of wheat flour proteins complexes and pentosan of rye flour, which explains the peculiarities of formation of gluten carcass in rye-wheat dough and is confirmed by increase in its viscous-plastic properties.

There was given scientific of using of concentrates of peanut food fibers (PeFF) and potato dietary fiber (PoFF) in order to create functional bakery products.

There was established qualitative composition of polysaccharide complex of PeFF and PoFF concentrates. It was established that the total content of food fibers in peanut food fibers is 61,6%, in potato food fiber – 77,1%.

There was developed technological instructions and composition of rye-wheat bakery products with concentrates of PeFF and PoFF, which allowed expanding the range of bread bakery products, with contents of ingredients of health-improving action.

There was proved that addition of PeFF and PoFF to dough provide increase in content of food fibers.

Key words: rye-wheat bread bakery products, accelerated technology, sour dough, enzyme preparation, acidulant, food fibers.