

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра Харчових технологій

Допущено до захисту
_____ 2023 р.
Зав. кафедри, к. с.-г. н, доцент
_____ Андрій ЧЕРНЕГА
(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОВОДОРОСТІ СПІРУЛІНИ

Виконав (ла) – студент (ка) II курсу, групи 22 м-тз
освітньої програми Технології зерна та зернопродуктів
спеціальності 181 «Харчові технології»
Репетир Юлія Олексіївна

Науковий керівник – канд. с.-г. наук, доцент
Герасимчук Олена Петрівна

УМАНЬ – 2023

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ		3
ВСТУП		4
РОЗДІЛ 1	УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ (огляд літератури)	6
	1.1. Сучасні тенденції розвитку в сфері виробництва хлібобулочних виробів	6
	1.2. Використання нових видів сировини в технології хлібобулочних виробів	11
РОЗДІЛ 2	УМОВИ, СХЕМА, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
	2.1. Умови проведення дослідження	21
	2.2. Схема проведення дослідження	21
	2.3. Об'єкти дослідження	21
	2.3. Методика проведення дослідження	23
РОЗДІЛ 3	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	25
	3.1. Вплив технологічних факторів на якість хлібобулочних виробів зі спіруліною	25
	3.2 Впливи спіруліни на хлібопекарські властивості борошна	27
	3.3 Дослідження впливу спіруліни на властивості напівфабрикатів	29
	3.4 Вплив спіруліни на якість хлібобулочних виробів у процесі зберігання	30
	3.5 Харчова та біологічна цінність хлібобулочних виробів зі спіруліною	34
	3.6 Технологічні рішення щодо застосування мікроводорості спіруліни у технології хлібобулочних виробів	35
РОЗДІЛ 4	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	37
РОЗДІЛ 5	ОХОРОНА ПРАЦІ	45
РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	47
ВИСНОВКИ		49
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ		51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		52
ДОДАТКИ		57

ANNOTATION

The methodology of development and production of modern products, based on the achievements of nutrition science, contributes to the formation of a rational structure of the population's diet, aimed at the prevention of a number of diseases. A special role in the creation of such products belongs to renewable plant raw materials, including algae and microalgae, processed products of vegetables, fruits and berries, thanks to the main food substances included in their composition, macro- and micronutrients, functional food ingredients, fibers, polyunsaturated fatty acids, carotenoids, vitamins, phospholipids, bioflavonoids, organic acids, minerals), which are able to form and maintain the most important physiological functions of the human body.

Bakery products belong to products of mass consumption and occupy an extremely important place in the diet of the population. Improvement of traditional and development of innovative technologies of bakery products, which ensure the greatest preservation of useful properties included in the recipe components, is an urgent problem dictated by the high requirements of the science of healthy nutrition. Solving this problem can be achieved through the use of natural raw materials as a source of macro-, micronutrients and antioxidants.

The scientific novelty of the work consists in the development of the technology of bakery products enriched with food biologically active substances using spirulina microalgae. The positive effect of spirulina microalgae on the antioxidant capacity of bakery products was revealed.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Методологія розробки та виробництва сучасних продуктів, що базується на досягненнях нутриціології, сприяє формуванню раціональної структури харчування населення, спрямованої на профілактику низки захворювань. Особлива роль у створенні таких продуктів належить поновлюваній рослинній сировині, у тому числі водоростям і мікроводоростям, продуктам переробки овочів, плодів і ягід, завдяки основним харчовим речовинам, що входять до їх складу, макро- і мікронутрієнтам, функціональним харчовим інгредієнтам, волокнам, поліненасиченим жирним кислотам, каротиноїдам, вітамінам, фосфоліпідам, біофлавоноїдам, органічним кислотам, мінеральним речовинам), які здатні формувати та підтримувати найважливіші фізіологічні функції організму людини.

Хлібобулочні вироби відносяться до продуктів масового споживання та займають винятково важливе місце у раціоні харчування населення. Удосконалення традиційних та розробка інноваційних технологій хлібобулочних виробів, що забезпечують найбільше збереження корисних властивостей, що входять до складу рецептурних компонентів, є актуальною проблемою, що продиктована високими вимогами науки про здорове харчування. Вирішення цієї проблеми може бути досягнуто за рахунок використання природної сировини як джерела макро-, мікронутрієнтів та антиоксидантів.

Мета дослідження – розроблення технології хлібобулочних виробів на основі спрямованої корекції їх хімічного складу за рахунок використання мікроводорості спіруліни як джерела харчових та біологічних речовин, у тому числі з антиоксидантними властивостями.

Для досягнення мети було поставлено такі основні завдання:

– визначити вплив мікроводорості спіруліни як джерела харчових та біологічно активних речовин при використанні її в хлібопекарському виробництві на властивості напівфабрикатів у взаємозв'язку з технологією та показниками якості готових виробів;

– розробити технологічні рішення при застосуванні мікроводорості спіруліни як рецептурного інгредієнта для хлібобулочних виробів.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні технології хлібобулочних виробів збагачених харчовими біологічно активним речовинами з використанням мікроводорості спіруліни. Виявлено позитивний вплив мікроводорості спіруліни на антиоксидантну ємність хлібобулочних виробів.

Практична цінність роботи. Розроблено технологічні рішення з використання мікроводорості спіруліни в якості органічного рецептурного компонента для хлібобулочного виробництва.

Апробація результатів дослідження. Матеріали кваліфікаційної роботи були представлені і обговорені на засіданнях студентського наукового гуртка кафедри харчових технологій та оприлюднені у збірнику студентських наукових праць Уманського НУС (Умань, 2023) [53].

Структура та обсяг роботи. Дипломна робота викладена на 63 сторінках комп'ютерного тексту; включає вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву, додатки. У роботі наведено три таблиці, сім рисунків. Список використаних джерел складається з 53 найменування.

РОЗДІЛ 1

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХЛІБОБУЛОЧНИХ

ВИРОБІВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

(огляд літератури)

1.1 Сучасні тенденції розвитку в сфері виробництва хлібобулочних виробів

Хліб та хлібобулочні вироби по праву займають центральне місце серед матеріальних та моральних цінностей людини. Процес виробництва хліба – найдавніший біотехнологічний процес, помічений у природи людиною, оформлений у сучасному машинно-апаратному забезпеченні, оснащене автоматизованими пристроями контролю якості напівфабрикатів та регулювання технологічними параметрами.

Хліб і хлібобулочні вироби є важливою складовою раціону харчування населення як України, а й багатьох народів світу. Основними факторами, що визначають першорядне місце хліба та хлібобулочних виробів у раціоні харчування людини, є:

- традиції та звички щоденного споживання хлібобулочних виробів усіма категоріями населення;
- харчова цінність та засвоюваність хлібобулочних виробів, можливість використання нових видів рецептурних інгредієнтів як компонентів продуктів здорового харчування;
- різноманітний асортимент хлібобулочних виробів, що включає традиційні та національні вироби, функціональні, у тому числі збагачені спеціалізовані та дієтичні та інші вироби;
- привабливі споживчі властивості, низька вартість та доступність для всіх груп населення.

Хлібобулочні вироби є одним із основних продуктів харчування всіх соціально-демографічних груп населення України. До 40 % харчової та енергетичної цінності

щоденного раціону росіянина припадає на споживання хліба та хлібобулочних виробів [3, 11, 16].

Досягнення науково-технічного прогресу знаходять відображення у важливій галузі людської діяльності – процесі виробництва хліба та хлібобулочних виробів. Основними напрямками досліджень у галузі хлібопекарської промисловості є розроблення та впровадження гнучких технологій, що дозволяють керувати процесом тістоприготування, вивчення можливості використання нових видів сировини з різними функціональними властивостями з метою розширення асортименту виробів, вирішення проблем повноцінного харчування на основі створення нових видів хлібобулочних виробів для здорового харчування скоригованого хімічного складу, і навіть розробка збагачених, спеціалізованих, зокрема дієтичних виробів лікувального і профілактичного призначення [13, 15, 29].

У багатьох країнах світу (США, Франції, Німеччини, Японії, Китаю та ін.) ведуться роботи зі створення гнучких процесів виробництва з одночасною інтенсифікацією процесу тістоприготування. Для цього застосовуються різні способи приготування та обробки напівфабрикатів (висушування, заморожування, екструдкування), оптимізація основних процесів виробництва, застосування інтенсифікаторів та стабілізаторів хлібопекарського виробництва, а також різноманітних харчових добавок [2, 25, 32].

Різноманітний асортимент дієтичних хлібобулочних виробів випускається за технічними умовами.

Технології хлібобулочних виробів скоригованого складу включає кілька напрямків, які можна розділити на дві групи. До першої групи належать технології підвищення харчової цінності виробів:

- технології збагачення хлібобулочних виробів з використанням цільнозмеленого зерна пшениці, жита, тритикале, продуктів переробки різних злаків (борошно ячмінне, вівсяне, кукурудзяне, амарантове, гречане, пшоняне, зерно проса);
- технології додавання насіння, горіхів, сухофруктів, продуктів переробки плодів та ягід;

- технології підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів з використанням джерел білка (продуктів переробки бобових культур, дріжджів, гідролізатів та ізолятів білків);
- технології збагачення харчовими волокнами (у складі рослинних джерел та (або) очищеними препаратами);
- технології збагачення вітамінами, мінеральними речовинами та біологічно активними добавками;
- технології збагачення йодом (морські водорості, йод-органічні сполуки);
- технології використання продуктів переробки, у тому числі екстрактів рослин та мікроводоростей.

До другої групи належать технології зниження вмісту або виключення зі складу деяких речовин:

- технологія хлібобулочних виробів зі зниженим вмістом або винятком натрію (або харчової солі);
- технології хлібобулочних виробів зі зниженим вмістом чи винятком білка (глютену);
- хлібобулочних виробів зі зниженим вмістом або відсутністю легкозасвоюваних вуглеводів, у тому числі цукру.

Аналіз асортиментної політики підприємств хлібопекарської галузі свідчить про те, що на всіх підприємствах випускаються хлібобулочні вироби здорового харчування. Частка випуску виробів для профілактичного та лікувального харчування не перевищує 5 % від загального вироблення продукції.

Принципи створення функціональних та спеціалізованих хлібобулочних виробів законодавчо закріплені у національних стандартах (ДСТУ), міждержавних стандартах (ГОСТ), які гармонізуються з міжнародними стандартами. При виборі функціональних харчових інгредієнтів або природних джерел біологічно активних речовин слід керуватися основними критеріями, розробленими ВООЗ.

Для розробки нових видів виробів слід використовувати ті функціональні інгредієнти, дефіцит яких реально має місце, досить поширений і безпечний для здоров'я.

Додавати інгредієнти слід, перш за все, у продукти масового споживання, доступні для всіх груп населення і які регулярно використовуються в повсякденному харчуванні.

Технологія виробництва хлібобулочних виробів повинна забезпечувати максимальне збереження харчових інгредієнтів, що вносяться з урахуванням можливості їх взаємодії з компонентами продукту.

Сумарна кількість харчових речовин у виробі повинна бути вказана на етикетці як в абсолютній кількості, так і у відсотках від фізіологічної добової потреби [10].

Нормами фізіологічних потреб у енергії та харчових речовин для різних груп населення України визначено величини рівнів споживання незамінних харчових речовин, встановлено адекватні рівні споживання мінеральних та біологічно активних речовин їжі. Розроблені норми є базою для обґрунтування діапазонів кількості рецептурних компонентів, що вносяться.

Вітаміни відіграють важливу роль в обміні речовин, регулюють процеси засвоєння та використання білків, жирів та вуглеводів, функції всіх органів і систем, зростання та розвиток живого організму.

В даний час відомо більше 200 поліфенолів, які характеризуються Р-вітамінною активністю і отримали загальну назву – біофлавоноїди. В організмі людини вони відіграють роль активаторів та інгібіторів багатьох важливих реакцій. Згідно з дослідженнями [43], рекомендований рівень споживання флавоноїдів для чоловіків та жінок віком від 18 років становить 250 (у тому числі катехінів – 100) мг/добу. До фізіологічних функцій фенольних речовин належить Р-вітамінна активність, тобто здатність підтримувати у нормальному стані чи відновлювати порушену проникність капілярів. Найбільшою мірою Р-вітамінну активність мають катехіни та проантоціанідини. Частина цих речовин, як синергісти аскорбінової кислоти, сприяє її економічному витрачання. Таку дію фенольних сполук пояснюють утворенням хелатів із металами, що оберігає аскорбінову кислоту від окислення.

Капілярозміцнююча дія фенольних речовин лежить в основі багатьох фармакологічних, профілактичних і лікувальних властивостей цих сполук:

ранозагоювальної, протипухлинної, протизапальної, противірусної, протипроменевої [5, 12].

Флавоноїди стимулюють секрецію жовчі, нормалізують процес синтезу жовчних кислот та колоїдні властивості жовчі при патології печінки. Встановлено, що флавоноли, катехіни та проантоціанідини мають антисклеротичну дію, знижують рівень холестерину в крові.

На антиокислювальній здатності фенольних сполук засновано їхню радіозахисну та протипухлинну дію: інгібування вільнорадикальних реакцій, що виникають при розвитку променевої хвороби та переродженні нормальних клітин у злоякісні. Ця властивість була використана при розробленні теоретичних основ та практичного застосування фенольних сполук у хіміотерапії пухлин. Є відомості, що збільшення ступеня конденсації флавонів призводить до збільшення протиракового ефекту.

Відомо, що фенольні речовини мають також протизапальні властивості, в основі яких лежить здатність цих речовин зменшувати судинно-тканинний бар'єр.

В останні роки для деяких флавоноїдів (епікатехін, епігалокатехін, галова кислота, а також олігомерні фенольні речовини, що гідролізуються) показана антивірусна активність, і, зокрема, проти вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ). Така активність, як вважають, пояснюється з одного боку, пригніченням фенольними сполуками абсорбції вірусу в клітину, з іншого – пригніченням активності транскриптази ВІЛ. Встановлено залежність між споживанням флавоноїдів населенням низки країн та смертністю від серцево-судинних захворювань.

Як додаткова сировина для хлібопекарської промисловості є перспективним використання екстрактів рослин та водоростей, які за хімічним складом є комплексом біологічно активних сполук – вітамінів, макро- та мікроелементів, харчових волокон, у т. ч. пектинових речовин та інших фізіологічно функціональних інгредієнтів.

Успішне вирішення технологічних завдань можливе лише на основі глибокого вивчення закономірностей окремих етапів приготування хліба, виявлення можливості впливу певними способами на спрямованість та інтенсивність процесів, що протікають.

В основі біотехнології хлібопекарського виробництва лежать реакції обміну речовин, що відбуваються при життєдіяльності дріжджових клітин, молочнокислих бактерій та інших мікроорганізмів в анаеробних умовах.

Головною ланкою біотехнологічного процесу є клітина – мініатюрний хімічний завод, який працює з колосальною продуктивністю, граничною узгодженістю та за заданою програмою.

Нові розробки клітинної інженерії зі створення високопродуктивних штамів хлібопекарських дріжджів та молочнокислих бактерій сприяють інтенсифікації виробничих процесів.

Відповідно до сучасних уявлень біотехнологія хлібопекарського виробництва поєднує наукові досягнення у галузі технічної мікробіології, біохімії та технології хлібопекарського виробництва [23, 30].

Біотехнологічні процеси у хлібопекарському виробництві мають такі особливості:

- процес хлібопекарського виробництва є багатостадійним, основні етапи якого мають різні оптимальні параметри та фактори, що впливають на спрямованість біохімічних та мікробіологічних процесів;
- нестабільні склад та властивості основної та додаткової сировини хлібопекарського виробництва;
- наявність власної мікрофлори основної сировини – борошна, а також відсутність асептичних умов в об'єктах хлібопекарського виробництва;
- гетерогенність та багатофазність об'єктів (напівфабрикатів) хлібопекарського виробництва;
- складність і в більшості випадків невизначеність хімічного складу борошна.

1.2 Використання нових видів сировини в технології хлібобулочних виробів

Як рослинні джерела харчових і біологічно активних речовин можна розглянути можливість використання мікроводорості спіруліни (МС), морських водоростей, екстракту зеленого чаю та інших компонентів, в технології хлібобулочних виробів.

Останнім часом мікроводорість спіруліна все більше привертає увагу нутриціологів з метою використання її в харчуванні людей, які ведуть здоровий спосіб життя, мають підвищені фізичні навантаження, у тому числі для спортсменів, у профілактичному та лікувальному харчуванні [3, 18, 23, 30, 36, 41, 48].

Спіруліна є багатоклітинною спіральною нитчастою мікроводорістю, під мікроскопом представляється у вигляді синьо-зелених ниток, що складаються з циліндричних клітин, покладених у нерозгалужені нитки. Діаметр клітин варіюється від 1 до 12 мкм.

У ряді країн мікроводорість спіруліну культивують як у відкритих, так і у фотобіореакторах закритого або напівзакритого типу зі штучним освітленням, що дозволяють отримувати біомасу в контрольованих параметрах середовища та регулювати біохімічний склад біомаси. Вирощування може здійснюватися за будь-яких кліматичних умов, проте значно відрізняється матеріальними витратами [11, 17, 20].

При культивуванні спіруліни у відкритих водоймах і особливо в умовах фотобіореакторів закритого типу можливе додаткове збагачення її біомаси різними есенціальними мікроелементами: залізом, йодом, селеном, цинком, міддю, марганцем, хромом у формах, що характеризуються, як правило, високою біодоступністю [9, 11, 12, 17, 24].

Комерційний інтерес до спіруліни, на думку вчених [13, 14, 20], визначається її унікальним хімічним складом, енергетичною ефективністю та незначними площами, необхідними для відтворення цієї мікроводорості.

Спіруліну вирощують у Мексиці, США, Індії, Таїланді, Японії, Китаї, Тайвані, Болгарії, Чилі, Ізраїлі, Італії, Молдові, Україні. Вирощування водоростей в Україні відбувається у так званих реакторах, заповнених прісною водою, із внесенням необхідних поживних речовин: азоту, фосфору, вуглецю та інших.

Інтерес до мікроводорості, що виник з середини сімдесятих років, заснований на її високій харчовій цінності та хорошій засвоюваності організмом людини. Дані численних досліджень [3, 9, 15, 18, 25, 34, 39, 40, 42] показують, що спіруліну та її компоненти також мають фармакологічні та біологічні властивості.

Спіруліна проявляє антиканцерогенні властивості [27]. Показано, що використання спіруліни в кормах збільшує активність хіноредуктази та глутатіонтрансферази в органах лабораторних тварин з індукованим папіломагенезом шкіри.

Антиканцерогенний, радіо- та хемопротектерний вплив спіруліни та її компонентів дослідники пов'язують із вмістом полісахариду, до складу якого входить рамноза, ксилоза, глюкоза, галактоза та інші. Дослідженнях *in vivo* [28] вказують на здатність полісахариду індукувати продукцію фактора некрозу пухлини та уповільнювати зростання ракових клітин. Встановлено [29] інгібуючу дію полісахаридів спіруліни на проліферацію клітин гепатоми досліджуваних мишей. Наукові дослідження показують, що полісахарид Са-спірулан, отриманий шляхом водної екстракції з *Spirulina platensis*, перешкоджає адгезії та міграції пухлинних клітин, пригнічує ріст клітин меланоми в легені та пухлинну інвазію.

Спіруліна має антиоксидантну активність. Досліди, проведені на лабораторних щурах, показують, що внесення в корм спіруліни (500 мг/кг маси) сприяє пригніченню процесів перекисного окислення ліпідів у печінці та міокарді тварин.

Антиоксидантна активність білкових фракцій із *Spirulina platensis* по відношенню до гідроксильних і пероксильних радикалів пов'язана в основному з вмістом у цих фракціях фікоціаніну. Антиоксидантні властивості спіруліни пов'язані із вмістом фікоціаніну, активність якого показана в різних тест-системах *in vitro*. Встановлено [39] переважну дію спіруліни та її компонентів на активність ксантиноксидази, показано стабілізуючу дію спіруліни на лізосомальну мембрану. [42].

З літературних джерел відомо, що *Spirulina platensis* має протівірусну дію. Спіруліна та її водні екстракти здатні пригнічувати реплікацію вірусу імунодефіциту людини типу 1, а також деяких інших оболонкових вірусів. Дослідниками [28] у дослідах на клітинах лінії *HeLa in vitro* встановлено пригнічення реплікації вірусу HSV-1 (*Herpes simplex virus*) водним екстрактом спіруліни, який запобігав його адсорбції та проникненню в клітину. Включення екстракту спіруліни в корм досліджуваних тварин, інфікованих вірусом HSV-1, значно збільшувало їх тривалість

життя. Водний екстракт спіруліни інгібував реплікацію HIV-1 у клітинах Лангерганса, Т-клітинах людини та моноклеарних клітинах периферичної крові.

Встановлено, що полісахарид Са-спірулан пригнічує реплікацію збудників свинки, цитомегаловірусу, вірусу грипу, кору. У дослідях на мишах та інших лабораторних тваринах полісахарид, виділений зі *Spirulina platensis*, знижував ушкоджуючу дію радіації на клітини кісткового мозку та селезінки, надаючи імунпроліферативну дію.

Науковці [34] відзначають радіопротекторний ефект екстракту *Spirulina platensis*. У дослідях на щурах, що піддавалися у-опромінення встановлено, що спіруліна має радіопротекторні властивості. Дослідженнями [29, 38] встановлено, що спіруліна, володіючи імунотимізуючою активністю, стимулює продукцію антитіл і активує NK-клітини у тварин різних видів.

Спіруліна широко використовується в лікуванні хворих на цукровий діабет та ожирінням. При порівнянні [12, 19, 23] вмісту в крові тригліцеридів, глюкози, ліпопротеїдів та холестерину у двох групах хворих з ожирінням, виявлено тенденцію до більш вираженого зниження маси тіла у осіб, які отримували спіруліну. При цьому відбувалося суттєве зниження рівня глюкози у крові та тригліцеридів.

Відзначено позитивний вплив спіруліни та входять до її складу ліпополісахаридів на імунну систему. У дослідях на різних видах лабораторних тварин показано, що *Spirulina platensis*, включена до складу раціону, посилювала первинну імунну відповідь, протективно діяла щодо мікробної інфекції та харчової алергії.

Спіруліна позитивно впливає на організм при шкірних, серцево-судинних, ендокринних, шлунково-кишкових захворюваннях, при ожирінні, цукровому діабеті, деяких формах раку та інших захворюваннях.

Дослідження, проведені у галузі експериментальної онкології [45] виявили потенційні протипухлинні властивості спіруліни. Відомо про часткову та повну регресію пухлин при вживанні спіруліни та її екстрактів лабораторними тваринами. Гальмує дію екстракту спіруліни на розвиток експериментального раку, виявлено в дослідженнях [31], проведених на лабораторних мишах.

Проведені дослідження [23] показують можливість профілактичного використання спіруліни підвищення рівня гемоглобіну (Hb) у крові. Отримано зміни вмісту Hb у крові у добровольців, які отримували протягом 36 днів по 2 г спіруліни (у вигляді коктейлю). Показано, що у 15 із 17 добровольців (середній вік 35 років) рівень Hb у крові підвищився на 1,33 г/л, а маса тіла збільшилася в середньому на 1,25 кг. Є дані про високу біодоступність заліза у складі спіруліни, засновані на порівняльній оцінці рівня гемоглобіну в крові двох груп жінок, які отримували як джерела заліза відповідно спіруліну (капсули) і сульфат заліза (таблетки) [15, 23].

Клінічні дослідження [23], проведені у групі дітей віком 6 років з білково-калорійною недостатністю, які отримували протягом 3 місяців по 1 г спіруліни, показали збільшення у них рівня загального білка та гемоглобіну (Hb) у сироватці крові.

Відзначено перспективність використання спіруліни в області лікування захворювань верхніх дихальних шляхів. Проведено дослідження впливу спіруліни у хворих з ускладненнями варикозної хвороби у післяпологовому періоді, внаслідок яких встановлено, що спіруліна активізує репаративні процеси в організмі, знижує вплив факторів навколишнього середовища, є антигіпоксантом.

Хлорофіл є біологічно активним компонентом спіруліни. Дослідженнями встановлено, що хлорофіл має антимікробні, антиоксидантні та антиканцерогенні властивості, широко застосовується для лікування опіків, серцево-судинних захворювань [29].

Поліненасичені жирні кислоти, що представляють ліпідний комплекс спіруліни, за даними досліджень [168] рекомендовані в лікуванні та профілактиці серцево-судинних захворювань та хронічних захворювань печінки сприятливо впливають на ліпідний обмін. Антикандицерогенні властивості лінолевої кислоти показані в дослідженнях *in vivo*. Встановлено, що ліолева кислота є потенційним інгібітором розвитку раку.

Таким чином, масштабні проведені дослідження свідчать про безпеку використання спіруліни як допоміжний загальнозміцнюючий засіб дієтотерапії, у профілактиці та лікуванні цілого ряду захворювань. У зв'язку з вищевикладеним,

використання мікрowodорості спіруліни в технології хлібопекарського виробництва представляє науковий і практичний інтерес.

Як рецептурні інгредієнти хлібопекарського виробництва – джерел харчових, біологічно активних речовин і антиоксидантів особливий інтерес представляють морські водорості та продукти їх переробки.

Світовий промисел морських водоростей базується на трьох видах: зелені (*Chlorophyta*), червоні (*Rhodophyta*) та бурі (*Phaeophyta*), для промислової переробки використовують переважно бурі водорості – ламінарія японська (*Laminaria japonica* – морська капуста) та фукусні водорості (*Fucus vesiculosus*) [16, 17].

Хімічний склад та властивості морських водоростей зумовлюють можливість їх використання для продуктів профілактичного та лікувального призначення. Морська капуста з давніх-давен знаходить широке застосування в лікувальній практиці. Відомо, що ще у VIII столітті в Китаї було видано закон, згідно з яким все населення мало щодня вживати морську капусту в їжу. Морські водорості використовуються людством у харчових цілях понад дванадцять століть. [16, 17].

Ламінарії – великі водорості, довжиною до кількох метрів, має забарвлення від оливково-коричневого до темно-коричневого кольору, вміст вологи становить від 75 до 82 %. Найбільш цінується водорість другого року, яку видобувають у червні – серпні [34].

Сиру морську капусту консервують висушуванням до залишкового вмісту вологи 18–20 %. Висушування відбувається з використанням сонячного світла (природне або сонячне сушіння), нагрітого повітря (штучне сушіння) або комбінуючи обидва види сушіння [16, 17]. Для надання сланищам еластичності капусту піддають вилежуванню протягом 8–16 діб, під час якої відбувається перерозподіл вологи в тканинах та деяке їх зволоження за рахунок гігроскопічності. Після сортування еластичні слані направляють на переробку. З морських водоростей отримують порошкоподібні продукти двох видів: крупку, що складається з частинок розміром до 1 мм, і борошно, що складається з частинок розміром не більше 0,3 мм [19]. Подрібнення здійснюють у два етапи – попереднє за допомогою вальців або

молоткових млинів (до шматків розміром 2-3 см) та остаточне за допомогою дезінтеграторів або вібромлинів.

Порошкоподібні продукти виробляють як з харчової натуральної, так і попередньо вилуженої ламінарії [16, 17].

Відповідно до нормативно-технічної документації, у порошку ламінарії вміст вологи не повинен перевищувати 13 %, альгінових кислот – не менше 15 % та йоду – 0,2–0,3 %.

Водорості синтезують і накопичують у тканинах ряд своєрідних органічних речовин: альгінові кислоти, маніт, ламінарії, альвульоз, фукоїдан, а також мінеральні речовини, що входять до складу солей морської води, зокрема: калій, натрій, кальцій, магній, фосфор та йод [20, 22, 23].

Ламінарії та фукуси мають подібний склад, що включає органічні та мінеральні речовини. Органічні речовини ламінарії другого року проростання представлені складним комплексом азотистих, вуглеводних і вуглеводоподібних речовин, вміст яких дуже сильно залежить від стадії розвитку водорості та умов її зростання. До складу органічних речовин входять водоростева клітковина (альвулеза), азотисті речовини, пігменти, що фарбують, і полісахариди.

За вмістом багатьох хімічних елементів водорості значно перевершують наземні рослини. Мінеральні елементи містяться у морських водоростях у вигляді нерозчинних солей та частково металоорганічних сполук, які легко засвоюються організмом людини. Серед мінеральних речовин кількісно виділяються водорозчинні хлориди та сульфат калію. Нерозчинні мінеральні речовини представлені сірчаноокислими та вуглекислими солями кальцію. Аніонний та катіонний склад мінеральних речовин морських водоростей істотно залежить від стадії розвитку водорості, району проростання та складу водного середовища [15].

Ряд дослідників [2, 6, 27] показали, що ламінарії та фукуси акумулюють у собі такі важливі компоненти як калій і йод у більших кількостях, ніж інші водорості. Так, вміст йоду у бурих водоростей становить 6,0–12,0 мг%, а калію 6,4–17,0 % на суху речовину.

Істотною перевагою водоростей є той факт, що до 95 % йоду знаходиться у вигляді органічних сполук, з яких 10 % пов'язано з білком, що зумовлює хорошу засвоюваність його організмом [32].

Поряд з йодом у водоростях міститься значна кількість кальцію, калію, натрію та фосфору. У сухій речовині цієї водорості виявлено спектроскопічним способом: мідь, сурма, свинець, золото, хром і ряд інших елементів.

Таким чином, морська капуста є цінним джерелом всіх важливих у біологічному відношенні мінеральних речовин, які присутні у тканинах водорості як у вигляді солей мінеральних, так і металорганічних сполук [7, 8, 16, 17].

Азотисті речовини ламінарії та фукуси представлені як білковими, так і водорозчинними азотовмісними небілковими речовинами. До складу азотистих речовин входять білки та водорозчинні речовини небілкового характеру. Білки, виділені з водоростей, містять азот від 5,5 до 10,1 %, що значно менше, ніж у білках тваринного походження. Вміст небілкового азоту варіюється від 15 до 60 % до загального його вмісту залежно від виду та умов виростання водоростей. Є інформація про те, що азотисті речовини ламінарії стійкі до дії травних ферментів [16].

Згідно з літературними даними [19], небілковий азот водоростей до 94 % від загального екстрактивного азоту представлений у вигляді вільних амінокислот, частку азоту амідів припадає до 12 %, летких основ від 3 до 18 % всього небілкового азоту. Виявлено 23 амінокислоти, сумарний вміст яких у сухій речовині змінюється від 1,0 до 10 % залежно від виду водорості, її віку та сезону збирання врожаю. Верхня межа накопичення глютамінової кислоти у бурих водоростях становить до 5600 мг%, аспарагінової 4900 мг%, аланіну – 1100 мг%. Інші амінокислоти представлені у значно менших кількостях.

Таким чином, викладені вище дані свідчать про те, що білки морських водоростей на відміну від білків наземних рослин і мають невисоку біологічну цінність і низький коефіцієнт засвоєння через малу доступність травним ферментам. Проте харчосмакова, профілактична та лікувальна дія їх винятково велика. Біохімічною особливістю азотистих речовин бурих водоростей є присутність

йодоамінокислот – в основному моно- та діїодтирозину. Саме тому бурі водорості є активнішим антизобним чинником, ніж йодисті солі [4].

У бурих водоростях як розчинні в ефірі речовин ідентифіковані рослинні фарбувальні пігменти: хлорофіл (зелений), фікофеїн (синій), фікоеритрин (червоний) та фікоксантин (бурий) [10]. Дворічні водорості (ламінарії) містять менше розчинних речовин в ефірі від 0,1 до 0,8 %, ніж однорічна водорість до 1,6 %. [14],

Переважним компонентом біомаси водоростей є вуглеводи, які виконують дві основні функції: служать енергетичним резервом і відіграють роль опорних структур, беруть участь у побудові клітинних стінок та утворюють міжклітинну речовину. Полісахаридний склад бурих водоростей представлений ламінарином, альгінатами, фукоїданами та більш складними сульфатованими гетерогліканами.

У промисловій переробці з бурих водоростей виділяють альгінові кислоти та їх солі – альгінати, а з червоних – агар або карагінан (сульфатований полісахарид). Ці полісахариди виконують у водоростях подібні біологічні функції. Вони асоційовані з клітинною стінкою і складають речовину, що з'єднує клітини, забезпечуючи механічну міцність та цілісність рослини. Іонообмінні властивості цих полімерів допомагають клітинам захищатись від проникнення небажаних катіонів або, навпаки, концентрувати необхідні. Важливе значення має здатність полісахаридів утримувати велику кількість води і тим самим захищати клітини від висихання [4].

Вуглеводи бурих морських водоростей стійкі до дії травних ферментів та погано засвоюються організмом людини.

Ламінарії другого року росту містять шестиатомний спирт – маніт в кількості до 29 % [19]. Тривале зберігання висушених водоростей при підвищеній температурі та відносній вологості повітря призводить до руйнування маніту внаслідок дії ферментів.

Розроблено науково-технічні рішення застосування морських водоростей та продуктів їх переробки у харчовій промисловості, зокрема при виробництві хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів [19, 21, 27, 33]. Промислове виробництво розроблених виробів обмежене у зв'язку з відсутністю експрес-методів контролю їх вмісту у складі харчових продуктів.

Таким чином, у зв'язку з унікальним хімічним складом, високим вмістом харчових волокон та йоду, морські бурі водорості використовуються для профілактики та лікування захворювань щитовидної залози, зниження вмісту цукру в крові, поліпшення самопочуття. Вони також благотворно впливають на функції сечового міхура, застосовуються при лікуванні атеро- та артеріосклерозу, гіпертонії, хронічних запорів, ревматичних захворювань, сприяють звільненню від шлаків і токсинів, мають імуностимулюючу дію [19, 26, 37, 44].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, СХЕМА, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Умови проведення дослідження

Дослідження по розробленню технології хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності з використанням мікрододорості спіруліни (МС) проводились в умовах науково-дослідної лабораторії кафедри харчових технологій Уманського національного університету садівництва.

2.2 Схема проведення дослідження

На основі поставленої мети було розроблено схему проведення дослідження представлену на рис. 2.1.

2.3 Об'єкти дослідження

Відповідно до цілей та завдань роботи як об'єкти досліджень були використані борошно пшеничне (ДСТУ 46.004-99 Борошно пшеничне), дріжджі хлібопекарські (ДСТУ 4812:2007 Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови), сіль харчова (ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна. Загальні технічні умови), вода питна – ДСанПіН 2.2.4-171-10; олія соняшникова рафінована дезодорована (ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова рафінована дезодорована виморожена); цукор білий (ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Технічні умови); спіруліна (ТУ 9284-002-17230230-99).

Борошно пшеничне хлібопекарське, що використовували при проведенні дослідження, мало білий з жовтуватим відтінком колір, властивий борошну запах, смак без сторонніх присмаків, якість сирової клейковини борошна пшеничного була не нижче другої групи якості. Дріжджі пресовані хлібопекарські відповідно до стандарту легко ламалися, не мазалися, мали щільну консистенцію; рівномірний кремовий

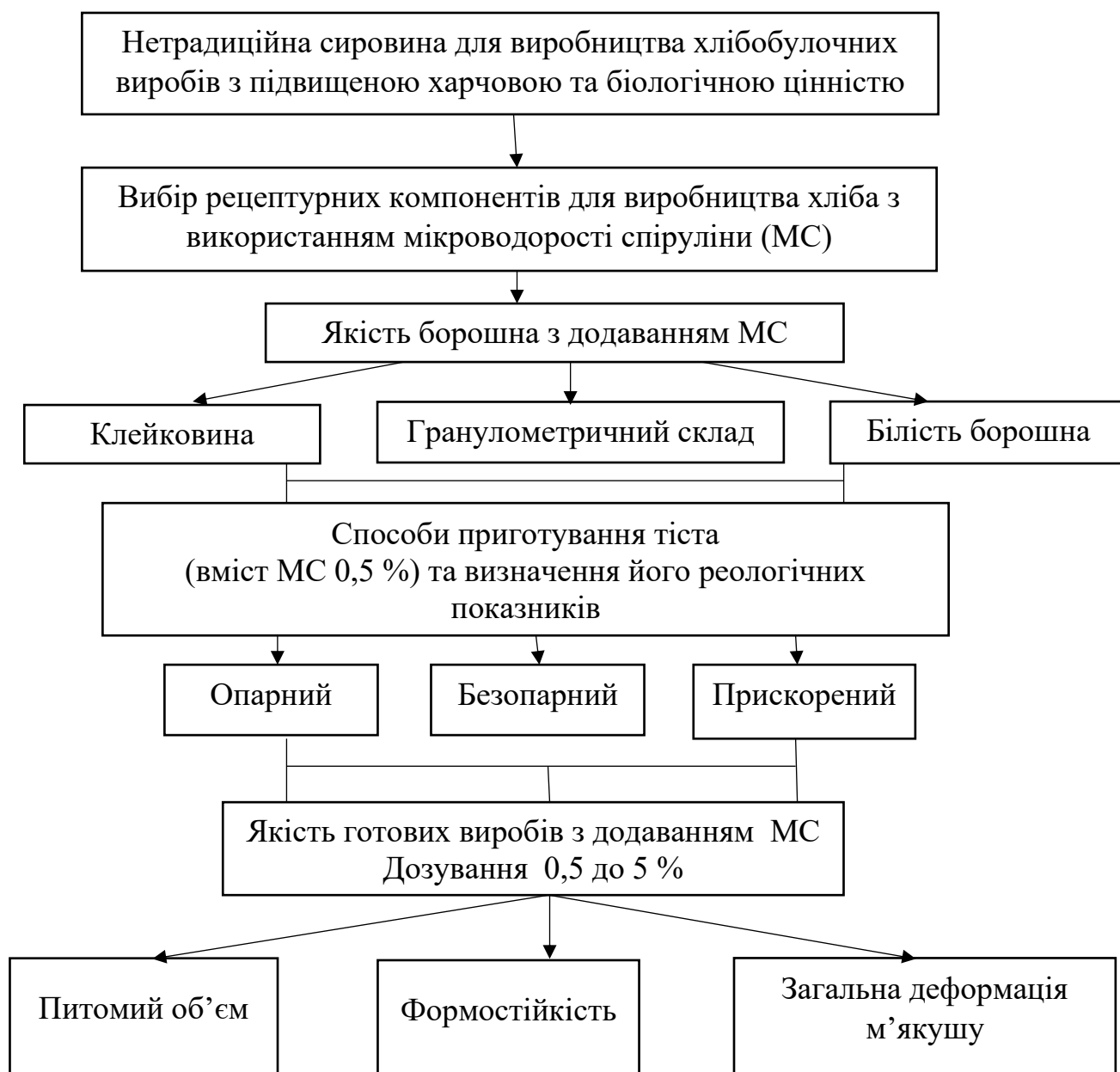


Рис. 2.1 – Схема проведення дослідження

колір, запах та смак, властивий дріжджам. Харчова сіль відповідала вимогам стандарту, білого кольору, не мала запаху та сторонніх домішок. Цукор відповідав вимогам нормативної документації, мав солодкий смак, без сторонніх домішок та запахів, без грудок, білого із блиском кольору. Олія соняшникова рафінована, дезодорована відповідала стандарту, прозора, жовтого кольору, без запаху та сторонніх домішок.

2.4 Методика проведення дослідження

У роботі використовували загальноприйняті та спеціальні методи дослідження сировини, напівфабрикатів та готової продукції, у тому числі хімічні, фізико-хімічні, фізичні та органолептичні.

Готували суміші з додаванням мікроводорості спіруліни (МС) у кількості від 0,5 до 5 %, контролем слугував варіант без додавання МС. Серед хлібопекарський властивостей виготовлених борошняних сумішей визначали вміст клейковини (ДСТУ ISO 21415-2:2009 Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 2. Визначання сирої клейковини механічним способом (ISO 21415-2:2006, IDT)) та білість борошна (ДСТУ 4870:2007 Метрологія. Борошно. Визначення білості фотометричним методом).

Приготування лабораторних проб тісту для хлібобулочних виробів здійснювали у лабораторії кафедри харчових технологій. Тісто з пшеничного борошна з додаванням мікроводорості спіруліни або без неї (контроль) готували традиційним безопарним, прискореним та опарним способом. Кількість доданої спіруліни у тісто становила 0,5 %.

Безопарний спосіб приготування тіста. Тісто замішували на тістомісильній машині протягом 5 хвилин. Сіль харчову та цукор вносили у розчиненому вигляді, дріжджі пресовані хлібопекарські у вигляді суспензії, додаткові компоненти відповідно до рецептур. Бродіння тіста проводили при температурі 30–32 °С. Під час бродіння тіста проводили його обминання через кожну годину.

Тісто розділяли на шматки масою 400 г, укладали у форми для випікання; поміщали в шафу для вистоювання, яке проводили за температурі 35–38 °С і відносної вологості повітря 75–80 %. Готовність тістових заготовок до випікання визначали за органолептичними показниками.

Після вистоювання тестові заготовки випікалися в печі за температури 210–180 °С, протягом 20–25 хв.

Опарний спосіб приготування тіста. Для приготування опари використовували необхідну кількість борошна, дріжджі хлібопекарські пресовані та питну воду за

розрахунком. Замість проводили на тістомісильній машині. Тривалість бродіння опари становила 180–270 хв. при температурі 30–32 °С.

При замісі тіста в опару вносили решту борошна, води, харчову сіль та іншу сировину. Сіль харчову та цукор вносили у розчиненому вигляді, дріжджі хлібопекарські пресовані у вигляді суспензії, додаткову сировину відповідно до рецептур. Бродіння тіста складала від 20 до 90 хв. У процесі бродіння тісто обминали.

Тісто розділяли на шматки масою 400 г. Розроблені тестові заготовки укладали у форми для випічки; Вистоювання проводили при температурі 35–38 °С і відносній вологості повітря 75–80 %. Готовність тістових заготовок до випічки визначали за органолептичними показниками. Після вистоювання тістові заготовки випікалися в печі за температури – 210–180 °С, протягом 20–25 хв.

Прискорений спосіб приготування тіста. Тісто замішували на тістомісильній машині протягом 5 хвилин. Сіль харчову та цукор вносили у розчиненому вигляді, пресовані дріжджі у вигляді суспензії, додаткові рецептурні компоненти відповідно до рецептур. Бродіння тесту проводили при температурі 30–32 °С протягом 60 хв. Тісто розділяли на шматки масою 400 г укладали у форми для випічки, які поміщали в шафу для вистоювання. Вистоювання проводили при температурі 35–38 °С відносній вологості повітря 75–80 %. Закінчення вистоювання визначали органолептично.

Після вистоювання тістові заготовки випікали в печі за температури 210–180 °С протягом 18–25 хв.

У тісто додавали спіруліну у кількості від 0,5 до 3 % до загальної кількості борошна. У виготовленому тісті визначали водопоглинальну здатність, час утворення тіста, стійкість тіста та його ступінь розрідження.

Готові хлібобулочні вироби оцінювали за показниками формостійкості, питомого об'єму та загальної деформації м'якушу.

При проведенні досліджень експерименти проводили у трьох повторностях. Математичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програми Matstat. Графічні інтерпретації залежностей, знайдених для обробки експериментальних даних, отримували з допомогою програм Excel, Statistica.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Хімічний склад мікроводорості спіруліни (МС), що характеризується високою кількістю білка (до 65 %), збалансованого за амінокислотним складом, наявністю фікоціаніну, каротиноїдів, вітамінів групи В, вітаміну Е, мікро- та макроелементів, есенціальної до ліноленової кислоти та інших речовин. Дані про безпеку та ефективність компонентів спіруліни, що виявляють адаптогенну дію на організм людини, є обґрунтуванням для збагачення хлібобулочних виробів для профілактики захворювань серцево-судинної системи, онкологічних захворювань, а також для осіб, які ведуть активний спосіб життя.

Розробка технологічних рішень застосування МС проведена на основі дослідження її впливу на показники якості хлібобулочних виробів при різних технологічних факторах, таких як дозування МС, спосіб приготування тіста, дозування різних додаткових рецептурних компонентів.

3.1. Вплив технологічних факторів на якість хлібобулочних виробів зі спіруліною

Для визначення раціонального дозування МС проводили пробні лабораторні випічки безопарним способом із внесенням спіруліни в кількості від 1 до 5 % маси борошна. Експериментально встановлено, що дозування МС визначає рівень впливу на показники якості хлібобулочних виробів. Внесення МС у кількості до 1 % до маси борошна трохи змінювало показники якості хлібобулочних виробів. Максимальне збільшення показників загальної, пластичної деформації м'якуша виробів становило 8 і 13 % відповідно до контролю. При збільшенні кількості МС від 2 до 5 % до маси борошна знижувалися показники питомого об'єму виробів на 0,88 г/см³ (рис. 3.1); пористості – на 5 %; загальної, пластичної та пружної деформації м'якшу на 11, 7 та 3 од. приладу відповідно; показника формостійкості на 0,15 одиниць. На підставі

аналізу органолептичних та фізико-хімічних показників якості виробів з урахуванням рекомендації МОЗ із питань харчування та біотехнології щодо вживання МС обґрунтовано дозування у кількості до 1 % від маси борошна.

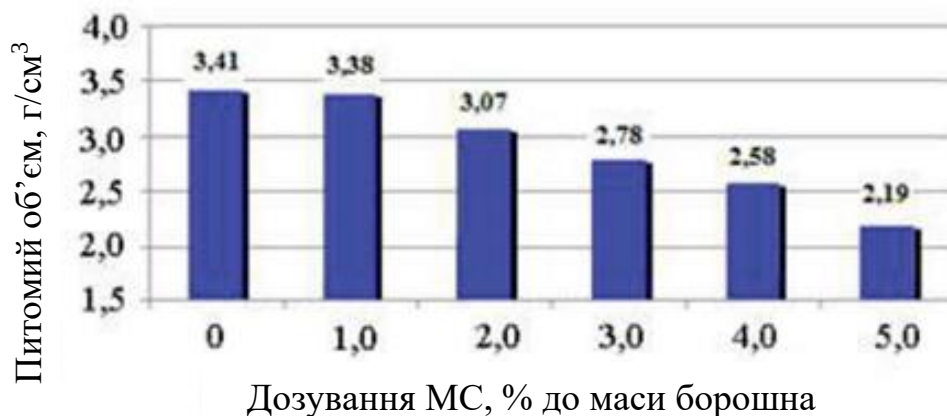


Рис. 3.1 – Вплив дозування МС на питомий об'єм хлібобулочних виробів

Вивчення впливу МС на якість хлібобулочних виробів із пшеничного борошна проводили прискореним, безопарним та опарним способами приготування тіста з внесенням цукру та жирів у кількості від 3 до 14 % до маси борошна.

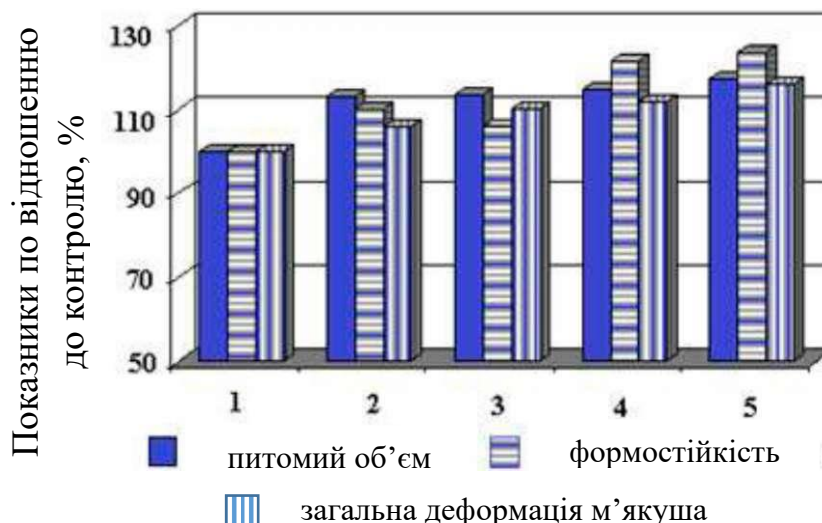


Рис. 3.2 – Показники якості хлібобулочних виробів із МС, приготовлених у різних способах: 1 – контроль (без внесення МС); 2 – безопарний спосіб; 3 – прискорений спосіб; 4 – опарний із внесенням МС в опару; 5 – опарний знесенням МС в тісто

Встановлено, що внесення МС у кількості до 1 % до маси борошна сприяло підвищенню якості хлібобулочних виробів з борошна вищого сорту при різних способах приготування пшеничного тіста. При опарному способі спостерігалися найкращі показники якості виробів, приготованих з внесенням МС в тісто в кількості 0,5 % до маси борошна (рис. 3.2). Збільшення показника питомого об'єму становило 4,5–17,0 %, пористості – 3,6–11,0 %, формостійкості – до 23,5 %, деформації м'якішу – від 2,0 до 7,4 % щодо контролю.

Експериментально показано, що за наявності в рецептурі як додаткова сировина цукру та жирів продуктів використання МС проводило до збільшення показників якості хлібобулочних виробів. Так, застосування МС у кількості 0,5 % та реалізації прискореного способу тістоприготування забезпечувало збільшення показника питомого об'єму хлібобулочних виробів на 7,2 %, пористості – на 2,3 %, формостійкості на 3,1 %, загальної та пластичної деформації м'якушу на 14,2 % та 17,7 %, відповідно, порівняно з контролем (без внесення МС).

3.2 Впливи спіруліни на хлібопекарські властивості борошна

Проводили дослідження впливу МС на якість та кількість сирої клейковини, білизну та гранулометричний склад пшеничного борошна.

Досліджували вплив МС на властивості клейковини пшеничного борошна, відмивання якого проводили за стандартною методикою. Як контроль служила проба без внесення МС. Експериментально встановлено, що внесення МС призводило до незначного збільшення вмісту сирої клейковини, що є результатом взаємодії гліадин-глютенінової фракції білків борошна з біополімерами МС за рахунок адсорбції, утворення водневих та інших зв'язків. При внесенні МС пружні властивості клейковини змінювалися незначно.

Визначення впливу МС на білість пшеничного борошна проводили на приладі ВББ-1М.

При визначенні гранулометричного складу та дисперсності МС, пшеничного борошна та їх сумішей, проведеної з використанням розсівів, підрахунок кількості

частинок та визначення їх розміру проводили за допомогою програми Flour 32. Результати досліджень представлені на рис. 3.3.

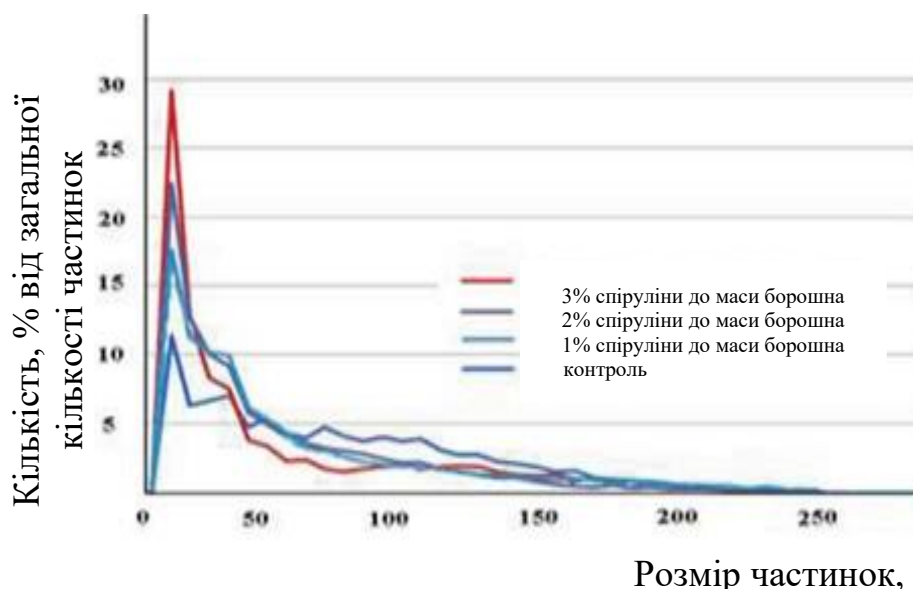


Рис. 3.3 – Гранулометричний склад борошняних сумішей з МС

Встановлено, що внесення МС у кількості до 3 % до складу борошняних сумішей трохи змінювало середнє значення розміру частинок, значення показника змінювалося від 0,1667 до 0,1714. При цьому, гранулометричний склад сумішей варіювався в залежності від кількості мікроводорості, що вноситься. Так, кількість фракції розміром менше 25 мкм зростала з 11,3 до 28,5 % від загального числа частинок зі збільшенням вмісту МС від 0 до 3 % до маси борошна у двокомпонентних сумішах.

Закономірності гранулометричного складу борошняних сумішей при внесенні МС понад 1% до маси борошна впливає на показники якості виробів.

Досліджували вплив МС на реологічну поведінку тіста із пшеничного борошна. При проведенні досліджень тісто замішували з борошном вищого сорту з внесенням МС у кількості до 3 % маси борошна. Результати представлені у табл. 3.1.

Встановлено збільшення водопоглинання тіста з пшеничного борошна на 1,9–6,5 % при внесенні МС до 3 % до маси борошна, що викликано здатністю мікроводорості до гелеутворення, обумовленого її хімічним складом, зокрема, наявністю білкових речовин і полісахаридів. При внесенні МС час утворення тіста практично не змінюється, при цьому внесення МС у кількості 1 % до маси борошна призводило до зниження показника стійкості на 5,2 хв., подальше збільшення

дозування МС до 3 % до маси борошна призводило до зниження показника стійкості тіста на 47,1 % стосовно контролю. Внесення МС у кількості 1 % та 3 % до маси борошна призводило до збільшення показника ступеня розрідження тіста на 28 та 46 од. приладу та зниження показника з 19 до 7 мм.

Таблиця 3.1

Вплив МС на реологічні властивості тіста

Найменування показника	Дозування МС, % до маси борошна			
	0 (К)	1,0	2,0	3,0
Водопоглинання (ВПЗ), %	56,8	57,9	58,9	60,5
Час утворення тіста, хв.	2,2	2,7	2,0	2,0
Стійкість, хв.	15,7	10,5	9,7	8,3
Ступінь розрідження (10 хв. замісу)	16	44	52	62
Показник якості, мм	29	19	20	7

3.3 Дослідження впливу спіруліни на властивості напівфабрикатів

Дослідженнями впливу МС на реологічну поведінку пшеничного тіста встановлено, що внесення МС у кількості 1 % до маси борошна зменшувало показник еластичності тіста на 10 % порівняно з контролем. При цьому час утворення тіста збільшився незначно при незначному зниженні стабільності (стійкості) тіста порівняно з пробою без мікрододатку (контроль).

Порівняння даних, свідчило про незначне збільшення показників в'язкості тіста при підвищенні температури та зниження максимальної в'язкості.

Хлібопекарський індекс та індекс максимальної в'язкості тіста при внесенні МС не змінювалися. Спостерігалось збільшення індексу стійкості до замісу з 2 до 3 балів та індексу амілолітичної активності з 6 до 7 балів при внесенні 1 % МС до маси борошна.

Таким чином, проведені дослідження виявили вплив МС та наявність залежності між дозуванням та такими реологічними властивостями тіста, як еластичність, стабільність (стійкість) та час утворення тіста.

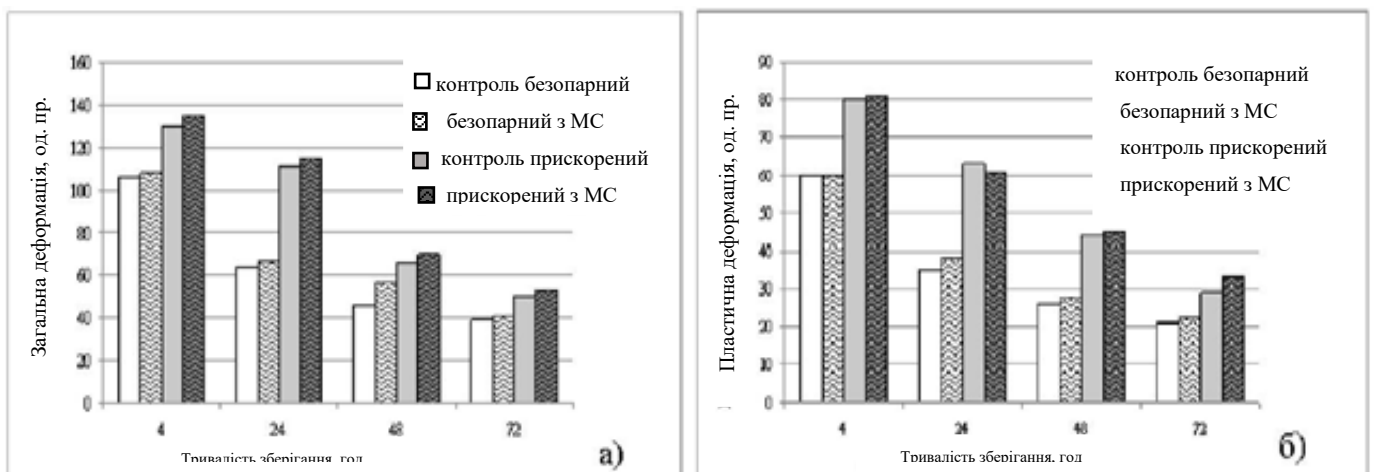
Проведені дослідження про вплив МС на швидкість газоутворення тіста, його газотримуючу здатність, накопичення кислотності та підйомну силу напівфабрикатів, приготованих за різними рецептурами, дозволили встановити, що внесення 3 % рослинної олії, 3 % цукру і МС сприяло найбільшому збільшенню швидкості газоутворення тіста, інтенсифікації тіста та підвищувала якість хлібобулочних виробів із пшеничного борошна вищого сорту.

Збільшення швидкості газоутворення пшеничного тіста при внесенні МС може бути пов'язане з тим, що вона є джерелом вітамінів і мінералів і сприяє розмноженню і підвищенню бродильної активності дріжджових клітин..

Таким чином, встановлено збільшення газоутворюючої та газотримуючої здатності тіста при внесенні МС у кількості до 1 % до маси борошна, що пов'язано з інтенсифікацією процесу бродіння та покращенням реологічних властивостей напівфабрикатів, зумовлених процесами структуроутворення.

3.4 Вплив спіруліни на якість хлібобулочних виробів у процесі зберігання

Досліджено закономірності зміни структурно-механічних властивостей м'якушу хлібобулочних виробів, приготовлених безопарним та прискореним способом (рис. 3.4).



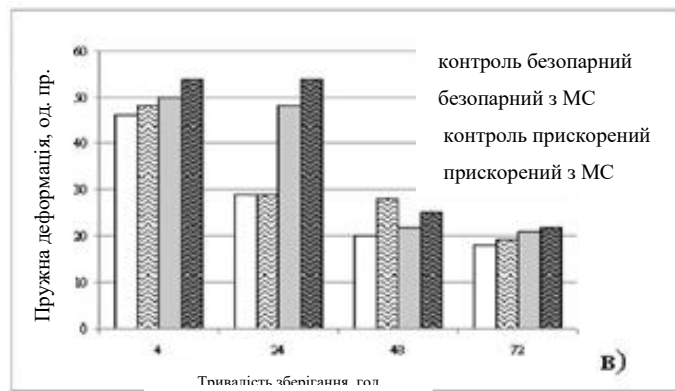


Рис. 3.4 – Вплив тривалості зберігання хлібобулочних виробів з МС на загальну деформацію (а), пластичну деформацію (б) та пружну деформацію м'якушу (в).

В результаті обробки отриманих даних виявлено математичні залежності загальної деформації м'якуші хлібобулочних виробів від тривалості їх зберігання (x_2):

$$Y_1 = 98,688 - 0,944 \cdot x_2; \quad (1)$$

$$\Delta Y_{1\text{абс}} = 11,41, \Delta Y_{1\text{відн}} = 4,47$$

$$Y_2 = 101,968 - 0,911 \cdot x_2; \quad (2)$$

$$\Delta Y_{2\text{абс}} = 9,80, \Delta Y_{2\text{відн}} = 3,59$$

$$Y_3 = 135,528 - 1,250 \cdot x_2; \quad (3)$$

$$\Delta Y_{3\text{абс}} = 6,86, \Delta Y_{3\text{відн}} = 1,92$$

$$Y_4 = 140,495 - 1,276 \cdot x_2; \quad (4)$$

$$\Delta Y_{4\text{абс}} = 6,611, \Delta Y_{4\text{відн}} = 1,77$$

де Y_1, Y_2 – загальна деформація м'якушу виробів, приготованих безопарним способом без внесення спіруліни та з внесенням спіруліни,

Y_3, Y_4 – загальна деформація м'якушу виробу, приготованих прискореним способом без внесення спіруліни та з внесенням спіруліни,

$\Delta Y_{\text{абс}}$ – абсолютна квадратична помилка величини,

$\Delta Y_{\text{відн}}$ – відносна квадратична помилка величини.

Аналіз математичних залежностей 1–4 показав, що внесення спіруліни незначно збільшує загальну деформацію м'якуша хлібобулочних виробів, приготованих як

безопарним, так і прискореним способом. Зміна загальної деформації м'якуша в процесі зберігання при внесенні спіруліни залежить від способу приготування тіста та рецептури виробу. Внесення спіруліни незначно збільшує загальну деформацію м'якуша хлібобулочних виробів, приготованих безопарним способом їх протягом 72 год. Так, значення коефіцієнта контрольної проби – 0,944, і з внесенням спіруліни – 0,911. При прискореному способі тістоприготуванні значення коефіцієнта контрольної проби – 1,250, з внесенням спіруліни – 1,276, що означає незначне погіршення властивостей м'якуша при зберіганні.

При дослідженні впливу спіруліни на властивості м'якушу хлібобулочних виробів у процесі зберігання визначено математичні залежності пластичної деформації м'якушу хлібобулочних виробів від тривалості їх зберігання (x_2):

$$Y_5 = 55,591 - 0,548 \cdot x_2; \quad (5)$$

$$\Delta Y_{5abc} = 6,66, \Delta Y_{5відн} = 4,69$$

$$Y_6 = 56,836 - 0,536 \cdot x_2; \quad (6)$$

$$\Delta Y_{6abc} = 5,40, \Delta Y_{6відн} = 3,65$$

$$Y_7 = 81,850 - 0,753 \cdot x_2; \quad (7)$$

$$\Delta Y_{7abc} = 1,50, \Delta Y_{7відн} = 0,69$$

$$Y_8 = 80,803 - 0,697 \cdot x_2; \quad (8)$$

$$\Delta Y_{8abc} = 3,14, \Delta Y_{8відн} = 1,42$$

де Y_5, Y_6 – пластична деформація м'якішу виробів, приготованих безопарним способом без внесення спіруліни та з внесенням спіруліни,

Y_7, Y_8 – пластична деформація м'якішу виробу, приготованих прискореним способом без внесення спіруліни та з внесенням спіруліни,

ΔY_{iabc} – абсолютна квадратична помилка величини,

$\Delta Y_{iвідн}$ – відносна квадратична помилка величини.

Аналіз математичних залежностей 5–8 показав, що внесення спіруліни трохи покращувало пластичну деформацію м'якуші хлібобулочних виробів, приготованих як безопарним, так і прискореним способом. Зміна пластичної деформації м'якуша в процесі зберігання при внесенні спіруліни залежить від способу приготування тіста та рецептури виробу. Внесення спіруліни незначно збільшує пластичну деформацію м'якушу хлібобулочних виробів, приготованих безопарним способом їх протягом 72 год. Так, значення коефіцієнта контрольної проби – 0,548, і з внесенням спіруліни 0,536. При прискореному способі тістоприготування значення коефіцієнта контрольної проби – 0,753, з внесенням спіруліни – 0,697, що означає незначне поліпшення властивостей м'якушу при зберіганні.

В результаті обробки отриманих даних вплив спіруліни на властивості м'якушу хлібобулочних виробів у процесі зберігання отримано математичні залежності пружної деформації м'якушу хлібобулочних виробів від тривалості їх зберігання (x_2):

$$Y_9 = 43,098 - 0,401 \cdot x_2; \quad (9)$$

$$\Delta Y_{9_{abc}} = 4,81, \Delta Y_{9_{відн}} = 4,26$$

$$Y_{10} = 45,038 - 0,379 \cdot x_2; \quad (10)$$

$$\Delta Y_{10_{abc}} = 4,87, \Delta Y_{10_{відн}} = 3,92$$

$$Y_{11} = 53,679 - 0,498 \cdot x_2; \quad (11)$$

$$\Delta Y_{11_{abc}} = 6,13, \Delta Y_{11_{відн}} = 4,34$$

$$Y_{12} = 59,691 - 0,579 \cdot x_2; \quad (12)$$

$$\Delta Y_{12_{abc}} = 6,59, \Delta Y_{12_{відн}} = 4,30$$

Аналіз математичних залежностей 9–12 показав, що зміна пружної деформації м'якуша в процесі зберігання при внесенні спіруліни залежало від способу приготування тіста та рецептури виробу. Внесення спіруліни незначно збільшує пружну деформацію м'якушу хлібобулочних виробів, приготованих безопарним способом їх протягом 72 год. Так, значення коефіцієнта контрольної проби – 0,401, і

з внесенням спіруліни – 0,379. При прискореному способі тістоприготування значення коефіцієнта контрольної проби – 0,498, з внесенням спіруліни – 0,579, що означає незначне погіршення властивостей м'якушу при зберіганні.

Математичний аналіз результатів досліджень виявив, що спосіб приготування тіста та рецептура виробу визначала характер зміни загальної, пружної та пластичної деформації м'якушу в процесі зберігання при внесенні МС. Приготування хлібобулочних виробів безопарним способом із внесенням МС у кількості 0,5 % до маси борошна збільшувало показники загальної, пружної та пластичної деформації м'якушу протягом усього досліджуваного терміну зберігання виробу. При приготуванні хлібобулочних виробів прискореним способом спостерігалось збільшення показників загальної, пластичної деформації м'якуша та незначне зменшення пружної деформації м'якуша при внесенні МС.

3.5 Харчова та біологічна цінність хлібобулочних виробів зі спіруліною

На підставі проведених досліджень розроблено рецептури хлібобулочних виробів зі спіруліною. Виконано розрахунок вмісту основних харчових речовин у розроблених хлібобулочних виробках із пшеничного борошна вищого сорту (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Харчова та енергетична цінність хлібобулочних виробів з спіруліною

Найменування	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Харчові волокна, г	Енергетична цінність, ккал
Хліб з пшеничного борошна вищого сорту (контроль)	7,95	0,87	51,47	2,62	246
Хліб з пшеничного борошна вищого сорту з спіруліною	8,35	0,90	51,09	2,60	246

Встановлено, що внесення МС у хлібобулочні вироби з пшеничного борошна вищого сорту збільшувало вміст білка на 5,04 %, стосовно контрольної проби. Крім того дещо зростав вміст жирів та зменшувалась кількість вуглеводів та харчових волокон. Енергетична цінність виготовлених хлібобулочних виробів залишалась однаковою – на рівні 246 ккал.

3.6 Технологічні рішення щодо застосування мікроводорості спіруліни у технології хлібобулочних виробів

Результати досліджень, поданих у підрозділах 3.1–3.5, покладено в основу технологічних рішень застосування спіруліни під час виробництва хлібобулочних виробів:

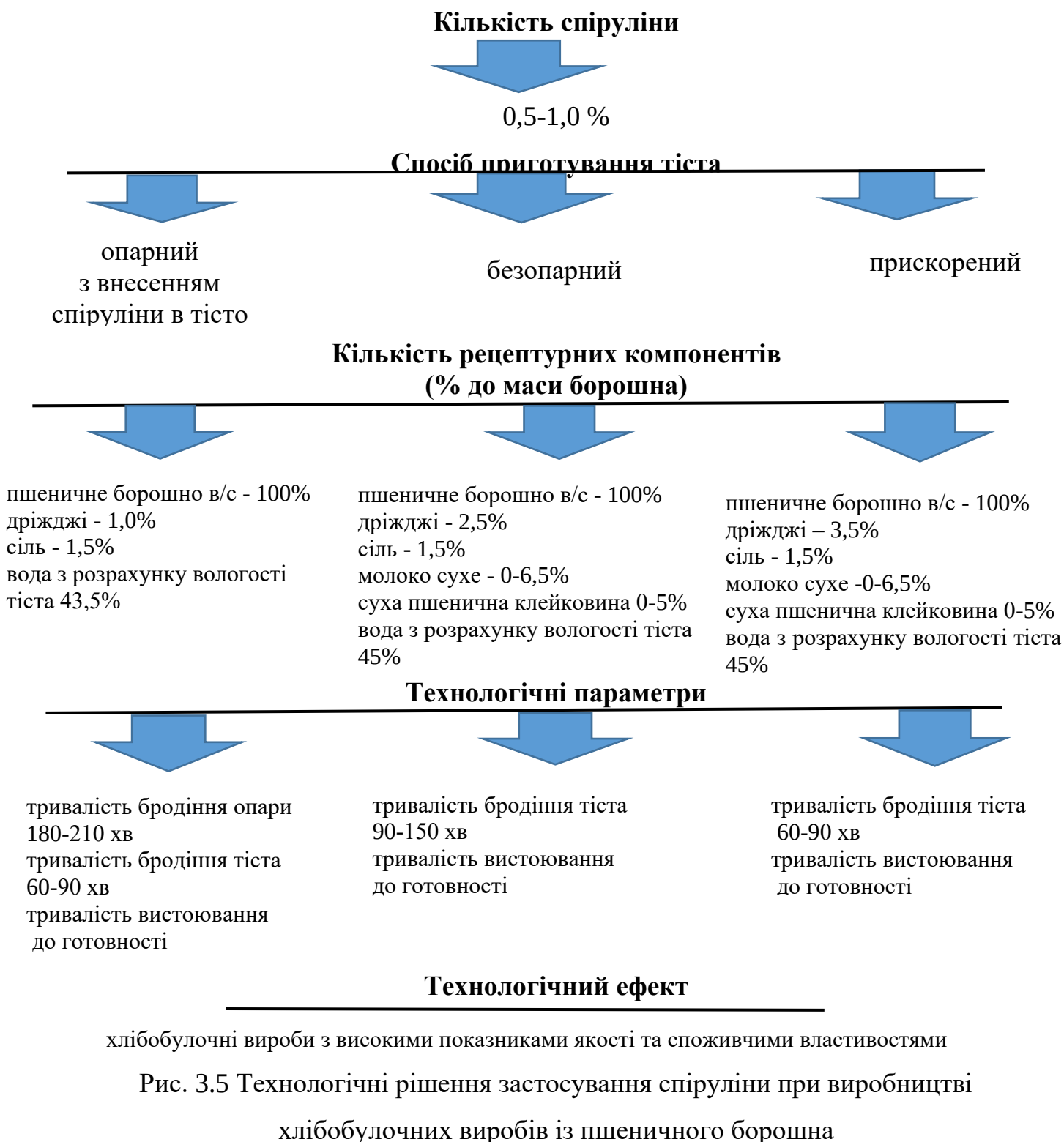
- спіруліна може застосовуватися у виробництві хлібобулочних виробів із пшеничного борошна;
- спіруліна може застосовуватися при опарному, безопарному та прискореному способах приготування тіста з пшеничного борошна;
- спіруліна може застосовуватись при приготуванні борошняних сумішей для хлібобулочних виробів;
- дозування спіруліни становить 0,5–1 % до маси борошна при приготуванні хлібобулочних виробів;
- використання спіруліни інтенсифікує процес дозрівання тіста та призводить до скорочення тривалості вистоювання тістових заготовок;
- використання спіруліни призводить до незначної зміни властивостей м'якушу хлібобулочних виробів при зберіганні, що створює передумови для збереження їх властивостей протягом терміну зберігання.

На підставі результатів, наведених у дослідженні, була встановлена висока ефективність використання спіруліни, яка може готуватися за різними варіантами.

Застосування спіруліни для приготування хлібобулочних виробів є ефективним, економічно обґрунтованим і має соціальне значення. Вживання цих виробів зі спіруліною можливе як продукти харчування для профілактики захворювань серцево-

судинної системи, цукрового діабету, онкологічних захворювань, а також може бути рекомендовано особам, які ведуть активний образ фізичної активності.

Розроблені технологічні рішення (рис. 3.5) застосування водорості спіруліни при виробництві хлібобулочних виробів лягли в основу практичних рекомендацій щодо її використання у промисловому виробництві.



РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Виробництво хліба складається з п'яти тісно пов'язаних між собою технологічних етапів: підготовки сировини, приготування і обробки тіста, випікання, охолодження і зберігання хліба.

Підготовка сировини. Для одержання тіста нормальної консистенції треба, щоб сировина відповідала вимогам хлібопечення і була підготовлена належним чином. Підготовка борошна — це складання, змішування, просіювання і магнітне очищення сумішей. Борошно просіюють на спеціальних машинах, на яких встановлюють магнітні вловлювачі. Просіювання запобігає потраплянню в тісто різних домішок. Крім того, під час просіювання відбувається аерування часточок борошна — насичення їх киснем повітря, який на початку бродіння використовується дріжджами для аеробного дихання.

У хлібопеченні використовується вода, яка за якістю має відповідати вимогам питної води. У ній не повинно бути шкідливих домішок і хвороботворних мікроорганізмів, тому що багато з них зберігається при випіканні, внаслідок чого хліб може стати джерелом захворювань. Оскільки в технологічному процесі хлібопечення велику роль відіграють процеси бродіння, кип'ячену воду використовувати не можна, тому що в ній майже немає розчиненого повітря, яке потрібне для життєдіяльності дріжджів.

Сіль, яку використовують у хлібопеченні, також повинна відповідати вимогам стандарту. Вона поліпшує фізичні властивості тіста, надає смаку хлібу. Її попередньо розчиняють у воді, а потім фільтрують розчин. Крупнозернисту сіль перед розчиненням промивають. Зберігати сіль треба в сухому приміщенні з вологістю повітря не більше 75 %.

Якість хліба залежить переважно від ступеня і правильності його розпушеності (пористості). Основними розпушувачами тіста є дріжджі — одноклітинні мікроорганізми розміром до 10 мкм, які належать до класу грибів. У виробничих умовах вони розмножуються брунькуванням. Оптимальна температура для їх

розмноження 26 — 28 °С, при температурі 58 - 68 °С дріжджі гинуть. Вони можуть розмножуватись як в аеробних, так і в анаеробних умовах, виділяючи в процесі життєдіяльності вуглекислий газ. Добре розподілені в масі тіста дріжджові клітини виділяють вуглекислий газ, яким насичується тісто, внаслідок чого створюється тиск газу і тісто розпушується.

У хлібопеченні застосовують пресовані, сухі й рідкі дріжджі. Пресовані дріжджі мають вологість до 35 %, тому швидко псуються. Сухі дріжджі одержують висушуванням пресованих, вони можуть зберігатися тривалий час. Основні вимоги до пресованих і сухих дріжджів — наявність у них піднімальної сили, тобто здатності за певний час забезпечити підняття (розпушування) тіста до певного рівня.

Приготування рідких дріжджів на хлібопекарських підприємствах потребує мікробіологічного контролю, оскільки треба стежити за складом мікрофлори тіста (дріжджів, молочнокислих бактерій).

Приготування тіста. Пшеничне тісто готують двома основними способами: опарним і безопарним.

При опарному способі спочатку роблять опару. Для цього використовують близько половини загальної кількості борошна, до 2/3 води і всю кількість дріжджів. За консистенцією опара рідкіша за тісто і має температуру 28 - 32 °С. Тривалість бродіння опари 3 - 4,5 год.

На готовій опарі замішують тісто, додаючи інгредієнти, що залишилися, та передбачені рецептурою цукор і жир. Тісто має початкову температуру 28 - 30 °С. Його бродіння триває 1 - 1,45 год.

Безопарним способом замішують тісто з усієї кількості борошна, води, солі і дріжджів. Початкова температура його бродіння 28 -30 °С, тривалість бродіння 2-4 год.

Кожний із наведених способів має свої переваги і недоліки. Приготування тіста опарним способом більш тривале, але двоступінчастий процес бродіння поліпшує пластичні властивості тіста, сприяє гідролізу компонентів борошна та нагромадженню більшої кількості речовин, які надають смаку та аромату хлібові.

Хліб, приготовлений опарним способом, має кращі пористість м'якушки, структуру пор, їх тонкостінність, тому що в тісті інтенсивніше відбуваються процеси набухання часточок борошна, пентаза-ція білків тощо. Поліпшенню пластичних і смакових якостей тіста сприяє також значне накопичення у ному молочної кислоти. При опарному способі скоринки хліба краще забарвлені (рожевуваті, світло-коричневі), гладенькі завдяки вмісту в тісті декстринів і цукрів, а також утворенню комплексних сполук — меланоїдів.

Під час бродіння тіста внаслідок дії ферментів дріжджів на вуглеводи утворюються етиловий спирт, вуглекислий газ, молочна й оцтова кислоти та інші продукти.

Застосовувані в хлібопеченні дріжджі можуть зброджувати всі цукри тіста — глюкозу, фруктозу, мальтозу й сахарозу. Глюкоза і мальтоза зброджуються в тісті безпосередньо, а сахароза попередньо перетворюється на глюкозу і фруктозу. Молекула мальтози розкладається в тісті мальтозою дріжджів на дві молекули глюкози.

Процес спиртового і кислотного (переважно молочнокислого) бродіння тіста — це ланцюг складних біохімічних процесів, зумовлених взаємодією комплексу ферментів дріжджів і кислотоутворюючих бактерій та ферментів борошна. При цьому із тіста в клітини дріжджів і кислотоутворюючих бактерій надходять розчинні продукти, необхідні для їх життєдіяльності (бродіння, дихання, розмноження), а із клітин у тісто виділяються основні і побічні продукти бродіння.

Вуглеводно-амілазний комплекс тіста в процесі бродіння безперервно змінюється. Власні цукри борошна швидко зброджуються дріжджами, водночас із крохмалю борошна під дією α - і β -амілаз утворюється мальтоза.

Під час зброджування цукрів виділяються спирт і вуглекислий газ. Етиловий спирт, що частково утворюється, бере участь в утворенні аромату хліба.

Вуглекислий газ, вивільняючись із в'язкого тіста, піднімає і роз-рихлює його, надаючи йому пористості. Чим більше виділяється вуглекислого газу, тим пористішими будуть тісто і хліб. Величина га-зоутримуючої властивості хліба

змінюється залежно від різних факторів, насамперед від вмісту клейковини та консистенції тіста.

Тісто, яке вибродило (дозріло), розділяють на шматки потрібної маси, округлюють, залишаючи для попереднього або остаточного розстоювання тістових заготовок. На заводах тісто розділяють на шматки за допомогою тістороздільних машин, після чого їх зразу округлюють. При випіканні круглих подових виробів це операція кінцевого формування шматків тіста. Для багатьох інших виробів (батонів, рогаликів та ін.) округлювання є лише першою проміжною стадією їх формування. Її мета — поліпшення структури тіста.

Між операцією округлювання і кінцевою операцією формування шматків пшеничного тіста відбувається попереднє або проміжне розстоювання. Округлені шматки тіста повинні бути в стані спокою протягом 5-8 хв.

Внаслідок механічної дії на тісто при його розділенні на шматки і наступному округлюванні в ньому виникає внутрішня напруга і частково руйнуються окремі ланки клейковини. В процесі попереднього розстоювання тіста внутрішня напруга в ньому зменшується, а зруйновані ланки його структури частково відновлюються, внаслідок чого структурно-механічні властивості тіста, його структура і газоутримуюча здатність поліпшуються.

Після попереднього розстоювання округленим шматкам тіста надають форми, характерної для готових виробів даного сорту. Під час формування шматків тіста з них майже повністю витісняється вуглекислий газ. Якщо сформований шматок тіста посадити в піч, то випечений хліб матиме дуже погано розрихлену м'якушку і кірку з розривами і тріщинами. Щоб цьому запобігти, сформовані шматки тіста піддають остаточному розстоюванню.

Під час остаточного розстоювання в шматках тіста відбувається бродіння й виділяється вуглекислий газ, який розрихлює тісто, збільшуючи його об'єм. На відміну від попереднього розстоювання, остаточне розстоювання треба проводити при температурі 35-40 °C і відносній вологості повітря 75-85 %.

Тривалість розстоювання сформованих шматків тіста становить 25-120 хв. залежно від їх маси, рецептури тіста, властивостей борошна та ін. При порушенні

режиму розстоювання тіста перед випіканням знижується якість хліба. У разі скорочення періоду розстоювання тіста верхня кірка хліба буде дуже випуклою і відірваною від однієї або двох бічних стінок, а при передержуванні — хліб матиме плоску або ввігнуту форму з дуже нерівномірно пористою м'якушкою.

Випікання тіста. Процес прогрівання заготовок тіста після розстоювання, за якого відбувається перехід із стану тіста у стан хліба, називається випіканням.

Для випікання хліба і хлібобулочних виробів використовують пекарні камери різних конструкцій з температурою тепловіддаючих поверхонь 300-400 °С, пароповітряного середовища пекарної камери 200-250 °С. У процесі випікання тісто в пекарній камері швидко збільшується в об'ємі. Через деякий час приріст його об'єму різко сповільнюється, а потім припиняється. Температура м'якушу наприкінці випікання не перевищує 100 °С, тоді як температура поверхні хліба швидко досягає 105 °С і під кінець випікання підвищується до 180 °С. Поверхня тіста інтенсивно прогрівається і через 1-2 хв втрачає майже всю вологу, досягаючи рівноважної вологості пекарної камери.

У зв'язку з поганою вологопровідністю тіста та великою різницею температур його поверхневих і внутрішніх шарів (явище термовологопровідності) волога до поверхні надходить повільніше за інтенсивність її зневоднювання, тому в хлібну камеру вприскують воду для підвищення в ній вологості.

У процесі підвищення температури до 50-60 °С посилюється розкладання крохмалю на декстрини і цукри у зв'язку із зростанням активності ферментів. При подальшому підвищенні температури припиняється дія ферментів, клейстеризується крохмаль, поглинаючи воду, коагулюють білки клейковини. Водночас змінюються фізичні властивості хліба — він швидко збільшується в об'ємі. Збільшення об'єму хліба пояснюється тим, що дріжджі й інші види газоутворюючої мікрофлори ще виділяють деяку кількість вуглекислого газу та тепловим розширенням бульбашок повітря, яке міститься в тісті. Коагуляція білків і клейстеризація крохмалю зумовлюють пористу структуру тіста, перешкоджають його подальшому розтягуванню і водночас не дають порам спадати після звітрювання газу.

Отже, процес випікання хліба пов'язаний з коагуляцією білків, переважно клейковини, і частковою клейстеризацією крохмалю.

Під час випікання хліба, як уже зазначалося, його поверхню зво-ложують. Внаслідок конденсації пари на його поверхні відбуваються інтенсивна клейстеризація крохмалю та розчинення декстринів. Рідкий крохмальний клейстер, який містить розчинні декстрини, ніби заливає тонким шаром усю поверхню хліба, вирівнюючи пори й нерівності. Шар рідкого клейстеру дуже швидко зневоднюється, утворюючи на поверхні хліба скоринку, яка після інтенсивної теп-лової дії має глянце-вий вигляд.

Тривалість випікання 8-12 хв. для дрібноштучних виробів і до 80 хв. для хліба масою 1 кг і більше. Залежно від виду хлібних ви-робів температура випікання становить 210-280 °С.

Момент готовності хліба зазвичай встановлюють органолептично або визначають температуру центральної частини м'якушки, яка для більшості хлібних виробів має становити 93-97 °С. Температуру вимірюють термовимірювачем марки ТХ.

Перетворення тіста на хліб супроводжується втратою ним маси — упіканням. Відбувається воно через часткове випаровування з тіста води і продуктів бродіння (етилового спирту, вуглекислого газу, ле-тких кислот тощо). Величина упікання визначається різницею між масою тіста перед посадкою в піч та масою готового гарячого хлібно-го виробу і коливається в межах від 6 до 14 %.

Випечений гарячий хліб потребує певного догляду. При недбалому поводженні він легко зминається, втрачає форму, структуру, пористість, тобто стає бракованим. Готовий хліб після випікання розміщують на спеціальних стелажах для охолодження.

Охолодження хліба починається з поверхневих шарів і поступово переміщується до центру м'якушки. Одночасно знижується його вологість, а отже, маса, а вологість скоринки підвищується, зрівноважуючись з відносною вологістю повітря.

Зменшення маси хліба і хлібобулочних виробів внаслідок випаровування з нього частини води і деяких продуктів бродіння називається усиханням. Його визначають за різницею між масами гарячого і охолодженого хліба за певний проміжок часу і

виражають у відсотках до маси гарячого хліба. Усихання хліба в перші 3-6 год зберігання сягає 2-4 %.

При зберіганні хліба за звичайних умов через 10-12 год виявляються ознаки черствіння. Смакові якості й аромат змінюються одночасно із зміною структурно-механічних властивостей м'якушки.

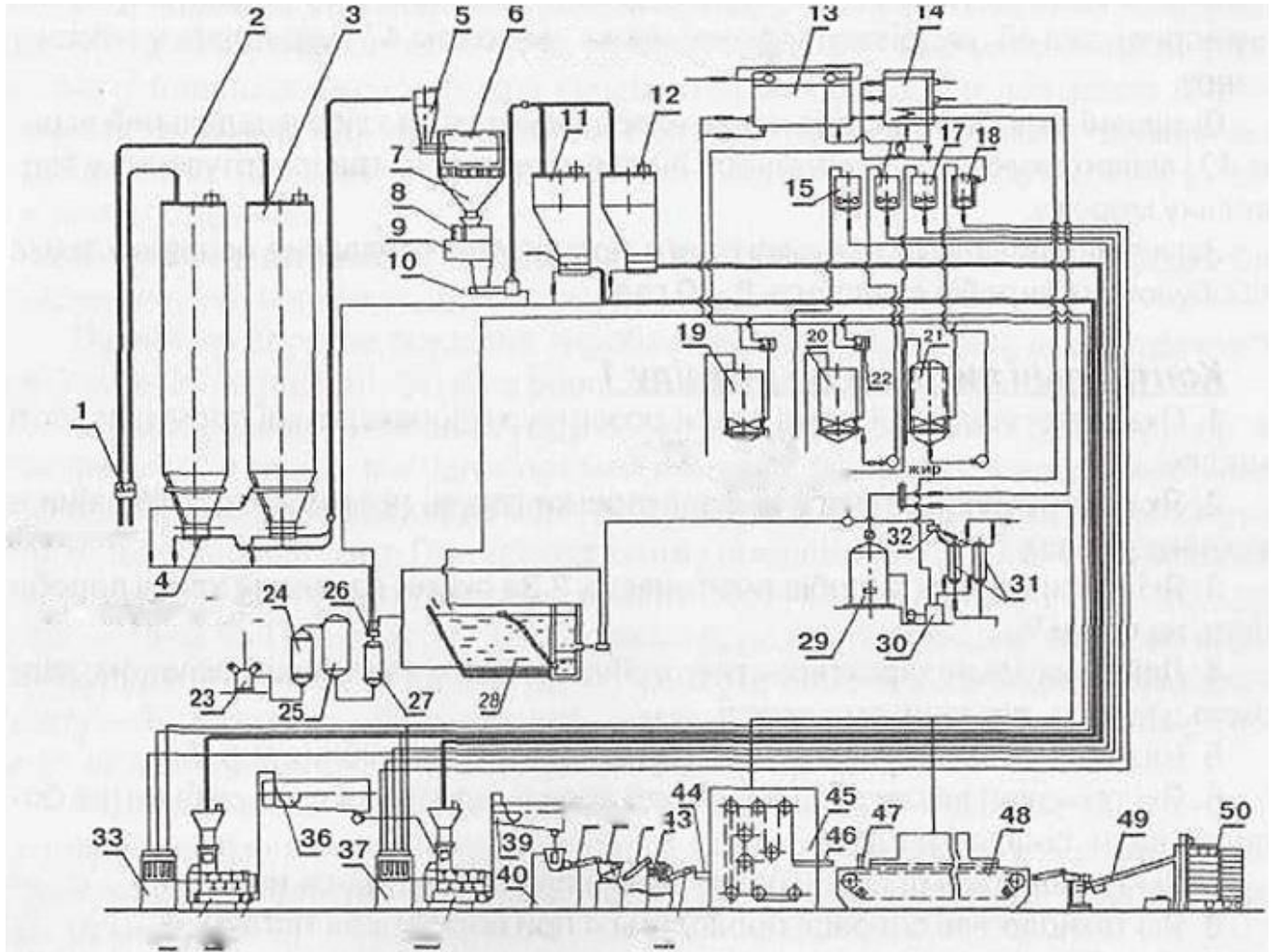


Рис. 4.1 Технологічна схема виробництва хліба на хлібозаводі

Борошно доставляється на виробництво борошновозами. З борошновоза через приймальний щиток 1 у вигляді аерозолю по трубопроводу 2 подається до силосів 3 для зберігання. Із силосів роторними живильниками 4 борошно направляється в циклон 5, з нього — на просіювач 6, після просіювання — у проміжний бункер 7, автоваги 8. Зважене борошно із бункера 9, розташованого під автовагами, шнековим живильником 10 подається у виробничі бункери 11. Фільтри 12 очищають транспортуюче повітря від борошняного пилу. Повітря для транспортування борошна

компресором 23 подається в очисні апарати 24 і 26, апарат для стабілізації тиску (ресивер) 25, а з них через розподільник 26 — на виробництво. Вода з міського водопроводу надходить до баків холодної 13 і гарячої 14 води, з яких подається до водомірних бачків 22. Вода для живлення парового котла 29 попередньо пропускається через апарати установки для хімводоочистки 30-32. Пара з парового котла підводиться до вистійної шафи і печі, а також подається до баку 14 для підігріву води. Для замішування опари у тістомісильну машину безперервної дії 34 подається борошно, дозуючою станцією 33 відміряється решта сировини зі збірних ємкостей. Із тістомісильної машини опара лопатевим насосом 35 подається в ємкість для бродіння 36. Виброджена опара надходить у машину для замішування тіста 38, туди ж дозувальною станцією 37 подається вода, сіль та інші компоненти, передбачені рецептурою. Тісто виброджує в ємкості для бродіння 39 над тістоподільником 40. Із тістоподільника у вигляді шматків певної маси тісто стрічковим транспортером 41 направляється в округлювач 42, а потім — у тістозакатну машину 43. Далі укладачем 44 тістові заготовки завантажуються в колиски вистійної шафи 45. Після вистоювання вони за допомогою пересадочного механізму 46 подаються на під конвеєрної печі 48, надрізаються циліндричним ножом 47 і надходять у пекарну камеру. Випечені вироби транспортером направляються на хлібоукладальний агрегат 49 і завантажуються у контейнери 50 для зберігання і транспортування у торгівельну мережу. Загальна тривалість технологічного процесу виготовлення основних видів хлібобулочних виробів становить 8-10 год.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз умов праці на робочому місці

На результати виконаної роботи (праці), здоров'я та працездатність працівника впливають елементи виробничого середовища, які є складовими умов праці. Будь-яке робоче місце на практиці повинно відповідати вимогам, які можуть виражатись кількісно і якісно. Основними небезпечним і шкідливими факторами на підприємствах зернопереробної галузі є рухоме обладнання, його незахищені елементи і механізми, пил, шум та вібрація.

Фактор виробничого середовища, який впливає на теплообмін працівника з цим середовищем називають мікрокліматом робочої зони. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 допустимі норми мікроклімату робочої зони становлять: температура повітря 15–20°C, ВВП – не вище 75 %, швидкість руху повітря не більше 0,4 м/с.

Ступінь освітлення робочого місця працівників визначається характером виконуваної роботи і санітарними нормами. При недостатності або відсутності природного освітлення на робочому місці встановлюють переносні світильники напругою 12–36 Вт, а також акумуляторні ліхтарі. Рівні шуму на робочих місцях слід контролювати відповідно до ГОСТу 12.1.003 і ГОСТу 17187 не рідше двох разів у рік. Контроль вібрації на робочих місцях здійснюють згідно ГОСТ 12.1–0,12, ГОСТ 13731.

5.2 Розробка заходів з охорони праці

На зернопереробних підприємствах можна застосовувати наступні заходи: для покращення повітря робочої зони використовувати аспіраційну систему вентиляції; забезпечувати контроль за проведенням ремонту електрообладнання та відповідних електровимірювань електроустановок зернопереробних машин та зернонавантажувачів; без зупинення та вимкнення двигуна не допускати випадків

очищення робочих органів і технічного обслуговування машин.

5.3 Пожежна безпека

Протипожежний режим підприємства це комплекс заходів, які повинні бути реалізовані підприємством для забезпечення нормального протипожежного стану підприємства. На кожному підприємстві також повинні бути розроблені та затверджені інструкції з пожежної безпеки, які закріплюють основні положення протипожежного режиму в кожному приміщенні чи на об'єкті підприємства.

5.4 Моделювання виробничих небезпек

Небезпечні умови (НУ) – це умови, за яких існує навіть малоймовірна можливість впливу на людину небезпечного чинника, а небезпечна дія (НД) – дія людини, що не відповідають науково обґрунтованим нормам професійної поведінки. Поєднання усіх зазначених небезпечних умов та вплив небезпечної дії сприяє виникненню надзвичайної ситуацій (НС): ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом; захват частин тіла незахищеними рухомими частинами обладнання, з послідуєчим його травмуванням (Т).

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект – корисний результат економічної діяльності, що вимірюється зазвичай різницею між доходом від діяльності та витратою на її здійснення. Економічний ефект – це узагальнюючий показник, що характеризує результат реалізації проекту та представляє сукупність економічних та соціальних благ, які отримує підприємство та суспільство від реалізації нових хлібобулочних виробів.

Нижче наведено розрахунки економічного ефекту виробництва розроблених хлібобулочних виробів порівняно з аналогічними виробами без досліджуваних рецептурних інгредієнтів. Розрахунки проведені для хлібопекарського підприємства середньої потужності під час вироблення хлібобулочних виробів 1000 кг/добу, кількість робочих діб становить 320 на рік.

Техніко-економічні показники застосування спіруліни, представлені в табл. 6.1. показали ефективність пропонованих технологічних рішень при виробленні булочки з борошна пшеничного вищого сорту з додаванням спіруліни, стосовно булочки з пшеничного борошна вищого сорту, масою 0,1 кг.

Таблиця 6.1

Техніко-економічні показники виробництва

Найменування показника	Булочка зі спіруліною	Булочка з пшеничного борошна вищого сорту
Виробнича програма, т/рік	320	320
Товарна продукція, тис. грн.	15141,84	12342,28
Повна собівартість, тис. грн.	13166,82	10732,42
Витрати на 1 грн. товарної продукції, коп.	0,87	0,87
Прибуток, тис. грн./рік	1975,02	1609,86
Рентабельність, %	15	15
Роздрібна ціна, грн.	13,34	10,88

Аналіз економічних показників виробництва показав, що роздрібна ціна булочки з пшеничного борошна вищого сорту без добавок становить 10 грн. 88 коп., а булочки зі спіруліною 13 грн. 34 коп.

Очікуваний річний прибуток виробництва булочки зі спіруліною на 365,16 тис. грн. вище, ніж при виробництві булочки з пшеничного борошна вищого сорту масою 0,1 кг, за рівня рентабельності 15 %.

ВИСНОВКИ

В результаті завершеного експериментального дослідження вирішено комплекс завдань щодо вдосконалення технології хлібобулочних виробів шляхом спрямованої корекції харчової цінності та антиоксидантних властивостей при використанні як рецептурний інгредієнт рослинного джерела харчових, біологічно активних речовин та мінерально-органічних речовин.

Підсумки виконаного дослідження представлені у таких висновках:

1. Обґрунтовано використання мікроводорості спіруліни як рецептурного інгредієнту хліба.

2. Встановлено вплив мікроводорості спіруліни (МС) як рецептурного інгредієнту хлібопекарського виробництва на властивості напівфабрикатів, що полягає у зміні реологічних та біотехнологічних характеристик, що забезпечують високі органолептичні та фізико-хімічні показники якості:

– встановлено, що внесення МС у кількості до 1 % до маси борошна сприяло підвищенню якості хлібобулочних виробів з борошна вищого сорту при різних способах приготування пшеничного тіста. При опарному способі спостерігалися найкращі показники якості виробів, приготованих з внесенням МС в тісто в кількості 0,5 % до маси борошна. Збільшення показника питомого об'єму становило 4,5–17,0%, пористості – 3,6–11,0 %, формостійкості – до 23,5 %, деформації м'якішу – від 2,0 до 7,4 % щодо контролю;

– застосування МС у кількості 0,5 % та реалізації прискореного способу тістоприготування забезпечувало збільшення показника питомого об'єму хлібобулочних виробів на 7,2 %, пористості – на 2,3 %, формостійкості на 3,1 %, загальної та пластичної деформації м'якушу на 14,2 % та 17,7 %, відповідно, порівняно з контролем (без внесення МС);

– встановлено, що внесення МС призводило до незначного збільшення вмісту сирової клейковини, пружні властивості клейковини змінювалися незначно;

– закономірності гранулометричного складу борошняних сумішей при внесенні МС понад 1% до маси борошна впливає на показники якості виробів: збільшення

водопоглинання тіста з пшеничного борошна на 1,9–6,5 % при внесенні МС до 3 % до маси борошна, час утворення тіста практично не змінюється, при цьому внесення МС у кількості 1 % до маси борошна призводило до зниження показника стійкості на 5,2 хв.; внесення МС у кількості 1 % та 3 % до маси борошна призводило до збільшення показника ступеня розрідження тіста на 28 та 46 од. приладу та зниження показника з 19 до 7 мм.

– встановлено, що внесення МС у кількості 1 % до маси борошна зменшувало показник еластичності тіста на 10 % порівняно з контролем. При цьому час утворення тіста збільшився незначно при незначному зниженні стабільності (стійкість) тіста

2. Математичний аналіз результатів досліджень структурно-механічних властивостей м'якушу хлібобулочних виробів виявив, що спосіб приготування тіста та рецептура виробу визначала характер зміни загальної, пружної та пластичної деформації м'якушу в процесі зберігання при внесенні МС. Приготування хлібобулочних виробів безопарним способом із внесенням МС у кількості 0,5 % до маси борошна збільшувало показники загальної, пружної та пластичної деформації м'якушу протягом усього досліджуваного терміну зберігання виробу. При приготуванні хлібобулочних виробів прискореним способом спостерігалось збільшення показників загальної, пластичної деформації м'якуша та незначне зменшення пружної деформації м'якуша при внесенні МС.

3. Внесення МС у хлібобулочні вироби з пшеничного борошна вищого сорту збільшувало вміст білка на 5,04 %, стосовно контрольної проби.

4. Розроблено технологічні рішення застосування водорості спіруліни при виробництві хлібобулочних виробів

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою розширення асортименту хлібобулочних виробів збагачених біологічно-активними речовинами, високими показниками якості та споживчими властивостями рекомендувати виробництву керуватись розробленими технологічними рішеннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Henrikson R. Earth food Spirulina How this remarkable blue-green algae can transform your health and our planet. California: Ronore Enterprises, 1989. 170 p.
2. Шнюкова Е.І. Матеріали наук.-практ. конф. «Перспективи спіруліни в біотехнологіях харчування і фармакології». Шнюкова Е.І., Мушак П.А., Тупик Н.Д. Вінниця: Вид-во Освіта, 1997. С. 15–16.
3. Купраш Л.П. Національний конгрес геронтологів та геріатрів України: Тези доп. Купраш Л.П., Пантелеймонова Т.М., Шарабура Л.Б. Київ, 1994. Ч. II. 369 с.
4. Wiegand C. Ecotoxicological effects of selected cyanobacterial secondary 21 metabolites a short review. Toxicol. Appl. Pharmacol. 005. ol. 203. P.201–218.
5. Figueiredo D.R. Microcystin-producing blooms – a serious global public health issue. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2004. Vol. 59. P.151–163.
10. Schopf J.W. The fossil record: tracing the roots of the cyanobacterial lineage. In The ecology of cyanobacteria. Kluwer Academic Publishers. 2000, №5. P.13–35.
11. Lopes Pinto F.A. A brief look at three decades of research on cyanobacterial hydrogen evolution. International Journal of Hydrogen Energy. 2002. Vol.27. P.1209–1215.
12. Antal T.K. Production of H₂ by sulphur-deprived cells of the unicellular cyanobacteria *Gloeocapsa alpicola* and *Synechocystis* sp. PCC 6803 during dark incubation with methane or at various extracellular Ph. Journal of Applied Microbiology. 2005. Vol. 98. P.114–120.
13. Aoyama K. Fermentative Metabolism to Produce Hydrogen Gas and Organic Compounds in a Cyanobacterium, *Spirulina platensis*. Fermentation and Bioengineering. 1997. Vol. 83. P.17–20.
14. Datta M. Cyanobacterial hydrogen production. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2000. Vol.16. P.8–9.
15. Бондаренко А.С. Дослідження технологічних параметрів лікарської рослинної сировини при створенні сиропу для лікування застудних захворювань. Вісник фармації. 2011, №3. С. 17–19.

16. Попова Т .П. Деякі загальні закономірності екстрагування діючих речовин з лікарської сировини. Залежність ефективності екстракції від технологічних властивостей та параметрів шару рослинної сировини. Фармацевтичний журнал. Фармацевтичний журнал. 1995, №4. С. 75–77.

17. Lisheng L., Baojiang G., Jihong R., Guangquan Q., Botang Wu. Inhibitive effect and mechanism of polysaccharide of *Spirulina platensis* on transplanted tumor in mice. Marina Sciences. 1991. Vol. 5. P.33–38.

18. Maughan, P. J., Bonifacio A. et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa*). Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants. 2007, Vol. 3.

19. Mazo V.K., Gmoshinskii I.V., Sokolova A.G. Zorin S.N., Danilina L.L., Litvinova A.V., Radchenko S.N. Effect of biologically active food additives containing autolysate of baker's yeast and *Spirulina* on intestinal permeability in an experiment. Problems of nutrition. 1999. Vol.68. P.17–19.

20. Michalska A., Ceglinska A., Amarowicz R., Piskula K. M., Szavara - Novak D., Zielinski H. Antioxidant contents and antioxidative properties of traditional rye breads. Agriculture and Food Chemistry. 2007, № 55, P. 734–740.

21. Miranda M.S., Cintra R.G., Barros S. B., Mancini- Filho J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. Med. Biol.Res. 1998. Vol.31. №8. P. 1075–1079.

22. Mishima T., Murata J., Toyoshima M. et al. Clin. Exp. Metastasis. 1998. Vol.16. №6. P.541–550.

23. Manoj G., Venkarataman L., Srinivas L. Antioxidant properties of *Spirulina* (*Spirulina platensis*). In: Senhadri and Bai. *Spirulina*. MCRC. 1992. P.148–154.

24. Oomah B.D., Mazza G .Flaxseed proteins – areview. Food Chemistry. 1993, 48(2): 109–114.

25. Osuna M. B., Romero C.A. , Romero A.M, Judis M.A., Bertola N.C. Proximal composition, sensorial properties and effect of ascorbic acid and alpha – tocopherol on oxidative stability of bread made with whole flours and vegetable oils. LWT – food science and technology, Vol. 98, December 2018, P. 54–61.

26. Pascaud M. The Essential polyunsaturated fatty Acid of Spirulina and our Immune Response. *Spirulina, alga of life*. ed par Frangois Doumenge. Monaco. 2013. P.49–58.
27. PENERO Estrada J.E., Bermego Bescos P., Villar del Fresno A. M. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. *2 Farmaco*. 2001. Vol.56. №5–7. P.497–500.
28. Qishen P., Baojiang G., Kolman A. Radio protective effect of extract from *Spirulina platensis* in mouse bone marrow cells studied by using the micronucleus test. *Toxicol Letters*. 1989. Vol.48. P.165–169.
29. Slavin, 88. J. L. Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk . *Journal of the American College of Nutrition*. 2000. Vol. 19. P. 300–307.
30. Smith I. K., 89. Vierheller T. L., Thorne C. A. Assay of glutathione reductase in crude tissue homogenates using 5,5' - dithiobis (2 - nitrobenzoic acid). *Anal. Biochem*. 1988, Vol. 175, P. 408–413.
31. Sontag - Strohm T., Lehtinen P., Kaukovirta - Norja A. Oat products and their current status in the celiac diet. Eds. E.K. Arendt, F. Dal Bello. *Gluten - free cereal products and beverages*. Burlington, MA.: Academic Press, 2008, P.191–202.
32. Sovrani V., Blandino M., Scarpino V., Reyneri A., Consson J.D., Travaglia F., Locatelli M., Bordiga M., Montella R., Arlorio M. Bioactive compound content, antioxidant activity, deoxynivalenol and heavy metal contamination of pearled wheat fractions. *Food Chem*. 2012. № 135 P. 39–46.
33. Steadman, K.J. Mineral, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 2001, № 81, P. 101.
34. Steadman, K.J. Mineral, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 2001, № 81, P. 1094–1100.
35. Su X., Wu F., Zhang Y. , Yang N., Chen F., Jin Z., Xu X. Effect of organic acids on bread quality improvement. *Food Chemistry*. Vol. 278, 25 April 2019, P. 267–275.
36. Suchecka D., Harasym J.P., Wilczak J., Gajewska M., Oczkowski M., Gudej S., Blaszczyk K., Kamola D., Filip R., Gromadzka-Ostrowska J. Antioxidative and anti - inflammatory effects of high beta - glucan concentration purified aqueous extract from oat

in experimental model of LPS - induced chronic enteritis. *J. Funct. Foods*. 2015; №14(4) P.244–254.

37. Tapia G., Galetovic A., Lemp E. et al. *Photochem. Photobiol.* 1999. Vol. 70. P.499–504.

38. Tucakovic L., Colson N., Singh I. Relationship between common dietary polyphenols and obesity - induced inflammation. *Food Public Health*. 2015; №5(3) P.84–91.

39. Tufan A.N., Qelik S.E., Ozyurek M., Gulu K., Apak R. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHERCUPRAC method. *Talanta*. 2013; №108(4) P.136–142.

40. Truan JS, Chen JM, Thompson LU. Comparative effects of sesame seed lignan and flaxseed lignan in reducing the growth of human breast tumors (mcf-7) at high levels of circulating estrogen in athymic mice. *Nutr Cancer*. 2012. 64(1). P. 65–71.

41. Wang Y., Frei M. Stressed food - The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2011. № 141. P. 271–286.

42. Wronkowska M., Zielińska D., Szawara-Nowak D., Troszynska A. Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat – enhanced gluten-free bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010, № 45, P. 1993–2000.

43. Wu X., Beercher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the united states. *J. Agric. Food Chem.* 2004, Vol. 52, P. 4026–4037.

44. Yoshida A., Sonoda K., Nogata Y., Nagamine T., Sato M., Oki T., Hashimoto S., Ohta H. Determination of free and bound phenolicacids, and evaluation of antioxidant activities and total polyphenoliccontents in selected pearled barley. *Food Sci. Technol. Res.* 2010; № 16(3). P. 215–224.

45. Zdunczyk Z., Flis M., Zielinski H., Wroblewska M., Antoszkiewicz Z., Juskiewicz J. In vitro antioxidant activities of barley, husked oat, naked oat, triticale, and buckwheat wastes and their influence on the growth and biomarkers of antioxidant status in rats. *J. Agric. Food Chem.* 2006, № 54(12) 4168–4175.

46. Zhu Y., Li T., Fu X., Abbasi A.M., Zheng B., Liu R.H. Phenolics content, antioxidant and antiproliferative activities of dehulled highland barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Funct. Foods*. 2015, № 19. P.439–450.

47. Zielinska D., Szawara-Nowak D., Zielinski H. Comparison of spectrophotometric and electrochemical methods for the evaluation of antioxidant capacity of buckwheat products after hydrothermal treatment. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2007, Vol. 55, P. 6124–6131.

48. Zielinski H., Ceglinska A., Michalska A. Antioxidant contents and properties as quality indices of rye cultivars. *Food Chem*. 2007; № 104(3). P. 980–988.

49. Zielinski H., Kozłowska H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J. Agric. Food Chem*. 2000, №48(6). P.2008–2016.

50. Zielinski H., Szawara - Nowak D., Baczek N., Wronkowska M. Effect of liquid - state fermentation on the antioxidant and functional properties of raw and roasted buckwheat flours. *Food Chemistry*. Volume 271, 15 January. 2019, P. 291–297.

52. Zilic S., Serpen A., Akillioglu G., Jankovic M., Gokmen V. Distributions of phenolic compounds, yellow pigments and oxidative enzymes in wheat grains and their relation to antioxidant capacity of bran and debranned flour. *J. Cereal Sci*. 2012, №56(3). P.652–658.

53. Величкевич Ю. О., Герасимчук О.П. Розроблення технології хлібобулочних виробів з використанням мікрководорості спіруліни. Збірник студентських наукових праць інженерно-технологічного факультету Уманського національного університету садівництва. Умань: 2023. С. 123–125.