МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський державний університет харчування та торгівлі
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Т. О. Лісовська, Н. В. Чорна

ТЕХНОЛОГІЯ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО

Монографія

Харків
ХДУХТ
2020

УДК 664.681.2.
ББК 36.865
Л63

Рецензенти:
д-р техн. наук, проф. І. Я. Стадник,
канд. техн. наук, доц. Л. А. Сторож

Рекомендовано до видання вченою радою ХДУХТ
протокол № 16 від 15.07.2019 р.

Л63 Технологія бісквітного напівфабрикату з використанням борошна кукурудзяного екструдованого [Електронний ресурс] : монографія / Т. О. Лісовська, Н. В. Чорна. – Електрон. дані. – Х. : ХДУХТ, 2020. – 1 електрон. Опт. Диск (CD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.
ISBN

У монографії узагальнено результати досліджень щодо теоретичного та практичного обґрунтування технології борошняних кондитерських виробів, яка ґрунтується на використанні продуктів переробки зернової сировини екструзійної обробки. Обґрунтовано раціональний вміст основних рецептурних компонентів і технологічні параметри виробництва бісквітних напівфабрикатів з використанням борошна кукурудзяного екструдованого, у т.ч. напівфабрикату «Безглютенового». Розроблено рекомендації щодо їх використання в технології борошняних кондитерських та кулінарних виробів.

Монографію рекомендовано для наукових працівників, аспірантів та студентів, що навчаються за напрямом підготовки 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії», «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів», а також для фахівців хлібопекарської галузі та закладів ресторанного господарства.

УДК 664.681.2.
ББК 36.865

© Лісовська О. В., Чорна Н. В., 2020
© Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2020

ISBN

ЗМІСТ

ВСТУП…….. 5
РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ У СКЛАДІ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО……... 7
1.1 Аналіз існуючих технологій виробництва бісквітних напівфабрикатів…….. 7
1.2 Теоретичні аспекти утворення дисперсної системи бісквітного тіста…….. 15
1.3 Перспективи підвищення технологічних властивостей зернових продуктів екструзійної обробки…… 20
1.4 Особливості технології виготовлення безглютенових борошняних кондитерських виробів…… 25
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ БІСКВІТНОГО ТІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО…….. 31
2.1 Визначення інноваційного задуму розробки бісквітних напівфабрикатів з використанням борошна кукурудзяного екструдованого……...……. 31
2.2 Дослідження функціонально-технологічних властивостей борошна кукурудзяного екструдованого…..…… 34
2.2.1 Порівняльний аналіз хімічного складу борошна пшеничного та кукурудзяного екструдованого…… 34
2.2.2 Вивчення харчової та біологічної цінності борошна кукурудзяного екструдованого……... 35
2.3 Дослідження стану вологи в бісквітному тісті з використанням борошна кукурудзяного екструдованого…… 40
2.4 Вивчення впливу борошна кукурудзяного екструдованого на технологічний процес виробництва бісквітного тіста…… 43
2.4.1 Дослідження впливу борошна кукурудзяного екструдованого на структурно-механічні показники борошняних сумішей……... 43
2.4.2 Дослідження впливу борошна кукурудзяного екструдованого на властивості крохмалю борошняних сумішей……. 50
2.5 Дослідження впливу борошна кукурудзяного екструдованого на мікроструктуру бісквітного тіста та бісквітних напівфабрикатів…… 54

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО…….. 60
3.1 Дослідження впливу борошна кукурудзяного екструдованого на характеристики бісквітного тіста…….. 60
3.1.1 Дослідження ефективної в'язкості бісквітного тіста з використанням борошна кукурудзяного екструдованого…… 60
3.1.2 Вивчення впливу борошна кукурудзяного екструдованого на властивості бісквітного напівфабрикату в процесі випікання, вистоювання та зберігання……. 64
3.2 Математичне моделювання співвідношення рецептурних компонентів бісквітного напівфабрикату безглютенового на основі борошна кукурудзяного екструдованого……... 69
3.3 Дослідження форм зв'язку вологи в бісквітному напівфабрикаті з використанням борошна кукурудзяного екструдованого…… 73
3.4 Розробка технології бісквітного напівфабрикату з використанням борошна кукурудзяного екструдованого…… 86
3.5 Розробка рекомендацій із застосування бісквітних напівфабрикатів з використанням борошна кукурудзяного екструдованого у технології борошняної кондитерської та кулінарної продукції..……. 98
ВИСНОВКИ……. 105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 107
ДОДАТКИ…… 123

ВСТУП

Одним з найважливіших завдань, що стоїть перед технологією харчування і харчовою промисловістю України загалом, є розширення спектру технологічного використання традиційної рослинної сировини, впровадження інновацій, спрямованих на удосконалення існуючих технологій для підвищення якості та конкурентоспроможності харчової продукції вітчизняного виробництва без збільшення її вартості для забезпечення населення своєї країни харчовими продуктами, в тому числі дієтичного споживання.

Сьогодні, одним з найефективніших підходів до створення високоякісних, функціональних систем в технології харчової продукції є використання ефекту синергізму. Синергізм компонентів запропонованої харчової системи, проявляється не лише простим підсумуванням, а потенціюванням ефекту. З огляду на цей момент, перспективним напрямком в розширенні асортименту продукції підвищеної харчової цінності, функціонального і спеціального призначення є розробка бісквітних виробів на основі нетрадиційних видів борошна, зокрема кукурудзяного, що має не лише унікальні дієтичні властивості, але й низку властивостей, що позитивно впливають на якісні показники бісквітних напівфабрикатів.

Асортимент виробів на основі бісквітного напівфабрикату на ринку, свідчить про попит українського споживача на бісквітну продукцію, та тенденцію до щоразу більшого споживання таких виробів імпортного виробництва. Проте, вибір бісквітного напівфабрикату вітчизняного виробника на ринку досить обмежений і не завжди відповідає потребам споживчого попиту та вимогам нутріціології.

Бісквітний напівфабрикат (БН) знайшов використання для отримання широкого асортименту борошняних кулінарних та кондитерських виробів: десерти, торти, тістечка, рулети, кейк-попси. Діапазон його використання зумовлений в першу чергу технологічними чинниками та органолептичними показниками, оскільки він добре поєднується з іншими випеченими напівфабрикатами (білково-збивним та пісочним), а також з більшістю оздоблювальних напівфабрикатів.

Бісквітне тісто є термодинамічно нестійкою піноподібною харчовою системою. Тому одним з важливих технологічних завдань є стабілізація системи під час формування виробів. Підвищення рівня конкурентоспроможності цієї продукції можливе за рахунок створення високоефективних технологій, що забезпечують високу якість виробів без підвищення їх собівартості. Застосування натуральної рослинної

сировини (продуктів переробки зернової промисловості) дозволить не лише підвищити якість, харчову цінність та розширити асортимент бісквітів на ринку України, але й дозволить створювати продукти дієтичного споживання.

Актуальним в цьому напрямку є застосування у традиційній технології БН прогресивних способів обробки сировини, зокрема застосування процесу екструзії у підготовці борошна. Тому що борошно – основна сировина, від якої залежить якість та поживна цінність готового бісквітного напівфабрикату.

Аналіз наукових і прикладних робіт в галузі створення нових борошняних виробів свідчить, що використання різних типів екструдованого борошна у виробництві продуктів харчування має великі перспективи. Наявність фундаментальних розробок в галузі одержання екструдованого борошна вказує на можливість застосування його в технології БН.

Проблемі покращення якості, інтенсифікації та стабілізації технологічних процесів отримання кондитерської продукції з пінною структурою, зокрема бісквітного напівфабрикату, звернуто увагу в роботах А.Б. Горальчука, К.Г. Іоргачової, В.М. Ковбаси, В.В. Дорохович, В.І. Дробот, Н.І. Черевичної, С.Я. Корячкіної, І.В. Матвєєвої та іншими науковцями доведено можливість використання екструдованої зернової сировини та позитивний вплив її на перебіг фізико-хімічних і технологічних процесів у борошняних виробах. Проте, наукового обґрунтування технології БН з використанням борошна кукурудзяного екструдованого не виявлено. Тому розробка технології БН, яка ґрунтується на науково-обґрунтованому використанні борошна кукурудзяного екструдованого (БКЕ) та дозволить стабілізувати пінну систему бісквітного тіста до технологічних чинників, покращити якісні показники та продовжити термін збереження свіжості БН, збагатити його нутрієнтний склад за рахунок заміни крохмалю картопляного на БКЕ та відкриває можливість створення безглютенового БН, є актуальною.

З огляду на зазначене, проведення комплексу аналітичних та експериментальних досліджень зі створення бісквітного напівфабрикату та борошняних кондитерських виробів на його основі із використанням БКЕ є актуальним, а їх упровадження дозволить оптимізувати технологічний процес, підвищити харчову цінність, зменшити виробничі втрати, собівартість продукції та відпускні ціни, що набуває особливого значення в умовах обмеженої платоспроможності населення України.

РОЗДІЛ 1
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ У СКЛАДІ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО

1.1. Аналіз існуючих технологій виробництва бісквітних напівфабрикатів

Сучасні ринкові умови ставлять перед виробниками продуктів харчування завдання впровадження конкурентоспроможних технологій за умов одночасного покращення споживчих властивостей, підвищення харчової цінності та оновлення асортименту продовольчих товарів, створення виробів спеціального дієтичного призначення, зокрема на основі бісквітного напівфабрикату.

Асортимент виробів на основі бісквітного напівфабрикату на ринку, свідчить про попит українського споживача на бісквітну продукцію, та тенденцію до щоразу більшого споживання таких виробів імпортного виробництва. Відповідно до Статистичного бюлетеня «Виробництво промислової продукції за видами в Україні» за перше півріччя 2019 року ринок кондитерських виробів продовжує нарощувати обсяг виробництва, зокрема, темпи зростання порівняно з відповідним періодом попереднього року складає 9,2% [1]. Проте, вибір бісквітного напівфабрикату вітчизняного виробника на ринку досить обмежений і не завжди відповідає потребам споживчого попиту та вимогам нутріціології.

Бісквітний напівфабрикат знайшов використання для отримання широкого асортименту борошняних кулінарних та кондитерських виробів: десерти, торти, тістечка, рулети, кейк-попси. Діапазон його використання зумовлений, в першу чергу, технологічними чинниками та органолептичними показниками, оскільки він добре поєднується з іншими випеченими напівфабрикатами (білково-збивним та пісочним), а також з більшістю оздоблювальних напівфабрикатів.

Аналіз ринку України показує, що виробництво та реалізація кулінарної і кондитерської продукції розвивається в декількох напрямках, а саме: покращення споживчих властивостей, забезпечення безпечності продукції, варіювання термінів зберігання, зниження вартості та енергоємності, розширення асортименту виробів, що вказує на потребу вдосконалення існуючих і розробки нових технологій бісквітного напівфабрикату. Проте, якість рецептурної сировини не завжди відповідає технологічним вимогам, що забезпечують необхідні

структурно-механічні властивості тіста для отримання продукції з запланованими показниками якості, що приводить до необхідності корегування рецептури і параметрів проведення технологічного процесу. Одним з перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є цілеспрямоване застосування інгредієнтів, які мають широкий спектр технологічних властивостей, що дозволяє покращити фізико-хімічні і органолептичні характеристики напівфабрикатів, надати їм нові показники якості, корегувати харчову цінність і хімічний склад, продовжити терміни зберігання.

Продовженню термінів зберігання борошняних кулінарних та кондитерських виробів присвячено ряд робіт вітчизняних та зарубіжних вчених [2–5]. Використання гідроколоїдів (камеді, арабіногалактани, пектини, модифіковані крохмалі, целюлоза та її похідні), як харчових добавок в рецептурі виробів, що дозволяють вирішувати не тільки технологічні завдання з покращення якості але й сприяють продовженню термінів зберігання. Використання у бісквітному напівфабрикаті пектину в кількості 15…30 % від загальної маси меланжу, і ферментативно-модифікованого продукту із зерна вівса дозволяє підвищити стійкість бісквітного тіста до механічної дії, скоротити технологічний процес, підвищити біологічну цінність бісквітного напівфабрикату і термін збереження його свіжості [5]. Введення на початковій стадії збивання яєчно-цукрової суміші під час виробництва бісквіта 5% інуліну продовжує термін його зберігання до 7 діб [6].

Відомий спосіб додавання овочевих пюре [7], який полягає у внесенні перед збиванням до яєчно-цукрової суміші морквяного, капустяного, чи бурякового пюре, у кількості 5…30% від загальної маси меланжу у тісті. Введення до яєчно-цукрової суміші перед збиванням пектиновмісної сировини, ускладнює збивання і понижує стійкість та об’єм яєчно-цукрової суміші, проте, дозволяє підвищити біологічну цінність бісквітного напівфабрикату і термін збереження його свіжості.

Чималий інтерес викликає застосування, як джерела пектину, мінеральних речовин (заліза, міді, кобальту, цинку, фтору), вітамінів групи В, і С, РР, флавоноїдів – порошку гарбуза. Додавання порошку гарбуза відбувається як наповнювач, який змішують з борошном в кількості 5%, 10%, 15% від загальної кількості борошна. Отриманий таким способом бісквітний напівфабрикат рекомендовано для оздоровчо-профілактичного харчування [8].

Проводилися дослідження можливості використання нетрадиційних видів борошна для створення композиційних сумішей у

виробництві бісквітних напівфабрикатів. Встановлено, що найкращі органолептичні показники мали бісквітні напівфабрикати з вмістом 25% рисового борошна, 50% – вівсяного і ячмінного, 75% – кукурудзяного і просяного борошна. Недоліком є необхідність використання борошняних композиційних сумішей в технології жировмісних бісквітних напівфабрикатів, що не дозволяє надати їм функціональної спрямованості [9].

Запропонований спосіб приготування бісквітного тіста в процесі якого в рецептуру вносять суміш пшеничного борошна, борошна від жмиху гарбуза, дині і розторопші у співвідношеннях (80…50):(30…10):(20…10), що забезпечує покращення якості і консистенції виробів, продовжує терміни збереження свіжості. Використання порошків з різних фракцій вичавок винограду сортів Каберне і Мускат білий дозволяє знизити кришкуватість бісквіта до 2,5% і продовжити терміни збереження свіжості до 10 днів. Додавання в рецептуру бісквітного напівфабрикату порошків із плодів, м'якоті зі шкірочкою і кісточок глоду – 3,5 і 3%, мушмули – до 5,7%, із ягід і кісточок ожини – до 5% від маси сухих речовин сприяє отриманню бісквітів з хорошими споживчими властивостями і продовженими термінами зберігання [10, 11].

Установлено, позитивний вплив борошна білого ячмінного солоду на показники якості пшеничного борошна вищого сорту, структурно механічні властивості тіста, харчову та споживчу цінність бісквітних виробів, а також на процеси, що протікають під час зберігання випечених напівфабрикатів. Як поліпшувач і для сповільнення черствіння борошняних виробів широко застосовують соєве дезодороване знежирене борошно, яке отримують із шроту [12].

Використання нехлібопекарських видів борошна під час виробництва бісквітних напівфабрикатів дозволяє не лише урізноманітнити смакові якості, підвищити харчову цінність, розширити асортимент борошняних виробів, але й завдяки особливостям їх хімічного складу, вмісту розчинних і нерозчинних некрохмальних полісахаридів, знизити інтенсивність черствіння цієї групи виробів, продовжити терміни збереження свіжості [13].

Відомий такий спосіб виробництва бісквітного напівфабрикату з обдирним житнім борошном, яке змішують з водою у співвідношенні 3:7, витримують за температури 20°С впродовж 1 години, після чого суміш піддають збиванню [14]. Запропонована технологія дозволяє розширити асортимент бісквітних напівфабрикатів.

Розроблено спосіб одержання масляного бісквіту, в якому як

борошняну сировину використовують борошняну композицію, що включає борошно тритікале і борошно ячмінне у співвідношенні 1:3 та добавки покращувачів – 0,3…0,4% хлорид натрію та 0,3…0,4% ацетат натрію до маси всього борошна, яке використовується [15].

Ученими Матвєєвою Т.В. і Корячкиною С.Я. [16] проведено комплексне дослідження, спрямоване на розробку науково-обґрунтованих рецептур і технології виробництва бісквітного напівфабрикату з використанням нетрадиційних джерел рослинної сировини – пшоняного та тритікалевого борошна, функціональних інгредієнтів Orafti®P95 і сиропу апельсиново-женьшеневого. Встановлено, що найкращими реологічними, органолептичними, фізико-хімічними характеристиками відрізняються зразки з заміною 80% пшеничного борошна пшоняним і 10% цукру Orafti®P95, або апельсиново-женьшеневим сиропом.

Запропоновано [17] удосконалений спосіб приготування бісквітного напівфабрикату, в якому шляхом введення амарантового борошна у співвідношенні пшеничного і амарантового борошна як 3:1, забезпечує підвищення харчової цінності готового продукту. Використання амарантового борошна під час складання борошняних композиційних сумішей для виробництва бісквітного напівфабрикату послаблює клейковину пшеничного борошна і дозволяє отримати м’якуш з добре розвиненою структурою пористості. Збільшення масової частки амарантового борошна в суміші більше 25% призводить до зниження пористості і питомого об'єму досліджуваних напівфабрикатів, що пов'язано із збільшенням масової частки ліпідів, вміст яких в насінні амаранту коливається в межах 7…10%, що і призводить до зниження стійкості пінної структури бісквітної маси цього рецептурного складу.

Під час виробництва бісквітного напівфабрикату комбінації певних поверхнево-активних речовин (ПАР) дають можливість забезпечити максимальну аерацію бісквітного тіста за коротший час та знизити витрати яєць [16]. У результаті чого на 20% скорочуються витрати меланжу і на 5% цукру, не погіршуючи якість виробів.

У цілях раціональнішого використання відходів харчових виробництв запропоновано спосіб виробництва БН [16], в якому замість білка яєць як піноутворювач використовується сік кальмара, тобто розчин білка що утворюється під час варіння кальмарів у власному соку. Таким чином, використання соку кальмара сприяє зниженню калорійності та підвищенню біологічної цінності бісквітного напівфабрикату. Проте, такий бісквіт містить додатково лимонну

кислоту, має обмежений термін зберігання та специфічні смакові якості, через що не знайшов широкого застосування.

Для зниження калорійності продуктів, повного виключення чи скорочення витрат яйцепродуктів, продовження термінів зберігання виникає необхідність пошуку альтернативної сировини, а саме рослинні і тваринні білки із традиційної і нетрадиційної сировини [18, 19].

Відомо, що зменшення кількості яйцепродуктів в рецептурі з метою раціональнішого використання сировини і зменшення енергоємності бісквітного напівфабрикату можливо за рахунок застосування в технології добавок емульгуючої чи стабілізуючої дії. У зв'язку з цим досліджено можливість одночасної заміни 15% цукру гелем інуліну чи олігофруктози, що вводиться в яєчно-цукрову суміш перед збиванням, і від 10 до 30% меланжу сухим порошком інуліну чи олігофруктози, що вводиться в суміш разом з борошном та крохмалем на стадії замісу тіста [19, 20].

З метою зменшення кількості яйцепродуктів та зниження енергетичної цінності бісквітного напівфабрикату розроблено спосіб виробництва [16], що передбачає заміну 25% яєчно-цукрової суміші молочною основою (відновлення сухого нежирного молока водою у співвідношенні 1:2). Досягається збільшення питомого об’єму готового бісквітного напівфабрикату на 12,2%, на 5,1% пористості, та на 5,3% знижується енергетична цінність.

Авторами [21] запропоновано спосіб виробництва низькокалорійного кондитерського виробу, що включає приготування безборошняного бісквіту, мусу, крему, шару з фруктів та/або ягід, та/або овочів, послідовно розташованих один на одному, який відрізняється тим, що для приготування безборошняного бісквіту використовують сухе молоко, а як підсолоджувач для приготування крему та/або бісквіту, та/або фруктового, та/або ягідного, та/або овочевого компоненту, та/або їх суміші, та/або мусу використовують натуральний замінник цукру. Технічний результат, що досягається, полягає в тому, що калорійність готового продукту в стандартній порції, яка залежно від вибраного варіанту приготування складає 80…170 г, становить від 50 до 200 ккал, за якого зберігаються смакові властивості бісквітного кондитерського виробу, за рахунок використання вказаних інгредієнтів та надає можливість вживати цей кондитерський виріб вагітним жінкам, алергікам та особам з цукровим діабетом.

Заслуговує уваги також композиція інгредієнтів для приготування бісквітного напівфабрикату, з метою зменшення вартості продукту, здійснено повну заміну меланжу на побічний продукт під час

виготовлення лізомукоїду – альбумін сухий у кількості 6,8…11,2 масових відсотків та додатково містить пастоподібний емульгатор Dimodan [22].

Розроблено технологію і рецептуру виробів функціонального призначення з бісквітного тіста з використанням альгінатів та ламінарії. Доведено, що ламінарія та альгінати одержані з неї, мають технологічні та лікувально-профілактичні властивості. Лікувально-профілактичні властивості цих інгредієнтів полягають в здатності зв'язувати та виводити з організму йони токсичних елементів (свинцю, ртуті, міді та ін.), а також радіонукліди. Крім цього, ламінарія та альгінати здійснюють противірусну, протипухлинну, імуномодулюючу дію. Разом з тим, будучи функціональним продуктом харчування, розроблений бісквітний напівфабрикат має чітко обмежену групу споживачів і не може бути рекомендовано для широкого загалу [23].

Розроблено бісквітний напівфабрикат, у якому з метою підвищення харчової цінності, покращення його органолептичних і фізико-хімічних властивостей на початковому етапі в яєчно-цукрову суміш додатково вносять інклюзійні комплекси циклодекстринів чи їх похідних з легколеткими і лабільними речовинами в кількості 0,001…5,0% від маси сировини. Застосування інклюзійних комплексів підвищує зберігання біологічно активних і інших лабільних речовин, попереджуючи їх руйнування під час виготовлення тіста та випікання. Для отримання інклюзійних комплексів використовують β- і γ-циклодекстрини і їх похідні (одно- і полізаміщені, розгалужені, міжмолекулярно зшиті та ін.), що відрізняються будовою молекул, але здатні вступати в реакцію копмлексоутворення. У цьому способі виробництва бісквітного напівфабрикату як лабільні і легколеткі речовини використовують ароматизуючі компоненти (есенції), барвники і біологічно активні речовини (вітаміни, амінокислоти), що руйнуються під дією високих температур, вологи, окисників [24].

Важливою залишається проблема збагачення раціону харчування пересічного українця мінеральними речовинами, вітаміном Е, а також поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). З метою вирішення цієї проблеми запропоновано спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч» додаванням подрібненого ядра соняшнику, який є джерелом білка, мінеральних речовин, ПНЖК, вітаміну Е та клітковини. На стадії приготування напівфабрикатів вноситься 8…15% подрібненого ядра насіння соняшника до маси загальної рецептурної сировини з повною заміною вершкового масла [25, 26].

Відомо, що насіння люпину харчового містить цінний комплекс

незамінних амінокислот, ПНЖК, вітамінів, харчових волокон, вживання люпинових продуктів знижує вміст глюкози в плазмі крові і рівень холестерину. В багатьох країнах використовуються продукти переробки люпину як функціональні інгредієнти, наприклад, в рецептурах безглютенових дієт. Запропоновано, з метою створення бісквітного напівфабрикату оздоровчо-профілактичного призначення, додавання борошна люпинового у кількості 5...7 мас. % [27].

Для приготування бісквітного напівфабрикату дієтичного призначення запропоновано спосіб заміни солодкого компоненту – сахарози на фруктозу в кількості 15,5-16,0 мас. %, що пов'язано з її високою питомою енергією й легкою засвоюваністю [28].

Авторами [29] розроблено бісквітний напівфабрикат для хворих на цукровий діабет, в якому як солодка речовина використовується мальтитол. Прототипом для цього бісквітного напівфабрикату був бісквіт з ксилітом 20,9%, але через те, що ксиліт має прохолоджувальний ефект, було відзначено як небажаний для цього виду виробів. Запропоновано заміну ксиліту на мальтитол (20…30% від загальної кількості рецептурних компонентів), дозволяє отримати бісквітний напівфабрикат з відповідними органолептичними властивостями.

Композиція для виготовлення бісквітного напівфабрикату, з додаванням порошку чорниці, отриману висушуванням ягід чорниці звичайної та їх подрібнення. Порошок чорниці містить у своєму складі білкові речовини, пектин, жирні кислоти, мінеральні речовини та антиоксиданти, що забезпечує збагачення виробів з пшеничного борошна. Ненасичені жирні кислоти, а саме лінолева та олеїнова кислоти, сприяють боротьбі організму із наслідками стресу, виведенню з організму канцерогенних речовин, регулюють холестериновий обмін та зміцнюють імунітет [30].

Національним університетом харчових технологій розроблено декілька спеціальних збагачувальних фітокомпозицій. Зокрема, фітокомпозиція «Жемчуг» містить у своєму складі молоко сухе, знежирене з додаванням фосфату кальцію. Запропоновано додавання збагачувальної фітокомпозиції у кількості 5…10% від загальної кількості компонентів, тоді структура бісквітного напівфабрикату є стійкішою, пористість розвинута [31].

Розроблено спосіб виготовлення горіхово-макового бісквітного безхолестеринового напівфабрикату, що включає збивання яєчних білків з додаванням цукру, маку та горіхів [32].

Вченими Харківського університету харчування та торгівлі

розроблено способи виробництва бісквітних напівфабрикатів підвищеної харчової та біологічної цінності та подовженого терміну зберігання, в яких біологічно активним інгредієнтом є кріаспорошок зі шкірки винограду, кріаспорошок з насіння винограду, кріаспорошок з вичавок винограду в кількості 2…6% до загальної маси борошна [33].

Розроблено спосіб виробництва бісквітного напівфабрикату, який містить біодоступний кальцій та йод. Недоліком цього способу є надлишкова кількість легкозасвоюваних вуглеводів, а також нестійкість збитого тіста до механічних дій, завдяки чому знижується якість тіста і готових виробів [34].

З метою створення способу виробництва бісквітного напівфабрикату підвищеної біологічної цінності, збагаченого йодом, розроблено технологію, де на стадії збивання яєчного меланжу з цукром разом з іншими компонентами вносять еламін та сіль, а як добавку використовують стевіозид. Перевагою цього способу є те, що отриманий продукт містить удвічі меншу кількість легкозасвоюваних вуглеводів. Також, збагачувачем йоду є еламін. Поверхнево-активні властивості цього полісахариду сприяють укріпленню структури бісквіта, покращують фізико-хімічні властивості тіста, якість готових виробів та прискорюють процес збивання яєчно-цукрової суміші [35].

Узагальнення даних дозволяє класифікувати шляхи розвитку інноваційних технологій бісквітного напівфабрикату за кількома напрямками:

– збагачення функціональними інгредієнтами;

– зменшення вмісту харчових добавок;

– зниження вартості та енергоємності;

– забезпечення сталості процесу;

– збільшення терміну збереження свіжості;

– створення напівфабрикатів для спеціального дієтичного призначення.

Проте, існує потреба в розробці технології бісквітного напівфабрикату, що забезпечуватиме формування заданих реологічних характеристик, толерантність до коливань технологічних параметрів за рахунок стійкості пінної системи бісквітного тіста, продовження терміну свіжості напівфабрикату, без використання добавок і покращувачів, які мають поверхнево-активні речовини. Для вивчення чинників, що впливають на стабільне виробництво та високу якість бісквітного напівфабрикату, розглянуто особливості технологічного процесу його виготовлення.

1.2. Теоретичні аспекти утворення дисперсної системи бісквітного тіста

Бісквітне тісто – це складна дисперсна система, що складається з бульбашок повітря, розділених плівками рідини. В цій системі дисперсним середовищем є яєчно-цукрова суміш, а дисперсною фазою – повітря. Технологічний процес передбачає диспергування яєчно-цукрової суміші, яка насичується бульбашками повітря. Результат процесу приводить до збільшення об'єму, розвитку внутрішньої поверхні системи і створення пінної системи [36].

Потребує уваги той факт, що процес піноутворення є складним через спільний вплив численних фізико-хімічних, фізико-механічних та інших чинників. Закономірності, що обумовлюють утворення піни, суттєво змінюються залежно від умов проведення конкретного технологічного експерименту.

Основними характеристиками, що всесторонньо характеризують пінну систему є – піноутворююча здатність розчину, кратність піни, стійкість піни та дисперсність піни, тобто розподіл бульбашок за розміром чи поверхнею поділу розчин-газ, в одиниці об'єму піни [36, 37].

Сьогодні накопичено значний обсяг теоретичних та прикладних аспектів одержання пін, фізико-хімічних властивостей, структури, що характеризує геометричну форму повітряних бульбашок та їх стійкість [38].

Структура пін визначається співвідношенням об'ємів рідкої та газової фази і залежно від цього співвідношення комірки піни мають сферичну форму чи форму багатогранника. Зазвичай, свіжоприготована піна яєчно-цукрової суміші має сферичну форму комірок, розділених товстими стінками рідини, тому що об'єм газової фази перевищує об'єм рідини більше ніж у 10…20 разів. У процесі старіння піни сфероподібна форма бульбашок піни переходить у багатогранну з тонкими плоскими плівками, внаслідок стікання рідини. Одночасно змінюється питома поверхня піни за рахунок дифузії газу із дрібних бульбашок в більші – внаслідок різниці капілярних тисків.

У роботі [36] відзначено, що, хоча стан піни з багатогранними комірками близький до рівноважного, тому така піна має більшу стійкість, ніж зі сфероподібними комірками. Проте, за рахунок зменшення кількості дрібних бульбашок, загальна кількість бульбашок повітря в цьому об'ємі піни зменшується, тобто відбувається коалесценція піни, що понижує її стійкість [36, 37].

У технологічному процесі виготовлення бісквітного напівфабрикату як піноутворювач найчастіше використовується яєчний меланж. Внаслідок насичення білкової маси повітрям, за допомогою збивання відбувається денатурація нативної структури білків, тобто розвертання білкових ланцюгів без руйнування їх ковалентної структури. В процесі денатурації білка притаманна йому тривимірна структура руйнується, поліпептидний ланцюг розвертається, внаслідок чого денатурований білок може приймати безліч випадкових конформацій, одночасно утворюючи зв'язки між поліпептидними ланцюгами з виникненням сіткоподібної дво- чи тривимірної системи, що, загалом, сприяє підвищенню стабільності піни [36, 37].

Стійкість дисперсної системи обумовлюється структурно-механічними властивостями адсорбційних шарів і термодинамічною стійкістю рідких прошарків. Ці адсорбційні шари сповільнюють стікання рідини в плівці, знижуючи швидкість їх потоншення. Також, ці шари надають плівці піни високу структурну в'язкість і механічну міцність, створюють каркас, що надає піні певні фізико-хімічні властивості твердого тіла.

Термодинамічний чинник стійкості піни пов'язаний з тиском, який виникає в плівці піни з наближенням між собою двох її бульбашок.

Установлено, що зміни температури від 10 до 25°С і нагріванням протягом 30 хв. до 50°С помітно не впливають на піноутворюючу здатність яєчних білків. За температури 60…65°С об'єм піни зменшується. Стійкість піни зі збільшенням температури стає нижчою. Оптимум піноутворення для яєчного білка лежить в діапазоні 20…30°С, а оптимум піностійкості – 20°С [38].

Відомо [38], що дисперсність піноутворюючої структури залежить не лише від природи піноутворювача, але й від його концентрації. Зі збільшенням концентрації піноутворювача маса здобуває вищу дисперсність, структурно-механічні властивості її змінюються в напрямку зменшення текучості і збільшення граничної кінетичної напруги зсуву.

Проведені в роботі [37] дослідження свідчать, що зі збільшенням концентрації піноутворювача – зменшується в'язкість розчину та покращується піноутворення, зменшується густина піноутворюючої маси внаслідок більшої кількості повітря, втягнутого в систему.

Як зазначено вище, технологія бісквітного напівфабрикату в промислових умовах передбачає використання яєчного меланжу як піноутворювача, одночасно він є джерелом вологи в харчовій системі. Піноутворююча здатність яєчного меланжу, також залежить від

в'язкості. Чим вища в'язкість, тим меншою кількістю повітря насичується він під час збивання, а отже тим нижча його піноутворююча здатність. Установлено, що оптимальна в'язкість меланжу, що забезпечуватиме високі показники якості бісквітного напівфабрикату, складає 2,8…3,0 Па с, а оптимальна температура його збивання – 10…20°С [37, 39].

Для утворення стійкої пінної структури необхідно послабити протидію сил поверхневого натягу системи, що досягається введенням в масу, що збивається, ПАР, які мають здатність значною мірою знижувати поверхневий натяг на межі розподілу фаз. Розроблено метод послаблення протидії силам поверхневого натягу системи використанням емульгатора «Паста для збивання» сприяє вирішенню цього завдання. Зазвичай, як емульгатор використовують харчові фосфатидні концентрати і ПАР, до яких належить «Паста для збивання». «Паста для збивання» – це складна багатокомпонентна система, яка складається з емульгаторів трьох видів, цукру, води, пропіленгліколя, сорбіновокислого калію, застосування якої, дозволяє вносити всі компоненти за рецептурою відразу без попереднього збивання яєць і цукру, скорочує тривалість збивання бісквітної маси до 10 хв., збільшує термін зберігання готової продукції. Дозування «Пасти для збивання» під час виробництва бісквітних напівфабрикатів 2...3% до маси сировини [40].

За результатами досліджень [38, 39] встановлено негативний вплив жирів жовтка на піноутворюючу здатність білка, що пояснюється утворенням на поверхні його міцел плівок жиру, що перешкоджають насиченню білка повітрям. Разом з цим жовток є стабілізатором пінної системи.

Одним з основних та найдорожчих компонентів бісквіту є яєчний меланж. Розроблено технологію бісквітного напівфабрикату з використанням мікробного полісахариду ксампану. Мікробний полісахарид має певні функціонально-технологічні властивості та в харчових продуктах застосовується, як драглеутворювач, загущувач, регулятор консистенції, стабілізатор структури дисперсних систем, плівкоутворювач [41]. Ця технологія бісквітного напівфабрикату «Сяйво» з додаванням як стабілізатора мікробного полісахариду ксампану (в кількості 0,3% до маси яєць) у вигляді 2%-го розчину в сироватці. Досягається скорочення кількості яєць (порівняно з базовою рецептурою бісквіту основного) на 30%. Присутність ксампану дозволить підвищити і стабілізувати якість бісквітного напівфабрикату, а додавання сироватки дозволить збагатити бісквіт білками і

незамінними амінокислотами, збалансувати його хімічний склад, а також інтенсифікувати технологічний процес за рахунок скорочення часу збиття яєчно-цукрової суміші.

Характерною особливістю бісквітного тіста є те, що в його склад крім піноутворюючих речовин входять і інші рецептурні компоненти, що здійснюють значний вплив на якість бісквітного напівфабрикату.

Основним компонентом, що здійснює суттєвий вплив на якість бісквітного напівфабрикату – є борошно. Порівняно з тривалістю збивання яєчно-цукрової маси, заміс з борошном триває всього декілька секунд, проте борошно має значний вплив на якість напівфабрикату. Властивості клейковини борошна та її вміст суттєво впливають на якість випеченого напівфабрикату, оскільки під час замісу відбувається гідратація клейковинних білків та триваліше замішування приводить до затягування тіста і ущільнення структури бісквітного напівфабрикату.

В технології бісквітного напівфабрикату використовується пшеничне борошно з середнім вмістом слабкої клейковини 28...34% [42, 43, 44]. В цьому випадку бісквітний напівфабрикат має дрібнопористу, тонкостінну структуру, високі структурно-механічні, смакові властивості, а також вищу пружність та пористість, у порівнянні з бісквітом, виготовленим на борошні пшеничному з сильною клейковиною.

Показники якості борошна та його клейковини коливаються в широкому діапазоні і потребують постійної корекції технологічних режимів виробництва та рецептури бісквітного напівфабрикату, в основному, з метою ослаблення клейковини хлібопекарного борошна. Найпоширенішим способом зменшення кількості та ослаблення клейковини пшеничного борошна є введення крохмалю картопляного до 25% до маси борошна в рецептурі бісквітного напівфабрикату [45].

Відомо, що під час введення цього компоненту відбувається збільшення пластичності тіста за рахунок підвищеної здатності його до набухання і нижчої ретроградації крохмального клейстеру в порівнянні з крохмалем зернових. А це приводить до покращення структурно-механічних характеристик готових виробів і підвищення їх термінів зберігання. Встановлено, що у разі заміни 30% пшеничного борошна крохмалем, покращується об’єм, структурно-механічні і смакові властивості бісквітного напівфабрикату, збільшується термін його зберігання.

Якість бісквітного напівфабрикату суттєво покращується у разі додавання високоамілопектинового крохмалю в кількості 8...15% до маси борошна [46].

Існує думка, що досить перспективними добавками до бісквітного напівфабрикату можуть бути модифіковані крохмалі (гідролізований, фосфатний, екструдований) [47, 48].

Іншим рецептурним компонентом, що здійснює значний вплив на якість бісквітного тіста і напівфабрикату – є цукор. В складній колоїдній системі бісквітного тіста, цукор виконує роль структуроутворювача та стабілізатора пінної структури зі збільшенням в'язкості системи. Стабілізуюча дія цукру зумовлена дегідратуючою дією на білок, що приводить до утворення твердої плівки, яка підвищує стійкість пінної системи яєчно-цукрової маси.

Проте, як показано в роботах деяких дослідників [23], цукор негативно впливає на піноутворюючу здатність яєчного білка. Встановлено, що зі збільшенням концентрації цукру в білково-цукровій масі тривалість збивання зростає, а об'ємна частка повітряної фази і дисперсність бульбашок повітря зменшується. Очевидно, це пояснюється руйнуванням утворених білко-повітряних міцел кристалами цукру до моменту їх повного розчинення.

Оскільки, цукор має дегідратуючу дію, то його присутність обмежує набухання білків борошна, що відображається на фізичних властивостях бісквітного тіста.

Наявність цукру в бісквітному напівфабрикаті в кількостях 31...37% від маси напівфабрикату [44] впливає на смак та високу калорійність виробів, що обмежує можливість використання бісквітного напівфабрикату у дієтичному харчуванні.

Авторами [16] проведено дослідження, щодо зниження частки цукру у технології бісквітного напівфабрикату більше 10%, при цьому спостерігається погіршення якості бісквіту. За 80%-го вмісту цукру в рецептурі питомий об'єм зменшується на 3,3%, пористість – на 2,5%, загальна пружність – на 3,4%. Бісквітний напівфабрикат має крупну тонкостінну пористість і після випікання дещо осідає.

Установлено, що зменшення вмісту цукру на 10% дозволяє отримати бісквітний напівфабрикат, що має більший питомий об'єм, пористість та загальну пружність м'якуша у порівнянні з контрольним зразком.

Таким чином аналіз особливостей отримання бісквітного тіста показує, що воно є складною пінною системою, яка здатна до руйнування впродовж короткого часу і потребує підвищення її стійкості. Це вимагає розгляду наукових принципів регулювання параметрів стабілізації реологічних властивостей бісквітного тіста.

1.3. Перспективи підвищення технологічних властивостей зернових продуктів екструзійної обробки

Здійснений патентний пошук показує, що сьогодні в Україні та країнах ближнього зарубіжжя застосування екструдатів крохмалевмісної сировини знайшло широке використання в найрізноманітніших харчових технологіях. Та розробки в цьому напрямку продовжують стрімко розвиватися. Методом екструзії переробляють крохмалевмісну сировину, вторинну сировину зернової, м'ясної, рибної, молочної промисловості. В результаті екструзійного оброблення одержується сировина чи готові до споживання продукти з новими властивостями [49-57].

Екструзійна технологія дозволяє розширити асортимент виробів у хлібопекарському виробництві. Екструдати сої, пшениці, жита, кукурудзи використовуються для поліпшення якості житнього та пшеничного хліба [58, 59].

Дробот В.І., Арсеньєвою Л.Ю. у співпраці з іншими науковцями запропоновано спосіб поліпшення якості хлібобулочних виробів додаванням в тісто 1,5% екструдованого кукурудзяного борошна і крохмалю. Встановлено, що додавання цих продуктів покращує пружно-еластичні властивості клейковини та збільшує в'язкість тіста, внаслідок чого збільшується об'ємний вихід формового хліба [59].

Сьогодні екструзійний метод широко використовують для переробки різних видів харчової сировини в екструдерах, внаслідок чого полімери та біополімери піддаються низці фізичних, хімічних перетворень. При цьому змінюється форма, структура, хімічний склад та властивості матеріалу [60,61].

Для обґрунтування застосування екструдованого кукурудзяного борошна в технології бісквітного напівфабрикату слід розглянути технологію виготовлення екструдованого кукурудзяного борошна та вплив екструзійного оброблення на фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні показники сировини.

Проведений аналіз опублікованих робіт [3, 52, 57, 58, 62, 63] свідчить про глибокі зміни властивостей зернової сировини в процесі високотемпературної екструзії, які можна поділити на три основні групи змін:

– фізичні та колоїдні (зміна розмірних характеристик сировини, теплофізичних, оптичних, сорбційних, текстурних і реологічних властивостей);

– хімічні та біохімічні (деструкція крохмалю з накопиченням

низькомолекулярних декстринів, інверсія сахарози, денатурація та деструкція білкових речовин, інактивація або активація ферментів, покращення перетравлюваності, зміна кольору);

– мікробіологічні (знищення бактеріальних спор, бактерій і грибів).

Під час екструзійного оброблення харчової сировини утворюється маса, яка набуває пластичних властивостей. Підвищення температури викликає розтяжність і перебудову деяких полімерних структурних сполук. Білки за таких умов суттєво змінюються, частково денатурують [63, 64].

Під дією тиску і напруги зсуву глобулярна форма білкових молекул змінюється так, що за довжиною вона збільшується в кілька разів більше, ніж за діаметром, а в деяких випадках глобула частково «розкручується» під час протиснення через канали матриці, в цьому випадку температура на виході маси з екструдера має бути такою, щоб відбулася фіксація енергетично невигідного стану глобули. Ферментативна атакованість білків зростає під час цього в два рази [62, 65, 66].

Отже, під дією гідротермічної обробки з білками відбуваються зміни, які називаються одним загальним терміном – денатурація [67], тобто внутрішньо молекулярне явище, яке характеризується перегрупуванням внутрішніх зв'язків. Відбувається порушення впорядкованості внутрішньої будови молекули, яке характеризується зміною фізико-хімічних властивостей білків (розчинності, в'язкості розчинів, стійкості до дії ферментів та ін.). Це явище зумовлене наявністю в молекулах білка великої кількості не міцних зв'язків [68].

В процесі екструзії змінюється якісний склад білків: кількість водорозчинних білків зменшується, тоді як соле- і лугорозчинних – збільшується [69].

Екструзійна обробка білкових матеріалів широко використовується для зміни їх структури. Текстурація включає перебудову білкових молекул в шарову масу з перехресними зв'язками, яка стоїть на перешкоді подальшого руйнування за теплової обробки. Поряд з гідрофобною взаємодією ланцюгів спостерігається утворення водневих та дисульфідних зв'язків, міжланцюгових амідних зв'язків, які виникають в результаті взаємодії за високих температур бокових аміно- і карбоксильних груп та амінокислотних залишків [70].

Тільки деяка частина білка втрачається внаслідок глибокої денатурації, яка призводить до розриву пептидних зв'язків, проте фракційний склад білкових речовин зазнає значних змін [71].

Аналіз проведених досліджень [64] з визначення змін фракційного складу білків гречаної крупи в процесі гідротермічної обробки, показує, що за незначної зміни загальної суми азотистих речовин істотно змінюється фракційний склад білка. Білки вихідної сировини мають приблизно однакову кількість глобулінів і проламінів, відповідно 8,8 і 9,1%. Альбуміни і глютеліни визначені у значнішій кількості: 36,9 і 32,8%. У процесі варіння значно зменшується вміст альбумінів – до 15,7%, глобулінів – до 3,2, проламінів – до 3,1%. Вміст лугорозчинної фракції збільшився на 7,9%. Вчені пояснюють цей факт тим, що під впливом високої температури внаслідок денатурації зменшується ступінь розчинності білків в різних розчинниках. Тому глютелінова фракція збільшилася можливо за рахунок часткового розчинення в лузі денатурованих водо- і солерозчинник білків.

Відомо, що зерно злакових містить спирторозчинні білки – проламіни. Також відомо, що проламіни в своєму складі містять незначну кількість незамінних амінокислот – лізину, триптофану, треоніну. Головним білком кукурудзи – є проламіни і в менших кількостях альбуміни, глобуліни та глютеніни. Під час екструзії кукурудзяного борошна відбувається зменшення водорозчинних білків – альбумінів на 9%, проте, – незначне збільшення глобулінів, проламінів та глютенінів [64].

Результати дослідження [64] фракційного складу білків ЕКБ та пшеничного вищого сорту показують, що екструзійне оброблення викликає незначне зниження вмісту загального білка в екструдатах, але суттєво впливає на зміни фракційного складу білкових речовин. Зменшення розчинності пояснюється не ковалентними взаємодіями між поліпептидними ланцюгами та іншими складовими, з утворенням нових амідних та дисульфідних зв'язків за рахунок реакції обміну. Вологотермічне оброблення і механічний вплив викликають часткове структурне розгортання білка. Тепловий рух пептидних ланцюгів викликає розрив водневих зв'язків між ланцюгами, одночасно із структурним розгортанням білків відбувається їх агрегація.

В процесі екструзії змін також зазнає амінокислотний склад продуктів. Сьогодні в літературі опубліковано дані про зменшення вмісту деяких амінокислот, що може бути пов'язано з впливом високих температур. Найтермолабільнішою амінокислотою є лізин. Її втрати в процесі обробки досягають 40%. Зменшення вмісту лізину в жорстких умовах обробки пояснюється утворенням відновлюючих цукрів внаслідок гідролітичного розщеплення крохмалю і реакцією Маяра. Втрати інших амінокислот досягають: аргінін – 21%, аспарагін і

гістидин – 14%, серин – 13%. Зниження вмісту амінокислот, особливо незамінних, знижує біологічну цінність продуктів екструзії. Втрати деяких амінокислот пояснюються утворенням складних комплексів між різними компонентами сировини під впливом підвищених температур.

Встановлено, що екструзійна обробка борошняної сировини збільшує її термін зберігання за рахунок часткової інактивації ферментів [64, 72, 73].

Термічна дія на компоненти сумішей не знижує їх здатності до перетравлення за будь-якого виду обробки, а для деяких сумішей вона навіть підвищується за використання методу високотемпературного екструдування. Практично у всіх роботах з вивчення харчової та біологічної цінності екструдатів відзначається підвищення їх цінності після екструзії [70, 74, 75,76, 77].

Зміни, які відбуваються під час екструзії викликані тим, що жирні кислоти можливо стимулюють зміни в крохмалі. Комплекси амілози з жирними кислотами, які утворюються в процесі екструзії, можуть негативно впливати на засвоєння продукту, однак значного впливу вони не мають.

За екструзійної обробки певних змін зазнають вітаміни. У Німеччині проведено дослідження впливу режимів екструзії на вміст вітамінів. За обробки вітамінізованої суміші на екструдері встановлено, що вітаміни B_1, B_6, B_{12} і фолієва кислота зберігається краще за вологості сировини 17...25%. Втрати вітамінів B_1, B_6, B_{12} практично такі ж, як під час випікання хліба, а втрати фолієвої кислоти – дещо вищі [78].

Зміни, що відбуваються в борошняній сировині під час екструзійного оброблення неможливо розглядати без вивчення властивостей крохмалю в процесі гідротермічного оброблення.

Розмір молекул, міцність і компактність зерен, полісахаридний склад, тип глюкозидних зв’язків обумовлюють його фізико-хімічні властивості. На відміну від інших біополімерів молекули полісахаридів, що входять до складу крохмалю, за хімічною структурою не однакові, хоча і складаються з однакових структурних одиниць. Амілоза та амілопектин значно відрізняються за молекулярною масою та частіше за все знаходяться у співвідношенні 1:3 [79].

Полісахариди в крохмальному зерні зв’язані між собою, головним чином, водневими зв’язками. Структурна упорядкованість в кристалах крохмалю досягається за рахунок водневих зв’язків, що виникають безпосередньо між гідроксилами сусідніх ланцюгів, або за участю молекули води, що відіграє значну роль в утворенні кристалів крохмалю [73]. Із збільшенням масової часки вологи крохмалю ступінь

його упорядкованості підвищується, при цьому зростає кількість водневих зв'язків [73].

Крохмальні зерна мають неоднорідну за міцністю структуру, зв'язану перш за все, з особливостями синтезу крохмалю. Наявність ОН-груп в полісахаридах крохмалю забезпечує через водневі зв'язки механо-хімічну стійкість крохмальних зерен [80].

В природному стані крохмальні зерна не розчинні у холодній воді, майже не набрякають, але сорбують до 50% води.

Процеси набрякання та клейстеризації крохмалю залежать від впливу зовнішніх умов – швидкості підвищення температури, механічної дії, присутності електролітів, а також від розміру зерен та стану крохмальних полісахаридів, які можуть змінюватися в результаті руйнування або утворення структури [81, 82]. Підвищення температури веде до розриву міжмолекулярних зв'язків в зернах крохмалю, в результаті чого збільшується гідратація полісахаридів, відбувається клейстеризація крохмалю.

Механізм клейстеризації це комплекс процесів, що включає набухання, деструкцію зерен крохмалю, їх часткове розчинення та утворення тримірної структури однофазної дисперсії. Проте, клейстеризація крохмалю в екструдері дещо відрізняється, оскільки зумовлено трьома чинниками: наявністю значного механічного впливу на матеріал, малим вмістом вологи і високою температурою оброблення [67, 68, 83, 84]. За таких умов відбувається термомеханічна деструкція зерен крохмалю та його полісахаридних молекул, в той час як набухання та розчинення у воді обмежено.

Встановлено, що майже вся волога зерна (80% від загального вмісту) – слабозв'язана. Під час екструзійного оброблення під впливом високих температур, ця вода перетворюється в пару, при цьому молекули води мають велику кінетичну енергію і можуть проникати в середину крохмалевмісної сировини і слабо зв'язуватися активними центрами біополімерів [84]. Все це викликає пластифікацію маси, внаслідок інтенсивного механічного перемішування.

Через недостатньо високий вологовміст маси у взаємодії з парою крохмаль набухає і частково клейстеризується. Цей колоїдний процес аналогічний до того, що відбувається в м'якуші хліба під час випікання, де суттєву роль відіграє крохмаль, що поглинає воду [60].

Під час оброблення крохмалевмісної сировини за високих температур починається розкладання крохмалю з виділенням газоподібних речовин, включаючи діоксин вуглецю, оксид вуглецю, а також незначні кількості летких кислот і альдегідів. Приблизно 5%

крохмалю перетворюється на газоподібні продукти.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, про те що крохмаль, який складає 65...70% маси сухих речовин крохмалевмісної сировини в результаті дії вологи, температури та механічних напружень зазнає складних перетворень, що приводить до зміни його фізико-хімічних властивостей. Амілоза та амілопектин по різному ведуть себе під впливом високотемпературної екструзії. Амілоза, маючи меншу молекулярну вагу та лінійну структуру підлягає механічному руйнуванню, що вимагає дії високих температур. Амілопектин через величину та розгалуженість молекули за низької вологості оброблення зазнає значних механічних пошкоджень, внаслідок чого зменшуються його розміри. Екструзійні крохмалі характеризуються більшою розчинністю, меншою здатністю до злипання в порівнянні з желатинізованими [77, 85].

Отже, одним з перспективних методів підвищення технологічної цінності зернових продуктів є використання спеціальних методів технологічної обробки сировини, зокрема екструзії. Високу харчову та технологічну цінність екструдованої борошняної сировини зумовлюють фізико-хімічні перетворення основних складових речовин, що відбуваються в процесі екструзійної обробки. Зокрема, підвищується стабільність жирів борошняної сировини, завдяки тому, що такі ферменти, як ліпаза, що викликають гіркуватий смак рослинних жирів, руйнуються в процесі екструзії, а лецитин та токофероли, що є природними стабілізаторами, зберігають активність. Клітковина в процесі механічної обробки у екструдері подрібнюється, а крохмаль частково декстринізується.

Крім цього, під дією температури і тиску відбувається стерилізація борошняної сировини, що підвищує її санітарний статус, а негативний вплив зведений до мінімуму.

1.4. Особливості технології виготовлення безглютенових борошняних кондитерських виробів

Останніми роками зросла кількість людей, що хворіють на целіакію. За даними Всесвітньої Гастроентерологічної Організації (World Gastroenterology Organization (WGO), поширеність целіакії у світі 1:165 людей [86,87].

Целіакія – це хронічне захворювання, що характеризується пошкодженням слизової оболонки тонкого кишківника глютеном – рослинним білком, що міститься в злакових. Білки злаків мають у

своєму складі 4 фракції: альбуміни, глобуліни, проламіни і глютеніни. Дві останні фракції носять назву «глютен». Глютен – це нерозчинний у воді комплекс білків з малим вмістом ліпідів, цукрів і мінералів.

В основі лікування та профілактики целіакії лежить елімінаційна дієтотерапія – тобто повне виключення продуктів, що містять глютен чи його сліди, із раціону харчування людини, так звана аглютенова дієта, яка призначається пожиттєво.

За останні десятиліття виріс попит на безглютенові продукти харчування. Кількість споживачів, які мають проблеми з перетравлюванням клейковини виросла приблизно на 10%. І хоча у цих людей різна міра чутливості до глютену, проте, загалом стан їх покращується у разі дотримання безглютенової дієти. Приблизно 1% населення страждає алергією на глютен [86].

Склад раціону хворого целіакією залежить від віку та важкості захворювання, але будується на основних загальних принципах: вуглеводневий компонент складають за рахунок допустимих злаків, картоплі, бобових, овочів, фруктів, ягід; білковий і жировий – за рахунок м'яса, яєць, риби, молочних продуктів, рослинного та вершкового масла [88].

Отже, в харчуванні хворих целіакією рекомендується використовувати спеціалізовані безглютенові продукти, виготовлені із гречаного, рисового, кукурудзяного борошна, картопляного, кукурудзяного чи рисового крохмалів і т.п. Вміст глютену в таких продуктах відповідно Codex Alimentarius (CODEX STAN 118-1979, ALINORM 08/31/26 para 64, appendix III не має перевищувати 20 мг/кг продукту [88, 89,90].

Аналіз літератури показав, що під час виробництва безглютенових виробів використовують суміші різних гідроколоїдів, поєднання яких забезпечує потрібні технологічні властивості тіста і якість готових виробів.

У роботі [91] розроблено принципи формування рецептурного складу безглютенових сумішей для випікання на основі кукурудзяного крохмалю, що дозволяють оптимізувати співвідношення структуроутворювачів і розпушувачів за рахунок синергізму їх дії з подальшим введенням борошна в різних співвідношеннях з метою розширення асортименту хліба, печива, макаронних виробів. Розроблені та експериментально обґрунтовані інноваційні технологічні прийоми виробництва борошняних кондитерських виробів з розробленої суміші для випікання «Рисової».

За результатами досліджень [92], встановлено, що під час

виробництва безглютенових виробів, зокрема пряничних, використовують суміші різних гідроколоїдів, поєднання яких забезпечує необхідні технологічні властивості тіста і якість готових виробів. Зокрема як системи таких гідроколоїдів досліджено картопляний крохмаль, соєвий білковий ізолят і природний полісахарид ксантанова камедь.

Класичні рецептури безглютенового хліба [93] основано на рисовому та кукурудзяному борошні в комбінації з білковими ізолятами, переважно соєвими. Як коректорів реологічних властивостей дисперсій (тісто, готовий виріб) використовують такі гідроколоїди, як ксантан, модифіковані крохмалі в кількості 1...3% від маси борошна. Головним недоліком борошняних виробів за описаними рецептурами є низька харчова цінність, зумовлена високим вмістом крохмалю, низьким вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних нутрієнтів.

На думку авторів [94] вдосконалення технології борошняних кондитерських виробів має ґрунтуватися, по-перше, на дослідженні хімічних властивостей різних видів крохмалю (зокрема визначення співвідношення амілози та амілопектину), по-друге, на розробці способів збагачення борошняних виробів незамінними макро- та мікронутрієнтами. Моделювання безглютенових продуктів має здійснюватися не лише з урахуванням комбінування мікроелементів та біологічно активних речовин, але і в технологічно оправданих поєднаннях, що сприятиме формуванню споживчих властивостей.

З метою створення бісквітного напівфабрикату спеціального призначення, зокрема для осіб, що хворіють на целіакію та осіб у яких захворювання на целіакію поєднується з цукровим діабетом, використовується безглютенове борошно (рисове, кукурудзяне та гречане) та лактитол замість цукру [35]. Проте, лактитол також має обмежене коло споживачів, оскільки має послаблюючу дію на організм людини. Науковим комітетом з харчових продуктів ЄС введено поняття «середньодобова доза», яка становить до 50 г.

Основною проблемою виготовлення безглютенових борошняних виробів є імітація структуроутворюючих властивостей глютеновмісної сировини [94]. Оскільки, бісквітний напівфабрикат є структурованою дисперсною системою – пінно-емульсійною, то для його створення важливим завданням є формування необхідних реологічних властивостей, що забезпечують текстуру, адекватну до традиційного продукту. В технологічному аспекті вирішення цього завдання зводиться до пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів, вибору умов формування стійкої

структури харчової системи, її структурно-механічних властивостей, що характеризуються в'язкістю, пружністю, пластичністю. В пшеничному борошні основним структуроутворюючим компонентом є клейковина (глютен) і крохмаль, для житнього борошна – некрохмальні полісахариди і меншою мірою – клейковина. Як правило, безглютенові борошняні суміші комбінують з чотирьох груп харчових компонентів:

– борошно з високим вмістом крохмальних і некрохмальних полісахаридів: рисове борошно, кукурудзяне борошно, вівсяне борошно і борошно з псевдозернових (амарант, гречка) і круп'яних культур (просо), борошно із сорго, лляне борошно, борошно з арахісу, люпинове борошно та ін.;

– високобілкові інгредієнти – соєві ізоляти і концентрати, ізоляти білків гороху, люпину, казеїнати, концентрати сироваткових білків;

– гідроколоїди – ксантан, гуарова камедь, різні види натуральних та модифікованих крохмалів (картопляний, кукурудзяний, рисовий, сорго та ін.), мікробні полісахариди;

– емульгатори, розпушувачі, смакові інгредієнти – меланж, лецитин, харчова сода, сіль, цукор, ароматизатори, барвники, мінеральні речовини.

Сировина вказаних груп і її комбінації в конкретних рецептурах борошняних виробів надзвичайно різноманітні і визначаються видом і заданою харчовою цінністю виробу, хімічним складом і технологічними властивостями сировини. Структура безглютенових харчових систем формується за рахунок перших трьох груп сировини. Компоненти четвертої групи, якщо входять до складу виробів, та в порівняно невеликій кількості, але здійснюють значний вплив на структурно-механічні властивості харчової системи.

Науковцями під керівництвом Дорохович В.В. розроблено технології борошняних кондитерських виробів спеціального призначення (печива, кексів, бісквітів) із застосуванням безглютенового борошна – рисового, кукурудзяного, гречаного. З метою підвищення харчової та біологічної цінності борошняних виробів для хворих на целіакію, науковцями використано добавки соєвого та горохового борошна, а також борошна солоду сої та гороху. Нерідко захворювання на цукровий діабет та целіакію поєднуються. Вченими НУХТ розроблено технології печива, кексів, бісквітів із застосуванням безглютенового борошна та цукрозамінників – лактитолу, ізомальту, фруктози [95, 171].

Створено низку безглютенових продуктів харчування вітчизняного виробництва, а саме хліб безбілковий (ГОСТ 25832-89),

хліб безглютеновий (ТУ 8-22-61-88), макаронні вироби «Кукурудзяні», «Рисові», «Гречані» (ТУ 9149-001-17629737, ТУ 9149-011-17629737), макаронні вироби «Безбілкові» (ТУ 9149-006-17629737), суміші для випікання «Кукурудзяна», «Рисова», «Гречана», «Безбілкова» (ТУ 9195-002-17629737, 9195-013-17629737), печиво «Цукрове», «Квіткова суміш», «Гармонія», «Солене» (ТУ 9131-007-17629737). Здійснено дослідження та розробку з виробництва борошняних кондитерських виробів із безглютенових сумішей, що містять борошно із зерна амаранта, сої, рисового, кукурудзяного чи гречаного борошна [96]. В Україні сертифіковані продукти для харчування хворих на целіакію виробляються фірмою «Доктор Шер» (Dr. Schaer) (Італія).

Відповідно до МР 2.3.1.2432-08 і AACC International збалансований за харчовою цінністю продукт має містити основні харчові речовини в наступних відсоткових співвідношеннях: 13% білка, 14% жиру, 60% вуглеводів і 5% харчових волокон [96].

З метою підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів розроблено рецептуру безглютенових кексів на основі рецептури кексу «Столичного» [97]. Заміна пшеничного борошна здійснювалася на лляне та рисове у співвідношенні 30:70. Такий зразок мав найоптимальніший хімічний склад, а для збагачення кексу мікронутрієнтами вводили борошно із яєчної шкаралупи. При цьому біологічна цінність борошняного виробу зросла на 2,3%.

Розширення асортименту борошняних кондитерських виробів, можливо, зокрема, за рахунок використання рисової мучки, що сприятиме забезпеченню життєво необхідними безглютеновими продуктами харчування [98].

Проведено дослідження з розробки рецептур цукрового печива на основі кукурудзяного борошна і рисової мучки у співвідношенні 60:40, що характеризувалися приємним смаком, ароматом та привабливим зовнішнім виглядом.

Крім цього, розширенню асортименту безглютенових кондитерських виробів присвячено дослідження можливості використання гречаного борошна та подрібненого насіння кіноа в рецептурі пісочного печива [99]. При цьому, пшеничне борошно замінюється на гречане та кіноа у співвідношенні 70:30, а вироби відрізняються приємним смаком та ароматом лісових горіхів.

Існує низка досліджень [100, 101], що ґрунтуються на пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів для борошняних кондитерських виробів. За основу взято рисове борошно та крохмально-білкові суміші, які не містять глютену. Доведено, що

використання різного співвідношення білка та крохмалю можуть бути використані для того, щоб відрегулювати задані характеристики цукрового печива залежно від методу його формування та вимог виробника.

З метою формування структури безглютенових хлібобулочних виробів, проведено дослідження [102] зміни функціональних властивостей безглютенового борошна за допомогою фізичної модифікації. У огляді розглянуто різні види фізичної модифікації безглютенового борошна та аналіз змін функціональних властивостей борошна під впливом обробки. Досліджено вплив розміру часточок борошна, тонкого шліфування, різних методів сухого та вологого термічного оброблення на формування структури борошняних безглютенових виробів.

Оскільки, елімінаційна дієта під час лікування целіакії має носити строгий і безкомпромісний характер і продовжуватися пожиттєво, тому існує потреба в розробці бісквітного напівфабрикату для спеціального дієтичного споживання – безглютенового, що відповідатиме можливостям, смакам і традиціям вітчизняного споживача. При цьому важливою умовою створення рецептурної композиції має бути висока харчова та біологічна цінність поряд з доступною ціною.

Незважаючи на те, що під час виготовлення бісквітних виробів пропонується велика кількість добавок, сьогодні пошук ефективних стабілізаторів бісквітного тіста залишається актуальним завданням.

Таким чином, аналітичний огляд існуючих технології дозволив визначити перспективи розвитку ринку борошняних кондитерських виробів на основі бісквітного тіста. Виробництво бісквітного напівфабрикату знаходиться у стадії розвитку та має великий потенціал для впровадження нових технологій. Аналіз теоретичних аспектів утворення та стабілізації піни бісквітного тіста свідчить, що у технологічному процесі існує необхідність пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів, вибору умов формування стійкої структури харчової системи, її реологічних властивостей. Аналіз існуючих підходів щодо розробки технології бісквітних напівфабрикатів, переваг та недоліків існуючих технологій його виробництва, дозволив встановити доцільність використання БКЕ та борошняних сумішей на його основі у технології бісквітного напівфабрикату та можливість виготовлення бісквітного напівфабрикату безглютенового, що сприятиме розширенню асортименту продукції для спеціального дієтичного споживання.

РОЗДІЛ 2
НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ БІСКВІТНОГО ТІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО

2.1. Визначення інноваційного задуму розробки бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ

Враховуючи напрями технологічного прогресу в харчовій промисловості, що визначаються, зокрема, державною політикою в галузі здорового харчування, економічними та соціальними змінами у суспільстві, новими технологічними можливостями та конкуренцією на продовольчому ринку, виникає потреба не лише в удосконаленні технологій традиційної харчової продукції, але створення продуктів нового покоління, що відповідають сучасним вимогам, збагачені важливими нутрієнтами та із подовженим терміном зберігання.

Бісквітні напівфабрикати є основою чи складовою частиною багатьох борошняних кондитерських виробів, а значний попит населення на ці вироби дозволяє вважати їх важливими продуктами харчування [151].

Бісквітний напівфабрикат (БН) – пишний, дрібнопористий, з м'якою еластичною м'якушкою кондитерський виріб, який отримують збиванням яєчного меланжу з цукром, перемішуванням збитої маси з борошном і наступним випіканням отриманого тіста.

Стримуючим чинником використання у складі солодких страв БН, є нестабільність технологічного процесу, що веде до необхідності додавання стабілізаторів піни, короткий термін збереження свіжості. В процесі зберігання БН одночасно зі змінами структурно-механічних властивостей м’якуша змінюється його смак та аромат – що є важливими споживчими характеристиками. На структурно-механічні властивості, смак та аромат БН впливає якість сировини, що входить до складу його рецептури.

Для виготовлення БН підприємства харчової промисловості традиційно використовують хлібопекарське пшеничне борошно вищого сорту, високий технологічний потенціал якого в бісквітному тісті, не використовується раціонально через те, що передбачається спрямоване зниження “сили” борошна, шляхом додавання крохмалю картопляного.

Розширення асортименту борошняної сировини за рахунок виявлення альтернативних джерел, що здатні повністю замінити

крохмаль та частково або повністю замінити пшеничне борошно з метою раціонального його використання в хлібопекарській промисловості є актуальним, що підтверджено низкою досліджень [1, 2, 3, 13, 37, 38, 39]. Можливим вирішенням цього питання є використання БКЕ, яке є джерелом модифікованого в процесі екструзії крохмалю, та містить білки, які не утворюють клейковину, і може бути застосоване у технології БН [154].

Наявність фундаментальних розробок в царині одержання і використання різних типів екструдованого борошна у виробництві продуктів харчування вказує на можливість застосування його в технології БН [3, 48-51, 52-54].

З огляду на зазначене сформульовано робочу гіпотезу дослідження –стабілізація реологічних властивостей бісквітного тіста, пов'язана з механізмом перерозподілу вологи, що забезпечується введенням борошна кукурудзяного екструдованого, для підвищення якості та розширення асортименту бісквітного напівфабрикату.

Враховуючи вищенаведену інформацію визначено інноваційний задум розробки (табл. 2.1).

Вдосконалення технології базується на таких умовах:

– здатності крохмалю БКЕ набухати та утворювати стійкий крохмальний клейстер, з метою стабілізації реологічних властивостей бісквітного тіста та підвищення його стійкості до технологічних чинників;

– здатності крохмального клейстеру БКЕ, уповільнювати процес ретроградації, що сприятиме продовженню термінів збереження свіжості бісквітного напівфабрикату;

– можливості повного виключення крохмалю та часткової заміни БП на БКЕ для підвищення харчової цінності та урізноманітнення смакових властивостей бісквітного напівфабрикату;

– можливості створення бісквітного напівфабрикату безглютенового.

Для обґрунтування технологічних параметрів стабілізації бісквітного тіста з використанням БКЕ необхідно провести такий комплекс експериментальних досліджень:

– провести порівняльний аналіз БКЕ та пшеничного борошна в/с за хімічним і амінокислотним складом, біологічною цінністю, на відповідність формулі збалансованого харчування;

– для вивчення механізму стабілізації піни, дослідити залежність додавання БКЕ на співвідношення стану вільної і зв'язаної вологи в бісквітному тісті;

Таблиця 2.1 – **Інноваційний задум розробки**

Показник	Характеристика
Назва	Бісквітний напівфабрикат з використанням борошна кукурудзяного екструдованого (БН з використанням БКЕ)
Концепція продукту	БН з використанням БКЕ, в основі технології є стабілізація реологічних властивостей бісквітного тіста, що ґрунтується на властивостях крохмалю БКЕ, добре розвинута дрібнопориста структура бісквітного напівфабрикату, за рахунок заміни крохмалю на БКЕ збалансований за хімічним складом та харчовою цінністю, бісквітний напівфабрикат – безглютеновий спеціального дієтичного споживання, БН з використанням БКЕ технологічні властивості якого дозволяють використовувати його, як основу для солодких кулінарних та кондитерських виробів
Основні органолептичні показники	Бісквітний напівфабрикат рівномірної дрібнопористої структури без слідів непромісу, форма правильна, поверхня однорідна без пошкоджень і розривів, з чітко вираженим смаком та запахом кукурудзяних екструдатів
Конкурентні переваги	Продукт для широкого кола споживачів, може бути рекомендований до використання в дієтичному споживанні для виготовлення кулінарної та кондитерської продукції
Асортимент	Формування асортименту досягається використанням БКЕ в борошняних сумішах з пшеничним борошном вищого сорту, бісквітний напівфабрикат з використанням виключно БКЕ
Умови та терміни зберігання	Термін збереження свіжості складає не менше 1-го місяця від дати виготовлення за температури не вище 20°С за відносної вологості повітря 70±5%

– вивчити вплив вмісту БКЕ на в’язкість бісквітного тіста, що обумовлюється здатністю БКЕ набухати та утворювати стійкий крохмальний клейстер;

– визначити раціональні параметри технології і розробити рекомендації з використання БКЕ в технології БН.

2.2. Дослідження функціонально-технологічних властивостей БКЕ

2.2.1. Порівняльний аналіз хімічного складу борошна пшеничного та кукурудзяного екструдованого.

БКЕ оцінювали за органолептичними і фізико-хімічними показниками. Органолептичні показники наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – **Органолептичні показники пшеничного та екструдованого кукурудзяного борошна**

Показник	Борошно пшеничне (БП) вищого сорту	Борошно кукурудзяне екструдоване (БКЕ)
Колір	Білий або білий з кремовим відтінком	Яскраво жовтий з кремовим та приглушеним жовтим відтінками
Запах	Притаманний БП, без сторонніх запахів, не заплісняві лий, не затхлий	Притаманний БКЕ, виражений запах кукурудзяних паличок, без сторонніх запахів, не заплісняві лий, не затхлий
Смак	Притаманний БП, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий	Притаманний кукурудзяним паличкам, без присмаку крохмалю, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Вміст мінеральних домішок	Не припускається	

Як видно з даних в табл. 2.2 органолептичні показники БКЕ відповідають вимогам до борошна, яке використовується у виробництві борошняних кондитерських і кулінарних виробів.

Середні показники хімічного складу пшеничного борошна вищого сорту та БКЕ наведено в табл. 2.3. Аналіз даних свідчить, що за вмістом вологи досліджуване борошно значно відрізняється від борошна пшеничного вищого сорту. Вміст вологи в БКЕ в середньому на 4...5% менший за вміст вологи в пшеничному борошні вищого сорту, а вміст крохмалю в БКЕ більший на 3%. Вміст білка менший на 5% у порівнянні з БП. Характерною особливістю БКЕ є підвищений в порівнянні з пшеничним борошном вміст золи та клітковини [64]. Так, БКЕ містить золи на 4,3% більше ніж пшеничне, а кількість клітковини

у БКЕ становить – 1%, що у 10 разів більша ніж у пшеничному.

Порівняння фракційного складу білка кукурудзи його екструдату і пшениці наведено у табл. 2.4.

В процесі екструзії вміст загального білка в БКЕ зменшується на 0,7% і відбувається перерозподіл за фракціями білкових речовин: зменшується вміст водорозчинних альбумінів, але збільшується вміст глобулінів, проламінів та спирторозчинних глютенінів. Незважаючи на наявність в БКЕ клейковинних фракцій білка – проламінової та глютенінової, вони не утворюють клейковину подібно до білків пшениці, а мають свої фізичні, хімічні властивості і біологічну цінність. Цей факт спонукав не лише дослідити амінокислотний склад білків БКЕ, але й розглянути можливість створення бісквітного напівфабрикату безглютенового.

2.2.2 Вивчення харчової та біологічної цінності БКЕ. Збалансованість амінокислотного складу, його первинна структура, зокрема вміст і кількісне співвідношення незамінних амінокислот, є одним з найважливіших показників харчової цінності борошна.

Розглядаючи вміст амінокислот в борошні та порівняння з фізіологічними нормами харчування, встановлено, що у більшості білків хлібних злаків співвідношення амінокислот відрізняється від оптимального. Найчастіше існує дефіцит лізину, метіоніну та триптофану [60]. Завдяки екструзійній обробці в БКЕ збільшується доступність амінокислот для засвоювання, внаслідок руйнування в молекулах білка вторинних зав'язків. Через короткочасність теплової обробки, амінокислоти при цьому не зазнають значного руйнування [68, 155, 159].

З метою визначення вмісту і співвідношення амінокислот в БКЕ проведено дослідження амінокислотного складу його білків (табл. 2.5) на амінокислотному аналізаторі. Як видно з даних в табл. 2.5 білки БКЕ містять практично всі незамінні та замінні амінокислоти, тобто є повноцінними. Амінокислотний склад досліджуваних зразків складається з 16 основних амінокислот, в тому числі 7 незамінних, крім триптофану. Порівняння амінокислотного складу пшеничного борошна вищого сорту та БКЕ показує, що останнє переважає за вмістом наступних амінокислот: лейцин, аланін, аспарагінова кислота, тирозин на 3,5±0,3%; 5,1±0,2%; 4,6±0,4%; 2,0±0,5% відповідно. Біологічну цінність борошна пшеничного та БКЕ за амінокислотним скором порівняно з амінокислотним скором еталонних білків наведено в табл. 2.6 [109, 156-159].

Таблиця 2.3 – **Хімічний склад борошна пшеничного та кукурудзяного екструдованого**

Продукт	Вміст, %					
	вологи	білків	жирів	крохмалю	золи	клітковини
Борошно кукурудзяне екструдоване	9,0±0,01	6,1±0,02	8,1±0,02	70,9±0,03	4,8±0,03	1±0,02
Пшеничне борошно вищого сорту*	14,5±0,03	11,4±0,05	1,08 ±0,04	67,7±0,05	0,5±0,03	0,1±0,01

**довідникові дані.*

Таблиця 2.4 – **Фракційний склад білка зерна кукурудзи його екструдату та пшениці**

Зразок	Загальний вміст білка, %	Вміст, % від загального білка				
		альбуміни	глобуліни	проламіни	глютеліни	нерозчинний осад
Кукурудза	6,9	18,9	11,5	33,9	23,1	12,6
Екструдат кукурудзи	6,1	11,0	12,7	35,9	23,3	17,9
Пшениця	11,3	16,5	6,8	28,0	32,4	6,1

Таблиця 2.5 – **Амінокислотний склад пшеничного борошна та кукурудзяного екструдованого [158]**

Амінокислота	Зразки			
	Борошно пшеничне		Борошно кукурудзяне екструдоване	
	Кількість амінокислот, мг%	Вміст амінокислот, %	Кількість амінокислот, мг%	Вміст амінокислот, %
1	2	3	4	5
Незамінні	3021	32,6	2087	30,0
Валін	471	5,0	207	3,0
Ізолейцин	430	4,6	159	2,3
Лейцин	806	8,6	845	12,1
Лізин	250	2,7	148	2,1
Метіонін	153	1,6	133	1,9
Треонін	311	3,3	272	4,0
Триптофан	100	1,1	-	-
Фенілаланін	500	5,4	323	4,6
Замінні	6270	67,4	4883	70,0
Аланін	330	3,6	612	8,7
Аргінін	400	4,3	253	3,6
Аспарагінова. кислота	340	3,7	579	8,3
Гістидин	200	2,2	157	2,3
Глутамінова кислота	3080	33,15	1710	24,5
Пролін	970	10,4	708	10,2

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5
Серин	500	5,4	453	6,5
Тирозин	250	2,7	308	4,4
Цистин	200	2,2	103	1,5
Загальна кількість	9291	100,00	6970	100,00
Білок %	11,4		6,1	

Таблиця 2.6 – **Біологічна цінність БП в/с та БКЕ за амінокислотним скором**

Амінокислота	**Шкала ФАО/ВООЗ**		**Борошно пшеничне в/с**		**Борошно кукурудзяне екструдоване**	
	мг/на 1 т білка	**амінокислотний скор**	**мг/на 1 т білка**	**амінокислотний скор**	**мг/на 1 т білка**	**амінокислотний скор**
Валін	50	1,0	47	0,95	20	0,40
Ізолейцин+лейцин	110	1,0	134	0,122	100	0,90
Лізин	55	1,0	27	0,49	14	0,25
Метіонін	25	1,0	10	0,43	13	0,52
Треонін	40	1,0	31	0,77	27	0,67
Триптофан	10	1,0	10	1,0	-	-
Фенілаланін+тирозин	60	1,0	89	1,48	63	1,05

Порівняльний аналіз амінокислотного складу досліджуваних зразків борошна показує, що БКЕ перевищує пшеничне за вмістом метіоніну на 9%, а вміст фенілаланіну разом з тирозином та ізолейцину з лейцином близький до стандарту [152].

Наскільки хімічний склад продукту відповідає формулі збалансованого харчування, настільки вища його харчова цінність. Дані про відповідність хімічного складу БКЕ формулі збалансованого харчування подано в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – **Відповідність хімічного складу БКЕ формулі збалансованого харчування**

Показники	**Добова потреба**	**Ступінь задоволення формули збалансованого харчування**			
		Вміст в 100 г		**% задоволення**	
		БКЕ	**БП**	**БКЕ**	**БП**
Білки, г	85	6,1	10,3	7,2	12,11
Жири, г	102	8,1	1,0	7,9	0,98
Крохмаль, г	400	70,9	67,7	17,7	16,9
Клітковина, г	20,0	1,0	0,1	5	0,5
Мінеральні речовини, мг					
калій	2500	141	122	5,6	4,9
кальцій	800	20	18,0	2,5	2,2
фосфор	1200	92	86,0	7,6	7,2
магній	400	38	15,9	9,5	4,0
залізо	14	2,7	1,2	19,2	8,5
мідь	2,0	2,1	0,4	105	20,0
цинк	10,0	5,0	0,7	50	7,0
марганець	5,0	4,0	0,57	80	11,4
Вітаміни, мг					
B_1	1,7	0,38	0,17	22,3	10,0
B_2	2,0	0,07	0,04	3,5	2,0
B_6	2.0	0,25	0,17	12,5	8,5
PP	19,0	1,1	1,20	5,7	6,3
E	10,0	2,7	2,6	27	26,0

Отримані результати харчової цінності БКЕ і відповідності її формулі збалансованого харчування дозволяють зробити висновок, що ступінь задоволення формули збалансованого харчування за вмістом клітковини, заліза, міді, цинку, марганцю, вітамінів B_1, B_2 і B_6 вища у

дослідного зразка БКЕ в порівнянні з борошном пшеничним вищого сорту [153].

Таким чином, комплексне дослідження, показало, що БКЕ є повноцінним продуктом за харчовою та біологічною цінністю і не поступається пшеничному борошну вищого сорту, містить білки – проламінової та глютенінової фракції, які вони не утворюють клейковину подібно до білків пшениці, але мають біологічну цінність вищим вмістом незамінних амінокислот таких як лейцин, треонін. Це дозволяє рекомендувати його для використання у виробництві бісквітного напівфабрикату, зокрема розглянути можливість створення БН безглютенового [150].

Відповідність хімічного складу БКЕ формулі збалансованого харчування, підтверджує доцільність заміни пшеничного борошна вищого сорту та крохмалю на БКЕ технології БН, для підвищення харчової цінності та урізноманітнення смакових властивостей БН.

2.3. Дослідження стану вологи в бісквітному тісті з використанням БКЕ

Відповідно до сформульованого інноваційного задуму передбачається отримання бісквітного напівфабрикату з частковою або повною заміною пшеничного борошна вищого сорту на БКЕ, що визначається його технологічними показниками та здатністю до зв'язування вологи полісахаридами БКЕ, які в пінній системі бісквітного тіста сприяють стабілізації піни [160, 161].

Структура БН та його властивості в процесі зберігання залежать, зокрема від здатності БКЕ та БП зв'язувати та утримувати вологу, тому доцільно дослідити вплив додавання БКЕ на вологоутримувальну здатність борошняних сумішей (ВУЗ).

У табл. 2.8 наведено результати дослідження ВУЗ борошняних сумішей пшеничного борошна вищого сорту та БКЕ у різних співвідношеннях – БП:БКЕ – 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 50:50, 0:100 мас%.

З даних табл. 2.8 видно, що зі збільшенням частки БКЕ в суміші ВУЗ зростає для зразка з вмістом БКЕ:БП – 20:80 мас.% у два з половиною рази, та у три рази для зразка БКЕ – 100 мас.%. Така тенденція зміни пояснюється, зокрема набуханням цілих зерен крохмалю внаслідок поглинання та утримування вологи. Крохмаль БКЕ складається з частини цілих його гранул, пошкоджених гранул, клейстеризованого крохмалю, полімерів крохмалю.

Таблиця 2.8 – **Дослідження ВУЗ борошняних сумішей БП та БКЕ у різних співвідношеннях**

Зразки	Показник ВУЗ (при 20±2°С), %
Контроль – 100 мас.% БП	29±1,5
БКЕ:БП – 5:95 мас.%	38±1,0
БКЕ:БП – 10:90 мас.%	49±2,5
БКЕ:БП – 15:85 мас.%	58±3,0
БКЕ:БП – 20:80 мас.%	70±2,0
БКЕ:БП – 50:50 мас.%	81±1,5
БКЕ – 100 мас.%	93±4,0

Всі ці складові по-різному впливають на ВУЗ системи борошняних сумішей. Набухлі крохмальні зерна мають в середині пустоти, куди проникає вода, розриває та послаблює деякі водневі зв'язки між ланцюгами, що зумовлює розширення крохмальних зерен, при цьому вільні полімери крохмалю розчиняються, утворюючи дисперсну систему [85].

З метою визначення впливу БКЕ на інтенсивність зв'язування вологи в системі бісквітного тіста нами проведено дослідження стану вологи методом ядерно-магнітного резонансу (ЯМР).

На рис. 2.1 наведено результати вимірювання амплітуд сигналу спінового еха А для зразків бісквітного тіста з використанням БКЕ за різних інтервалів τ. Із врахуванням маси зразків тіста, на рисунку приведено відносне значення амплітуди спінового еха. Такий опис експериментальних даних дозволить якісно провести порівняльний аналіз. Оскільки зміна інтенсивності сигналів спін-спінової релаксації досліджуваних зразків є показником ступеня структурування води в системах, аналізуючи яку, можна визначити для кожної системи величину швидкості структурування води впродовж усього досліджуваного періоду.

З рисунку 2.1. чітко видно, що відносна амплітуда спінового еха всіх зразків тіста швидко спадає в результаті зміни інтервалу τ, що свідчить про інтенсивне зв'язування вологи інгредієнтами тіста. Проте, зразки з вмістом БКЕ виділяються нижчими значеннями відносної амплітуди сигналу спінового еха, що свідчить про підсилення ефекту зв'язування вологи в системі бісквітного тіста за наявності БКЕ. Очевидно, інтенсивніше зв'язування вологи в системі бісквітного тіста відбувається завдяки властивостям крохмалю БКЕ які він набуває в процесі екструзійного оброблення.

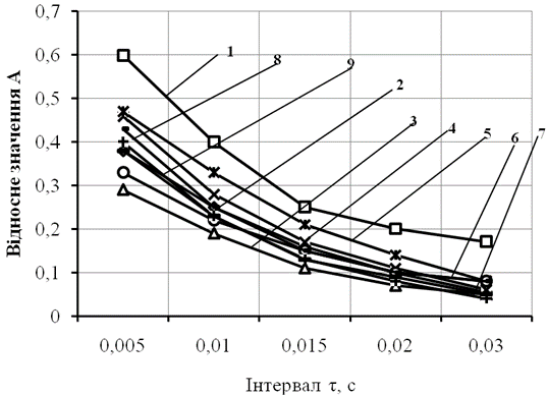


Рисунок 2.1 – Залежність амплітуди сигналу спінового еха від інтервалу τ між імпульсами для зразків бісквітного тіста з використанням БКЕ:

1 – 0% (контроль); 2 – 5 мас.% БКЕ; 3 – 10 мас.% БКЕ; 4 – 15 мас.% БКЕ; 5 – 20 мас.% БКЕ; 6 – 25 мас.% БКЕ; 7 – 50 мас.% БКЕ; 8 – 75 мас.% БКЕ; 9 – 100 мас.% БКЕ

Враховуючи це, на приладі спектрометр-ЯМР імпульсної дії визначено молекулярно-кінетичні характеристики води під час визначення часу спін-спінової релаксації T_2, які дозволять отримати інформацію про енергетичні особливості поведінки протонів води у бісквітному тісті: ступінь впорядкованості та сили зв'язку молекул води між собою. Результати впливу концентрації БКЕ на величину часу спін-спінової релаксації (T_2) наведено у табл. 2.9.

Встановлено, що у зразках бісквітного тіста з використанням БКЕ спостерігається загальна тенденція зменшення часу спін-спінової релаксації зі збільшенням вмісту БКЕ. Така тенденція свідчить про зменшення рухливості молекул води завдяки підвищенню концентрації вологозв'язувальних та вологоутримуючих складових БКЕ, в першу чергу це модифікований в процесі екструзійного оброблення крохмаль БКЕ, який в системі бісквітного тіста набухає та утворює стійкий крохмальний клейстер. Зміна інтенсивності сигналів спін-спінової релаксації досліджуваних зразків є показником ступеня структурування води в системі бісквітного тіста. Це дозволяє зробити висновок, що збільшення кількості БКЕ в системі бісквітного тіста сприяє зв'язуванню вологи і в свою чергу свідчить про тенденцію до утримування вологи у готовому продукті.

Таблиця 2.9 – **Результати вимірювання**

Зразок	Час спін-спінової релаксації, T_2
Контроль – 100 мас.% БП	0,029
БКЕ:БП – 5:95 мас.%	0,025
БКЕ:БП – 10:90 мас.%	0,024
БКЕ:БП – 15:85 мас.%	0,023
БКЕ:БП – 20:80 мас.%	0,022
БКЕ:БП – 25:75 мас.%	0,020
БКЕ:БП – 50:50 мас.%	0,019
БКЕ:БП – 75:25 мас.%	0,019
БКЕ – 100 мас.%	0,018

Таким чином, дослідження вологоутримуючих властивостей бісквітного тіста використанням БКЕ методом спін-спінового еха ЯМР показали, що використання БКЕ сприятиме стабілізації пінної системи бісквітного тіста, а саме: підвищенню його стійкості до механічної дії, тобто стабілізації технологічного процесу на етапі замісу тіста, під час розливання у форми та підвищення якості готового бісквітного напівфабрикату [162]. Крім цього, результати дослідження показника ступеня структурування води в системі бісквітного тіста з використанням БКЕ показують можливість розробки бісквітного напівфабрикату безглютенового на основі БКЕ.

Загалом, проведені дослідження показують доцільність застосування БКЕ в технології бісквітного напівфабрикату, проте, потребує вивчення механізм впливу БКЕ на складові бісквітного тіста, зокрема на процес утворення бісквітного тіста.

2.4. Вивчення впливу БКЕ на технологічний процес виробництва бісквітного тіста

2.4.1. Дослідження впливу борошна кукурудзяного екструдованого на реологічні показники борошняних сумішей.

Білки зерна відіграють важливу роль у формуванні тіста завдяки своїм високим гідрофільним, пружно-еластичним та поверхнево активним властивостям. Для приготування бісквітного напівфабрикату рекомендовано використовувати пшеничне борошно зі слабкою чи середньою за якістю клейковиною [163], в протилежному випадку м'якуш буде щільним зі слаборозвиненою пористістю. Тому потребує вивчення якість сирих клейковинних білків борошняних сумішей БП та

БКЕ, оскільки вони впливають на об'ємний вихід і форму готових виробів, структуру їх пористості.

Для експерименту використовувалося борошно пшеничне (БП) вищого сорту (контроль), борошно кукурудзяне екструдоване (БКЕ), і суміші цих видів борошна у різних співвідношеннях – БП:БКЕ – 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 50:50, 0:100 мас%.

Зразки БП:БКЕ – 50:50 мас%, 0:100 мас% під час відмивання не утворювали однорідну масу клейковини, властивості якої не можна дослідити за допомогою приладу ВДК-5.

Вплив БКЕ на деформацію клейковини борошняних сумішей вивчали за допомогою приладу ВДК-5. Результати показано на рис. 2.2.

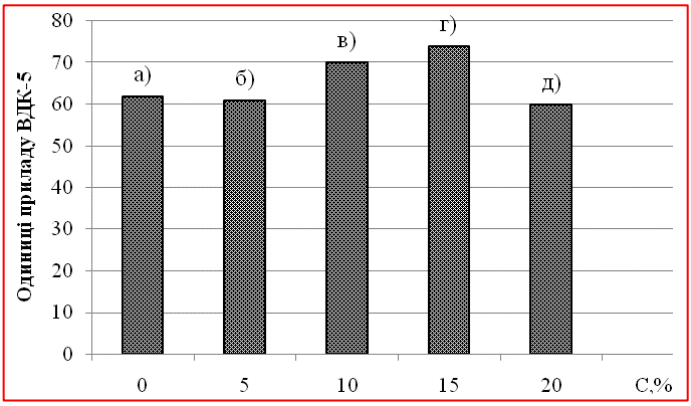


Рисунок 2.2 – Деформація на ВДК клейковини борошняних сумішей від вмісту (С, мас.%) БКЕ:

а) БП:БКЕ – 100:0 мас.%; б) БП:БКЕ – 95:5 мас.%; в) БП:БКЕ – 90:10 мас.%; г) БП:БКЕ – 85:15 мас.%; д) БП:БКЕ – 80:20 мас.%

З рис. 2.2 видно, що з додаванням БКЕ до 15 мас.% показник стиснення відмитої клейковини підвищується практично на 23,3% у порівнянні з контрольним зразком. Ефект покращення структурно-реологічних властивостей клейковини за додавання БКЕ до 15 мас.% відбувається очевидно завдяки властивостям, які набуває крохмаль БКЕ під час екструзійного оброблення. В процесі відмивання клейковини крохмаль БКЕ швидко набухає навіть у холодній воді та утворює крохмальний клейстер, який сприяє підсиленню структурно-механічних властивостей клейковини, що показано на рис. 2.2.

Слід зазначити, що за подальшого збільшення вмісту БКЕ структурно-реологічні властивості клейковини борошняних сумішей зазнають незначних змін в порівнянні з контролем, зокрема для суміші з вмістом БКЕ 20 мас.% показник стиснення залишається практично на рівні контрольного зразка [164].

Подальше збільшення концентрації БКЕ у досліджуваних зразках призводить до зменшення кількості клейковини та погіршення її якості, що дає можливість рекомендувати такі борошняні суміші в технології бісквітних напівфабрикатів, в яких потрібно використання борошна з низьким вмістом слабкої клейковини.

Окрім реологічних властивостей клейковини важливе значення мають характеристики тіста на основі борошняних сумішей, визначені за допомогою фаринографа Брабендера.

Отримані результати подано у вигляді кривих (рис. 2.3), що реєструють в динаміці цілу низку показників – час утворення тіста, його стійкість, ступінь розрідження, консистенцію та еластичність і відображають технологічні властивості борошняної сировини, а отже, дають можливість зробити висновки про подальше використання борошняних сумішей [165].

Зразки з умістом БКЕ більшим ніж 20 мас.% не можливо дослідити на фаринографі Брабендера, що зумовлено структурно-механічними характеристиками тіста, яке утворювалось. Лінії діаграм знаходяться поза межами діапазону вивчення приладу і не мали для аналізу відповідної форми.

Аналіз отриманих даних показує, що додавання БКЕ змінює цілу низку показників тіста. З додаванням БКЕ спостерігається тенденція до розрідження (Р) (рис. 2.3) тіста до 190 од. пр., коли у контрольному зразку цей показник рівний 40 од. пр., що може бути наслідком розчинення набухлих зерен крохмалю, а також розчиненням декстринів утворених під час екструзійного оброблення борошна. Для бісквітного тіста велике значення має час замішування тіста (Т). Ширина кривої фаринографа (G) свідчить про те, що еластичність і властивості контрольного пшеничного борошна вищого сорту є високі. В міру додавання БКЕ властивості клейковини і еластичність погіршуються – це вказує на доцільність використання БКЕ в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. Позитивним моментом є те, що відмічено падіння кривих (С), яке значно чіткіше виражено вже за додавання 5 мас.% БКЕ, проте, в технології бісквітного напівфабрикату спеціально застосовується борошно слабке за силою.

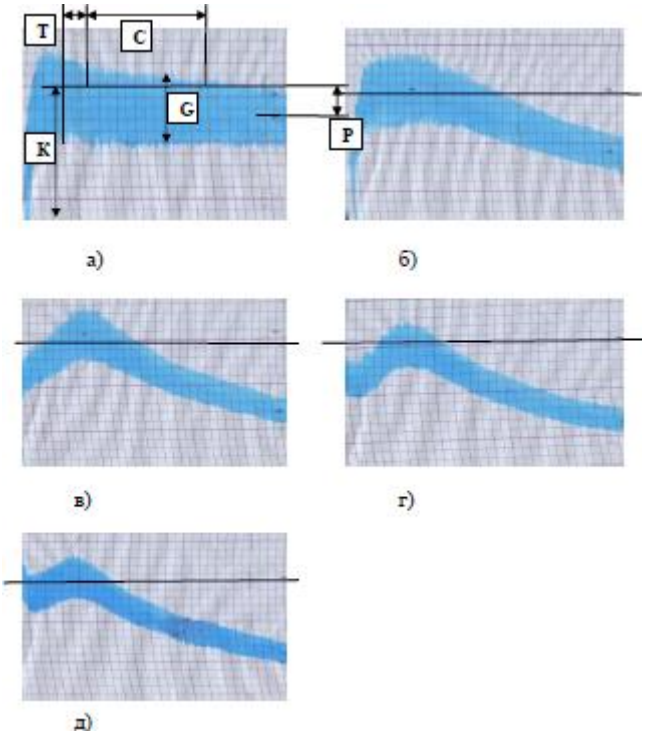


Рисунок 2.3 – Фаринограми зразків тіста на основі БКЕ та БП у співвідношенні борошняних сумішей:
а) БП:БКЕ – 100:0 мас.%; б) БП:БКЕ –95:5 мас.%; в) БП:БКЕ– 90:10 мас.%; г) БП:БКЕ – 85:15 мас.%; д) БП:БКЕ – 80:20 мас.%

Разом з тим показник водопоглинальної здатності тіста (табл. 2.10) у зразка з вмістом БКЕ 20 мас.% збільшується на 3%, що пов'язано з підвищеною водопоглинальною здатністю крохмалю та білків БКЕ, у порівнянні з крохмалем та білками пшеничного борошна. Підвищення водопоглинальної здатності борошняної суспензії з використанням БКЕ пояснюється, зокрема змінами фракційного складу білків БКЕ.

Головною білковою фракцію кукурудзи є спирторозчинні проламіни і в менших кількостях альбуміни, глобуліни та глютеніни. Під час екструзії кукурудзяного борошна відбувається помітне зменшення водорозчинних білків – альбумінів, та незначне збільшення глобулінів, проламінів, глютенінів.

Таблиця 2.10 – **Реологічні властивості тіста на основі борошняної суміші з БП та БКЕ**

Показник	**Контроль**	**БП:БКЕ, мас.%**			
		95:5	**90:10**	**85:15**	**80:20**
Показники фаринографа					
Вміст сирої клейковини, %	23,0±0,4	21,86±0,5	20±0,3	19,5±0,5	17,7±0,4
Величина деформації клейковини, од. пр.	60±1,1	61±1,2	62±1,3	63,5±1,3	65±1,1
Водопоглинальна здатність, %	53,0±0,5	54,3±0,4	54,8±0,4	55,5±0,5	56,3±0,3
Час утворення тіста, хв	5,5±0,1	5,0±0,2	4,0±0,1	3,0±0,2	2,5±0,1
Розрідження, од. пр.	40±0,8	125±2,5	175±3,0	175±3,0	190±3,5
Валориметрична оцінка за Брабендером, од. пр.	53±0,5	50±0,5	49±0,5	48±0,4	46±0,3
Вологість тіста, %	10,4±0,3	10,8±0,2	11,2±0,4	11,5±0,5	11,8±0,4

За рахунок вологотермічного оброблення і механічного впливу відбувається часткове структурне розгортання білка. Тепловий рух пептидних ланцюгів викликає розрив водневих зв'язків між ланцюгами, одночасно зі структурним розгортанням білків відбувається їх агрегація. Це веде до підвищення водопоглинальної здатності та розчинення денатурованих білків [60, 67, 68].

Із графіків альвеограм (рис. 2.4), видно, що значення показника пружності тіста (Р), що характеризує стійкість і пружність тіста за додавання БКЕ, дещо зменшується.

Додавання БКЕ значно впливає на показник L – розтяжність тіста. Для порівняння в контрольному зразку L=138 мм, а за додавання 20 мас.% БКЕ розтяжність становить L=78 мм, що на 42,3% менше, в порівнянні з контролем.

Отже, використання БКЕ зменшує пружність та розтяжність тіста, але сприяє оптимізації значення відношення Р/L.

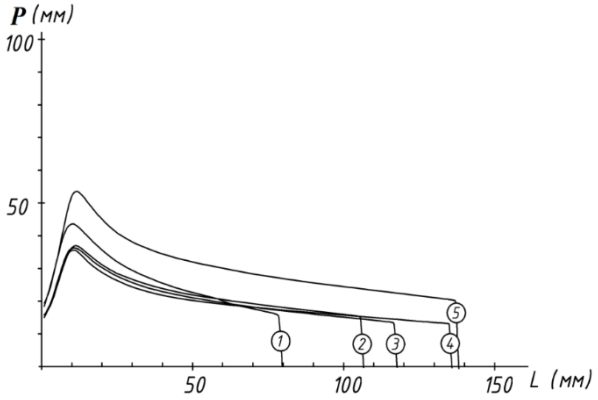


Рисунок 2.4 – Залежність пружності (Р) і розтяжності (L) від вмісту ЕКБ тіста із борошняних сумішей (БП вищого сорту та БКЕ) у співвідношеннях:

1 – БП:БКЕ – 80:20 мас.%; 2 – БП:БКЕ – 85:15 мас.%;
3 – БП:БКЕ – 90:10 мас.%; 4 – БП:БКЕ 95:5 мас.%;
5 – БП:БКЕ – 0:100 мас.% – контроль.

Відомо, що співвідношення Р/L рівне 1,2…1,3, характерно для тіста з добре збалансованою якістю клейковини [174]. Для контрольного зразка це співвідношення рівне 0,43±0,02, тобто це пшеничне борошно містить клейковину зі слабкою пружністю і

великою розтяжністю. Однак, введення БКЕ в кількостях 5, 10, 15 мас.% приводить до наближення показників пружності і розтяжності, що видно з рис. 2.5.

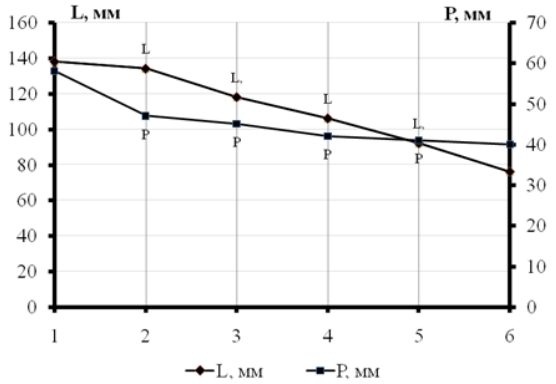


Рисунок 2.5 – Залежність пружності і розтяжності тіста від вмісту БКЕ у борошняних сумішах (БП вищого сорту та БКЕ) у співвідношеннях:

1 – БП:БКЕ – 100:0 мас.%; 2 – БП:БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП:БКЕ – 90:10 мас.%; 4 – БП:БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП:БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БП:БКЕ – 75:25 мас.%.

Як видно з рисунка 2.5 оптимальним є додавання БКЕ в кількості 20 мас.%. Саме в зоні цієї концентрації співвідношення знаходиться в межах ближчих до оптимального меж (0,8…1,6) для борошна, що використовується для виготовлення борошняних виробів. Проведені дослідження показали, що додавання БКЕ в кількості 20 мас.% підвищує водопоглинальну здатність тіста на майже 3%, що є передумовою для підвищення виходу борошняних виробів за рахунок збільшення вологості тіста без погіршення якості виробів, та можливого подовження термінів його зберігання у результаті сповільнення процесу черствіння.

Таким чином, борошняна суміш, що містить 20 мас.% БКЕ, може бути рекомендована для бісквітного напівфабрикату, оскільки введення її приводить до ослаблення клейковини пшеничного борошна і виключає необхідність введення крохмалю для її ослаблення. Оскільки, використання БКЕ підвищує водопоглинальну здатність тіста, цей факт спонукав дослідити вплив БКЕ на властивості крохмалю у борошняних сумішах.

2.4.2. Вивчення впливу БКЕ на властивості крохмалю борошняних сумішей.

Поряд із білковими речовинами крохмаль борошна відіграє істотну роль у формуванні тіста. Чим більша кількість крохмалю (за однакових умов), тим вищі переваги борошна. Крохмаль зернових відрізняються за вологоємністю, швидкістю оцукрювання, температурою клейстеризації. Так, з вологоємністю крохмалю та швидкістю ретроградації крохмального клейстеру пов'язують швидкість черствіння борошняних виробів.

Процес клейстеризації крохмалю досліджували за допомогою амілографа. Це прилад графічно відображає зміни в'язкості водно-борошняної суспензії за постійного підвищення температури.

На характер амілограм впливають не лише властивості крохмалю, але і властивості білково-протеїназного комплексу, та інших складових борошна. Проте, деякі дослідження свідчить, що вплив цих чинників на характер амілограм незначний у порівнянні з роллю і значенням стану крохмалю. З іншого боку, важливо визначити характер процесу клейстеризації крохмалю в складі борошна. Поведінка чистого крохмалю, ізольованого від борошняного середовища може суттєво відрізнятися від його поведінки безпосередньо в борошні і тісті.

Із врахуванням цього, об'єктами дослідження стали борошно пшеничне вищого сорту як контроль, БКЕ та їх суміші у різних співвідношеннях.

Амілограми процесу набухання та клейстеризації наведено на рис. 2.6, а їх числові показники в табл. 2.11.

Зміна температури клейстеризації є важливим показником, що характеризує наступний процес ретроградації крохмалю в процесі зберігання готових виробів, адже відомо, що чим нижча температура клейстеризації, тим довше вироби зберігають свою свіжість в процесі зберігання [4].

Температура початку клейстеризації, як видно з табл. 2.11, складає для пшеничного борошна 60°С, а для БКЕ – 50°С.

Таким чином, можна зробити висновок, що використання сумішей пшеничного і БКЕ у виробництві бісквітних напівфабрикатів дозволить продовжити термін збереження свіжості останніх, тому що початкова температура клейстеризації крохмальної суспензії сумішей та самого БКЕ нижча ніж у контрольного зразка.

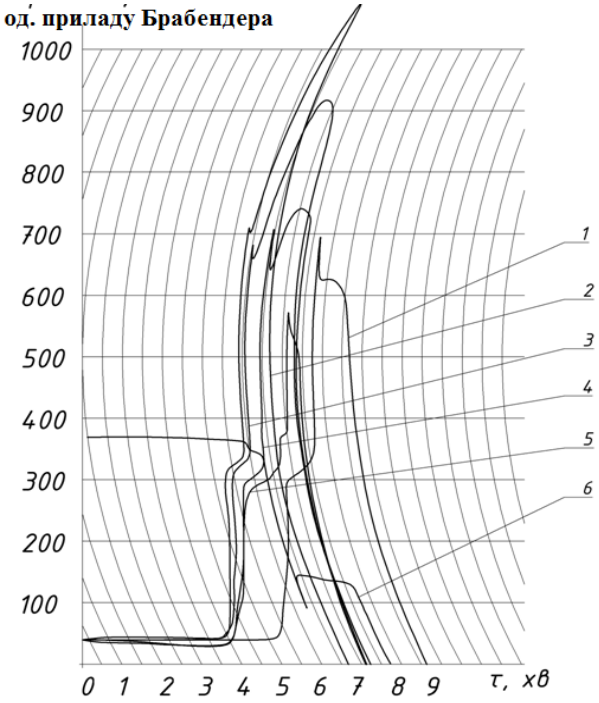


Рисунок 2.6 – Амілограми борошняних сумішей із пшеничного борошна (БП) та борошна кукурудзяного екструдованого (БКЕ) у співвідношеннях:

1 – БП – 100 мас.%; 2 – БП:БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП:БКЕ – 90:10 мас.%; 4 – БП:БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП:БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БКЕ – 100 мас.%.

Слід зауважити, що водно-борошняні суспензії, що досліджуються за допомогою амілографа є в'язко-пластичними тиксотропними рідинами, для яких величина в'язкості є функцією напруги зсуву. Тиксотропність досліджуваних систем проявляється в наявності локальних значень максимуму та мінімуму в'язкості, відношення величини яких визначатиме коефіцієнт стійкості системи ($k = \eta_{min} / \eta_{max}$) до зовнішніх чинників (рис. 2.6, табл. 2.11).

Встановлено, що для пшеничного борошна та суміші з вмістом БКЕ 5 мас.% (криві 1, 2) значення максимальної в'язкості (η_{max}) складає 690…700 та 1000…1100 од. Брабендера відповідно, мінімальні (η_{min}) складає 300±2 од. Брабендера.

Таблиця 2.11 – **Вплив борошна кукурудзяного екструдованого на характеристики борошняних сумішей**

Зразок	Температура клейстеризації, °С		В'язкість, од. Брабендера		Відносний коефіцієнт стійкості, η_{min}/η_{max}
	початкова	кінцева	η_{max}	η_{min}	
100 мас.% БП (контроль)	60±2	82±2	690±2	300±2	0,43
БКЕ:БП – 5:95 мас.%	56±2	67±2	1100±2	300±2	0,27
БКЕ:БП – 10:90 мас.%	55±2	65±2	920±2	340±2	0,37
БКЕ:БП – 15:85 мас.%	53±2	63±2	740±2	300±2	0,40
БКЕ:БП – 20:80 мас.%	53±2	60±2	580±2	280±2	0,42
БКЕ – 100 мас.%	50±2	59±2	360±2	360±2	1,0

Зниження в'язкості свідчить про ступінь руйнування структурних елементів під впливом механічної деструкції та термолізу. Крохмаль БКЕ (крива 6) зберігає однакове впродовж 6·60 с значення максимальної в'язкості (η_{max}= 360 од. Брабендера), що свідчить про стійкість структури. Очевидно, це пояснюється тим, що крохмаль БКЕ завдяки екструзійному обробленню набуває здатність до швидкого і рівномірного набухання та клейстеризації за нижчої температури ніж крохмаль пшеничного борошна.

Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту БКЕ (рис. 2.6) дозволяє охарактеризувати властивості бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ під час випікання. Пориста структура бісквітного напівфабрикату закріплюється в результаті коагуляції клейковинних білків і перетворення крохмалю в густий клейстер. За додавання 5 і 10 мас.% БКЕ амілограма показує високу максимальну в'язкість, що свідчить про зв'язування крохмалем під час клейстеризації великої кількості води. В результаті утворюється малорозтяжний крохмальний клейстер та сухий бісквіт, схильний до розтріскування [175].

За додавання 100% БКЕ амілограма (рис. 2.6) показує нижчу максимальну в'язкість порівняно з БП, проте, демонструє здатність до збереження максимальної в'язкості системи [176].

Очевидно, це пов'язано з тим, що крохмаль під час набухання та клейстеризації зв'язує достатню кількість води, що знаходиться вільно в тісті та звільняється під час коагуляції білкових речовин необхідну для утворення вологого м'якуша бісквітного напівфабрикату.

Оскільки, БКЕ виготовлено методом гарячої екструзії, то пониження в'язкості борошняної суспензії пояснюється перетворенням частини крохмалю в декстрини, що мають нижчу в'язкість. Зниження в'язкості системи зі збільшенням кількості БКЕ також пов'язано зі зменшенням частки клейковинних білків у борошняних сумішах та фракційним складом білків БКЕ.

Відомо, що в процесі екструзії кукурудзяного борошна спостерігається значне зменшення кількості крохмалю до 35% на фоні значного нагромадження декстринів практично в 20 разів більше від їх початкової кількості. Даний процес свідчить про глибокі зміни в будові полісахаридів крохмалю, які пов'язані з розривом глюкозидних зв'язків. Руйнування крохмалю під час екструзійного оброблення відбувається за рахунок теплового гідролізу та внаслідок механічної деструкції. В першому випадку утворюються групи декстринів з рівномірним ступенем полімеризації, оскільки цей процес залежить від енергії зв'язку молекул глюкозидних залишків, в другому випадку розрив ковалентних зв'язків носить випадковий характер, тому відбувається утворення декстринів з різною кількістю глюкозидних залишків. В результаті цих процесів відбувається накопичення значної кількості водорозчинних вуглеводів з різним ступенем полімеризації.

Для обґрунтування використання БКЕ у виробництві бісквітного напівфабрикату та можливості повної заміни пшеничного борошна вищого сорту на БКЕ досліджено густину бісквітного тіста. Експериментальні середні значення густини бісквітного тіста з використанням БКЕ подано на рис. 2.7.

Встановлено, що зі збільшенням частки БКЕ в борошняній суміші зростає густина тіста. Оптимальне значення густини бісквітного тіста 0,444 – 0,446 кг/м^3. Підвищення концентрації БКЕ вище 20 мас.% призводить до значної густини тіста, що є небажаним у виробництві бісквітних напівфабрикатів, оскільки робить їх густішими і менше пористими. Проте, наявність густини бісквітного тіста, за повній відсутності пшеничного борошна вказує на можливість створення БН безглютенового, виключно на основі БКЕ.

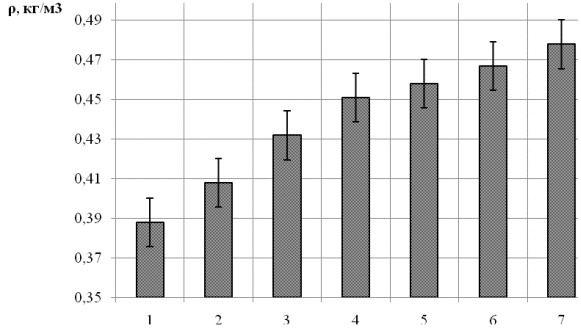


Рисунок 2.7 – Залежність густини бісквітного тіста (ρ) від вмісту БКЕ у зразках:

1 – (контроль); 2 – БП:БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП:БКЕ – 90:10 мас.%; 4 – БП:БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП:БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БП:БКЕ – 0:100 мас.%

Отже, вплив, який здійснює БКЕ на властивості бісквітного тіста та бісквітного напівфабрикату, диктується, в першу чергу, властивостями крохмалю кукурудзяного борошна, що пройшов екструзійне оброблення. Використання отриманих результатів дозволить регулювати технологічні властивості борошняних сумішей залежно від вмісту в них БКЕ і рекомендувати їх у виробництві бісквітних напівфабрикатів, та розглянути можливість використання БКЕ в технології безглютенових кондитерських виробів на основі бісквітного напівфабрикату.

2.5. Дослідження впливу БКЕ на мікроструктуру бісквітного тіста та бісквітних напівфабрикатів

З’ясовано, що в процесі виробництва бісквітного напівфабрикату рецептурні компоненти зазнають фізико-хімічних перетворень, та взаємодіють між собою з утворенням взаємозв’язків, що веде до зміни мікроструктури готового напівфабрикату. З метою визначення механізму стабілізації пінної структури бісквітного тіста з використанням БКЕ нами вивчено зміни мікроструктури бісквітного тіста та готового бісквітного напівфабрикату.

Процес виготовлення бісквітного тіста – це, по суті збивання яєчно-цукрової суміші, полягає в диспергуванні газу в рідині. Розглядаючи піну, як систему, яка у збитій масі утримує, в основному, повітряні бульбашки, які між собою розділені тільки тонкою плівкою

рідини. Схематично структуру піни можна уявити як упаковку бульбашок газу із тонкими плівками основного високодисперсного наповнювача. Цей наповнювач покритий плівкою речовини із поверхнево-активними добавками.

Збита маса під час виробництва бісквітного напівфабрикату відноситься до пластично-в'язкої структурованої системи. Її збивання супроводжується складними фізико-хімічними, колоїдними і механічними процесами. Всі вони спрямовані на утворення стійких дисперсних систем.

На рис. 3.8 з метою продемонструвати описані структури, що утворюють піну бісквітного тіста, наведено порівняльну характеристику мікроструктури таких зразків: борошно пшеничне (БП) та борошно кукурудзяне екструдоване (БКЕ) у співвідношеннях: а) БП – 100 мас.%; б) БП: БКЕ – 80:20 мас.%; в) БКЕ – 100 мас.%.

Показники якості борошна та його клейковини коливаються в широкому діапазоні і потребують постійної корекції технологічних режимів виробництва та рецептури бісквітних напівфабрикатів, в основному, з метою ослаблення клейковини хлібопекарного борошна. Найпоширенішим способом зменшення кількості та ослаблення клейковини пшеничного борошна є введення крохмалю картопляного до 25% до маси борошна в рецептурі бісквітного напівфабрикату [163].

Відомо, що під час введення картопляного крохмалю відбувається збільшення пластичності тіста за рахунок підвищеної здатності його до набухання і нижчої ретроградації крохмального студня в порівнянні з крохмалем зернових.

На рис. 2.8 у контрольному зразку (а) видно частинки картопляного крохмалю, що характеризуються більшими розмірами та овальною формою, а також частинки крохмалю пшеничного борошна фракційний склад якого дрібнодисперсніший. Для зразка (б) з вмістом БКЕ 20 мас.% характерна наявність лише гранул крохмалю пшеничного борошна. Нами запропоновано повну заміну крохмалю та частини пшеничного борошна вищого сорту 20 мас.% на БКЕ, а також повну заміну пшеничного борошна на БКЕ для виготовлення бісквітного напівфабрикату безглютенового.

На даних мікроструктурах бісквітного тіста видно, що структура дослідних зразків має вигляд піни, структурною особливістю якої є наявність і рівномірність розподілення бульбашок повітря, що пізніше утворюють пористу структуру бісквітного напівфабрикату. У контрольного зразка (а) з вмістом пшеничного борошна та крохмалю видно, що розміри утворених бульбашок повітря мають велику різницю

в діаметрах, тобто, одні бульбашки практично в два рази більші за інші.

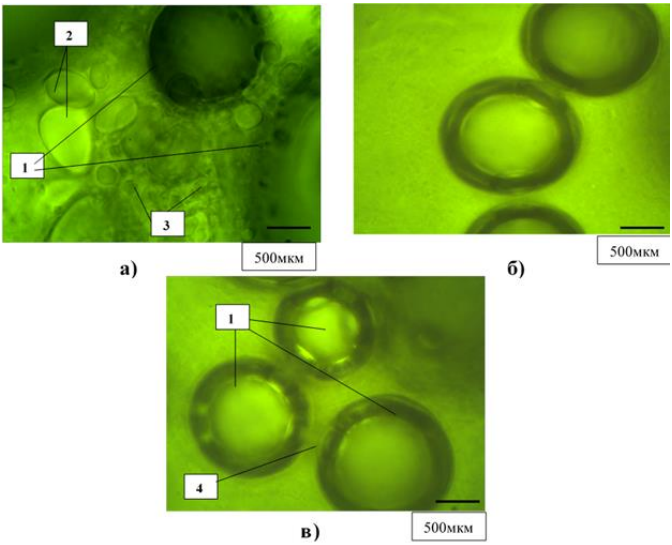


Рисунок 2.8 – Мікроструктура (1:1000) зразків бісквітного тіста з вмістом: БП та БКЕ у співвідношеннях: а) БП – 100 мас.%; б) БП: БКЕ – 80:20 мас.%; в) БКЕ – 100 мас.%;

1 – бульбашки повітря; 2 – зерна крохмалю картопляного; 3 – зерна крохмалю пшеничного борошна; 4 – канали між бульбашками повітря

Однією з причин руйнування піни є дифузія газу між бульбашками, і визначається вона тиском в середині бульбашок. Руйнування плівки бульбашки повітря спрямоване в бік більшої бульбашки, оскільки тиск в ній менший ніж в маленькій бульбашці. Для порівняння у зразку (в) бісквітного тіста з використанням БКЕ 100 мас.% бульбашки піни практично однакових розмірів, крім цього, помітно, що між ними утворилися канали рис. 2.8 (4), які сприяють вирівнюванню тиску повітря в середині пінної системи бісквітного тіста, що сприяє стабілізації пінної системи. Для зразка (б) з вмістом БКЕ 20 мас.% характерним є також практично однаковий розмір бульбашок газу, а це приводить до покращення структурно-механічних характеристик готових бісквітних напівфабрикатів.

Для виявлення ролі рідкої фази тіста під час його нетривалого зберігання перед випіканням, було досліджено стабільність утвореної

піни. Ця величина характеризується швидкістю осідання піни. Результати дослідження наведено на рис. 2.9.

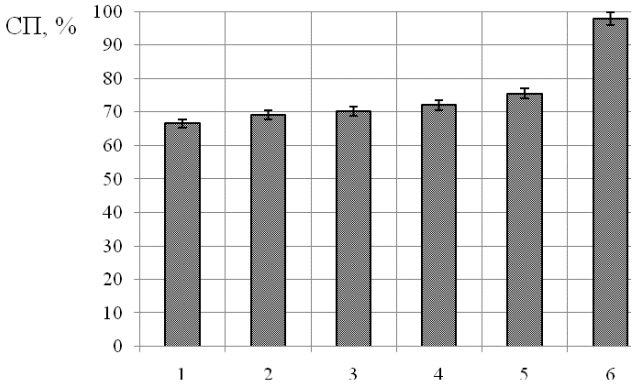


Рисунок 2.9 – Залежність стійкості піни бісквітного тіста від вмісту БКЕ:

1 – БП: БКЕ – 100:0 (контроль); 2 – БП: БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП: БКЕ – 90:10 мас.%;4 – БП: БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП: БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БП: БКЕ – 0:100 мас.%

Досліди показали, що стабільність піни залежить від борошна, що використовується. Введення БКЕ у технології бісквітного напівфабрикату сприяє зменшенню переміщення гідрофобних частинок, чим мінімізується їх негативний вплив на стійкість піни. Висока стійкість піни відповідає великому об'єму і тонкій рівномірній пористості бісквітного напівфабрикату.

Установлено, що використання БКЕ замість борошна пшеничного суттєво впливає на стійкість піни бісквітного тіста, цей показник монотонно зростає майже в 1,5 рази за повної заміни пшеничного борошна на БКЕ. Ця здатність сприятиме стабілізації піни бісквітного тіста та підвищення його стійкості до механічної дії під час його розливання у форми.

Використання збитого яєчного меланжу з цукром утворює стабільну систему, яка досить повільно осідає і дає залишок невеликого об'єму. Так, дослідження показали час осідання для зразка на рис. 2.9 (а) становить 120·60 с. Це явище можна пояснити викликаною флокуляцією, що утворює крупні агрегати і осад великого об'єму.

Після випікання зразків (б) отримано бісквітний напівфабрикат з

об’ємом на рівні контрольного зразка із тонкою рівномірною пористістю. Використання БКЕ сприяє зміні властивостей густого крохмального клейстеру, який пластифікується так, що одержується в’язке тісто. Ці дані лягли в основу розробки технології бісквітного напівфабрикату «Сонечко» та «Безглютеновий».

Отже, суттєве значення для формування м’якуша бісквітного напівфабрикату має клейстеризація крохмалю. Зміна властивостей крохмалю у взаємодії з емульгатором здійснює значний вплив на систему тіста. Ми бачимо, формування дрібнопористої структури бісквітного тіста з використанням БКЕ 20 мас.% та 100 мас.% відбувається завдяки властивостям крохмалю БКЕ.

На поданих фотографіях рис. 2.10. видно, що структура бісквітного напівфабрикату має вигляд просторової сітки. Результати дослідження свідчать про наявність і рівномірність розподілу пор в зразках б) і в) з використанням БКЕ, що є невід’ємною частиною пористої структури бісквітного напівфабрикату.

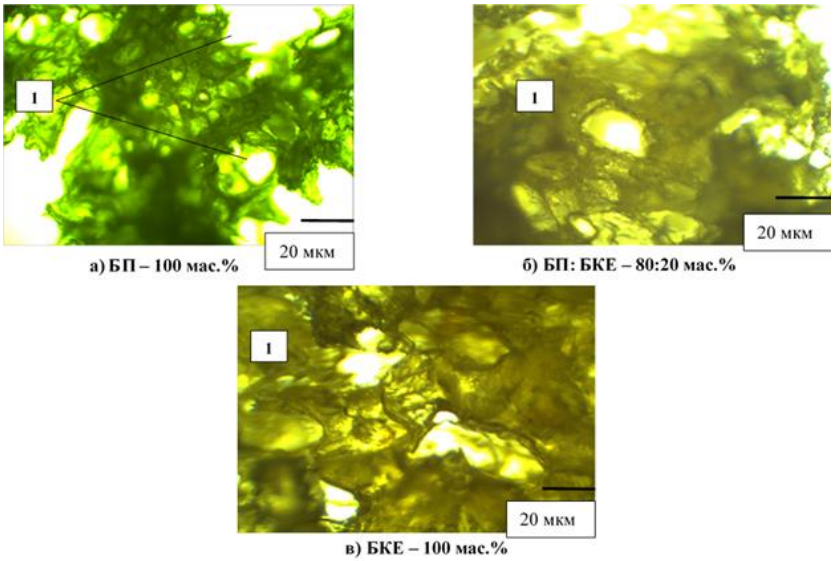


Рисунок 2.10 – Мікроструктура (1:40) зразків бісквітного напівфабрикату з вмістом БП та БКЕ у співвідношеннях:
а) *БП – 100 мас.%; б) БП: БКЕ – 80:20 мас.%; в) БКЕ – 100 мас.%*
1 – пори

При створенні нової рецептури бісквітного напівфабрикату важливим чинником є і залишається вивчення структурно-механічних властивостей тіста (в'язкість, пластичність, пружність і т. д.). Дослідження цих чинників дозволяє цілеспрямовано проводити технологічний процес та одержувати бісквітні напівфабрикати із заданими якісними властивостями. Отже, потребують подальшого вивчення реологічні чинники, що дозволяють формалізувати технологічну операцію замішування та оптимізувати подальше протікання з комплексною оцінкою структури виробу.

Таким чином, встановлено, що БКЕ за хімічним складом відповідає формулі збалансованого харчування і є повноцінним продуктом за харчовою та біологічною цінністю, яке не поступається пшеничному борошну вищого сорту.

Експериментально встановлено, що сповільнення процесу черствіння, пов'язано зі здатністю крохмалю БКЕ виявляти властивості гідроколоїду, здійснюючи стабілізуючу дію, підвищуючи вологоутримуючу здатність тіста, покращуючи об'ємний вихід та структурно-механічні властивості бісквітного напівфабрикату.

Виявлено, що використання сумішей БП і БКЕ у виробництві бісквітного напівфабрикату дозволить продовжити термін збереження свіжості останніх, тому що температура клейстеризації крохмальної суспензії сумішей нижча, ніж у контрольного зразка.

Встановлено, що БКЕ в кількості 20 мас.% підвищує водопоглинальну здатність тіста на майже 3%, що є передумовою для підвищення виходу борошняних виробів за рахунок збільшення вологості тіста без погіршення якості готових виробів.

У ході вивчення механізму стабілізації піни встановлено, що використання БКЕ сприяє перерозподілу співвідношення вільної і зв'язаної вологи в бісквітному тісті в бік збільшення кількості зв'язаної вологи, що справляє вплив на в'язкість бісквітного тіста та ґрунтується на здатності БКЕ набухати та утворювати стійкий крохмальний клейстер, що вказує на можливість створення безглютенового бісквітного напівфабрикату.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНИХО НАПІВФАБРИКАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО

3.1. Дослідження впливу борошна кукурудзяного екструдованого на характеристики бісквітного тіста

Якість бісквітного напівфабрикату, який за своєю структурою є колоїдним капілярно-пористим матеріалом, формується на всіх етапах його виробництва, в тому числі й на етапі замішування тіста і під час випікання. При цьому відбувається закріплення пінної структури тіста внаслідок денатурації його білкових компонентів та клейстеризації крохмалю, а пухирці повітря, що розширюються з підвищенням температури, утворюють порожнечі.

Борошняні суміші з використанням БКЕ, мають якісно нові властивості, що дозволяє рекомендувати їх до використання у виробництві бісквітних напівфабрикатів з метою виробництва виробів високої якості, розширення асортименту, стабілізації технологічного процесу за рахунок здатності крохмалю БКЕ набухати та утворювати стійкий крохмальний клейстер, що сприяє стабілізації піни бісквітного тіста та підвищення його стійкості до механічної дії.

Експериментально доведено (розділ 2), що наявність БКЕ в кількості 20 мас.% в сумішах з пшеничним борошном понижує «силу» клейковини, а за 100 мас.% БКЕ підвищує вологоутримувальну здатність та стійкість піни бісквітного тіста.

Для встановлення науково обґрунтованих рецептур та технологічних режимів виробництва бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ доцільним на цьому етапі є вивчення впливу БКЕ на реологічні показники бісквітного тіста і випеченого напівфабрикату та змін, що відбуваються у процесі випікання і зберігання випечених напівфабрикатів.

3.1.1 Дослідження ефективної в'язкості бісквітного тіста з використанням борошна кукурудзяного екструдованого.

На думку авторів [167, 168] технологічні властивості дисперсних систем характеризуються перш за все їх реологічними властивостями. Вивчення структурно-механічних властивостей високомолекулярних систем дає можливість охарактеризувати їх поведінку під дією навантаження і швидкості, що впливають на модельні системи, тому має велике практичне значення.

Одним з найважливіших показників бісквітного тіста, як пінної системи є наявність в'язкості тіста. Вона визначає плинність бісквітного тіста, тобто опірність його руху до дії зовнішніх сил, що характеризує його поведінку під час технологічної операції «розлив у форми». Висока структурна в'язкість визначає механічну міцність тіста, тобто створює пружний каркас, що надає системі фізико-хімічні властивості твердого тіла. Стабільність дисперсної системи, якою є бісквітне тісто, великою мірою зумовлена в'язкістю вихідних розчинів і стійкістю їх до дії навантажень.

Оскільки, запропоноване введення БКЕ до рецептурної суміші впливає на стійкість системи, нами проведено серію експериментів з вивчення залежності ефективної в'язкості зразків бісквітного тіста з додаванням БКЕ від швидкості та дотичної напруги зсуву.

Результати впливу додавання БКЕ на ефективну в'язкість тіста наведено в табл. 3.1 діапазон швидкості зсуву Dr 0,3...25,0 $с^{-1}$. Аналіз отриманих даних дозволяє виділити наступні закономірності. Результати значень течії всіх зразків демонструють зменшення в'язкості зі збільшенням швидкості зсуву. Найінтенсивніше її зниження спостерігається для тіста на основі суміші з вмістом БКЕ 100 мас.% за швидкості зсуву 2,4$с^{-1}$. Подальше зниження ефективної в'язкості за збільшення швидкості зсуву відбувається менш інтенсивно, а також у всіх зразків з'являється тенденція наближення до постійної в'язкості 4,2±0,2 Па·с для контрольного зразка і до в'язкості 2,4±0,12 Па·с у зразка з вмістом БКЕ 100 мас.% за швидкості зсуву γ 11,65 $с^{-1}$.

Така зміна в'язкості за збільшення швидкості зсуву, пояснюється руйнуванням пінної системи бісквітного тіста. З подальшим підвищенням швидкості зсуву γ (12,0…25,0) $с^{-1}$ в'язкість всіх зразків залишається на тому ж рівні, що і за швидкості зсуву γ 11,65 $с^{-1}$.

Результати дослідження свідчать, що додавання БКЕ сприяє зменшенню ефективної в'язкості бісквітного тіста. Так за мінімальної швидкості зсуву 0,89 $с^{-1}$, ефективна в'язкість бісквітного тіста для всіх зразків з вмістом БКЕ менша від ефективної в'язкості контрольного зразка в середньому на 15…25%. Встановлено, що за швидкості зсуву 8,02 $с^{-1}$ напруга зсуву у зразка з максимальним вмістом БКЕ 100 мас.% у відношенні до контрольного зразка зменшується на 33%, тобто за однакових значень швидкості зсуву руйнування структури наступає за менших значень дотичної напруги зсуву. Тобто, через вищу водопоглинальну здатність БКЕ його додавання здійснює дестабілізуючий ефект на структурно-механічні властивості пінної структури бісквітного тіста за рахунок розрідження системи.

Таблиця 3.1 – **Вплив концентрації БКЕ на ефективну в'язкість бісквітного тіста**

Зразки	Швидкість зсуву Dr, $с^{-1}$							
	0,89	**2,08**	**3,86**	**8,02**	**9,60**	**10,40**	**11,65**	**24,19**
Контроль – 100 мас.% БП	31,86±1,0	13,44±0,6	6,50±0,3	4,35±0,2	3,90±0,2	4,18±0,2	4,13±0,2	4,02±0,2
БКЕ:БП – 5:95 мас.%	26,96±1,0	10,61±0,5	4,92±0,3	4,30±0,2	4,69±0,2	3,93±0,2	3,82±0,18	3,80±0,18
БКЕ:БП – 10:90 мас.%	25,98±1,0	10,40±0,5	5,37±0,3	4,43±0,2	4,39±0,2	3,88±0,2	3,71±0,18	3,57±0,15
БКЕ:БП – 15:85 мас.%	24,51±1,0	10,08±0.5	5,20±0,2	4,22±0,2	4,29±0,2	3,71±0,2	3,38±0,13	3,20±0,13
БКЕ:БП – 20:80 мас.%	24,02±1,0	9,77±0,4	5,09±0,2	3,97±0,2	3,67±0,2	3,27±0,2	3,03±0,13	2,92±0,13
БКЕ:БП – 100:0 мас.%	22,06±1,0	9,13±0,4	4,75±0,2	3,40±0,2	2,93±0,2	2,83±0,2	2,48±0.12	2,14±0,1

На рис. 3.1 наведено реологічні криві залежності напруги зсуву τ (Па), від швидкості зсуву γ $с^{-1}$ для зразків бісквітного тіста за умов використання БКЕ різних концентрацій.

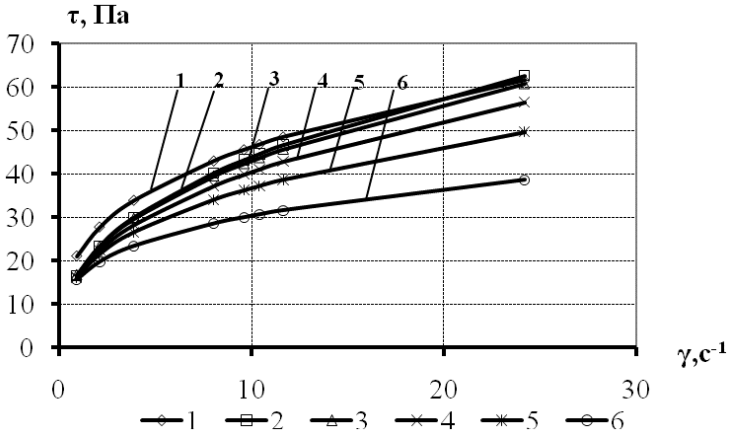


Рисунок 3.1 – Залежність напруги зсуву, (τ, Па) від швидкості зсуву, (γ, $с^{-1}$) для зразків бісквітного тіста:
1 (контроль); 2 – БП: БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП: БКЕ –90:10 мас.%; 4 – БП: БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП: БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БП: БКЕ – 0:100 мас.%

Як видно з рис. 3.1 реологічні криві всіх зразків тіста мають однакову форму, тобто характер зміни в'язкісних характеристик бісквітного тіста однаковий для всіх зразків. Але в кожній точці визначення за однакової швидкості зсуву (γ, $с^{-1}$), напруга зсуву (τ, Па) має нижчі значення для зразка з 100 мас.% вмістом БКЕ у порівнянні з контрольним зразком. А за швидкості зсуву 24,4 $с^{-1}$ для всіх зразків напруга зсуву не визначається, що говорить про руйнування пінної системи бісквітного тіста.

Характерною ознакою для всіх дослідних зразків є активне зростанням напруження за швидкості зсуву до 9,60 $с^{-1}$ з подальшим збільшенні швидкості зсуву відбувається ще плавне зростання напруги до точки руйнування. З отриманих результатів можна зробити припущення, що дія робочих органів на суміш компонентів під час замішування тіста відбувається за малого споживання енергоносіїв, а це ефективно відбивається на виробництві якісної продукції.

Таким чином, отримані результати дослідження впливу БКЕ на реологічні показники бісквітного тіста показали, що використання БКЕ приводить до зміни ефективної в'язкості у бік її зниження, у досліджуваних зразках. Бісквітне тісто є системою, яка має свою відповідну структуру і механічну міцність. Дисперсні багатокомпонентні системи можна подати у вигляді неперервного середовища, в якому зосереджено дисперсну фазу. Ця фаза – це частинки, що по-різному розміщені в дисперсному середовищі. Тому для них характерна нелінійна залежність в'язкості від швидкості деформації, і досить суттєвим є величина допустимого напруження зсуву τ_0. Із збільшенням швидкості зсуву пластична в'язкість таких систем значно знижується.

При цьому спостерігається залежність змін ефективної в'язкості від масової частки БКЕ в складі борошняних сумішей. Збільшення швидкості зсуву у діапазоні γ (12,0…25,0) $с^{-1}$ приводить до певної стабілізації в'язкості зразків, особливо це спостерігається у зразках з використанням 100 мас.% БКЕ.

3.1.2 Вивчення впливу БКЕ на властивості БН після випікання, вистоювання та зберігання.

Вивчено вплив використання БКЕ на показники готового бісквітного напівфабрикату, що характеризують якість готового виробу.

Таблиця 3.2 – **Вплив борошна кукурудзяного екструдованого на властивості бісквітного напівфабрикату**

Показник	Зразки бісквітного напівфабрикату із співвідношенням, мас.%		
	БП: БКЕ – 100:0 (контроль)	**БП: БКЕ – 80:20**	**БП: БКЕ – 0:100**
Вологість готового напівфабрикату, %	20,6±0,5	21,6±0,5	25,1±0,5
Питомий об'єм, $см^3/г$	3,4±0,7	3,6±0,7	3,3±0,7

Як видно з табл. 3.2 вологість готового бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ зростає майже до 25% за повної заміни БП на БКЕ. Зростання вологості БН з використанням БКЕ пояснюється різницею в механізмі утримування вологи в БН пшеничним борошном вищого сорту та БКЕ. Тобто, здатністю БКЕ до міцнішого утримування вологи, видалення якої потребує більше енергії,

відповідно вищої температури ніж температура випікання БН. Випечений напівфабрикат має найбільше значення питомого об'єму (3,6 $см^3/г$), якщо концентрація БКЕ складає 20 мас.%. Питомий об'єм БН з використанням БКЕ 100 мас.% залишається на рівні контрольного зразка.

Таким чином отримані результати дозволяють встановити, що оптимальним вмістом БКЕ в борошняній суміші, що може бути використана для бісквітних напівфабрикатів є 20 мас.%, а також існує можливість повної заміни пшеничного борошна БКЕ у технології БН.

Випеченому БН притаманна структура твердої піни. Втрата певної кількості вологи під час випікання тістових заготовок призводить до зменшення їх маси, кількісною характеристикою чого є упікання (У), яке значною мірою впливає на вихід готової продукції та зумовлює технологічні втрати під час випікання. Цей показник є важливою технологічною характеристикою, оскільки від нього залежить вихід готових виробів.

Величина упікання напівфабрикату залежить від температури і тривалості випікання, відносної вологості повітряного середовища пекарної камери, а також особливостей його рецептури. Виходячи з цього, було вивчено вплив БКЕ на втрату маси бісквітного тіста під час випікання, яку визначали одразу після виходу виробів з печі. Досліджували зразки тіста та готових виробів з додаванням БКЕ в кількості 5, 10, 15, 20, 100 мас.% до загальної маси борошна. Як контроль досліджували бісквіт основний.

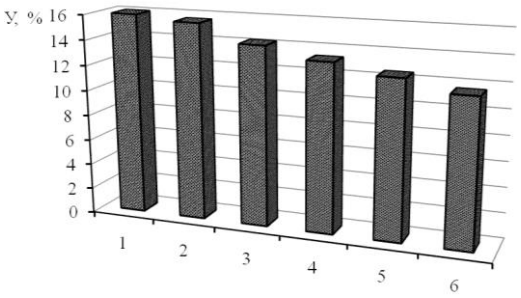


Рисунок 3.2 – Показник упікання бісквітного напівфабрикату від вмісту БКЕ:

1 – (контроль); 2 – БП:БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП:БКЕ – 90:10 мас.%; 4 – БП:БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП:БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БП:БКЕ – 0:100 мас.%

Таким чином встановлено, що додавання БКЕ зменшує втрати маси бісквітного напівфабрикату під час випікання. Зокрема, додавання БКЕ в кількості 100 мас.% знижує втрати маси виробів під час випікання на (20,0…22,0)%. Це пов'язано з гідрофільними властивостями БКЕ зв'язувати та міцніше утримувати вологу.

Після випікання БН технологією передбачається його витримування за кімнатної температури (15...25°С) протягом $6 \cdot 60^2$ с для закріплення структури. У цей час відбувається перерозподіл вологи між скоринкою і внутрішніми шарами м'якушки та втрата її певної частини з верхнього шару. Завдяки цьому формується стійка пориста структура, що дозволяє здійснювати нарізання БН без деформації м'якушки. Тому було досліджено вплив додавання БКЕ на втрату вологи після вистоювання за температури (20±1)°С через $8 \cdot 60^2$ с. Оскільки, вологість БН з використанням БКЕ зростає, нами визначено втрату вологи (всихання) після вистигання (через $1 \cdot 60^2$ с). Результати дослідів наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – **Втрата вологи бісквітними напівфабрикатами з використанням БКЕ**

Зразок	Втрата вологи (%) впродовж	
	$1 \cdot 60^2$ с	**$8 \cdot 60^2$ с**
Контроль 100 мас.% БП	1,3±0,1	3,4±0,1
БКЕ:БП – 5:95 мас.%	1,3±0,2	3,2±0,3
БКЕ:БП – 10:90 мас.%	1,3±0,3	2,8±0,2
БКЕ:БП – 15:85 мас.%	1,2±0,2	2,7±0,1
БКЕ:БП – 20:80 мас.%	1,2±0,1	2,4±0,2
БКЕ – 100 мас.%	1,0±0,1	1,6±0,1

Встановлено, що зі збільшенням частки БКЕ зменшується втрата маси напівфабрикатом через одну годину на 8…20%, а через вісім годин на 18…39%. Очевидно, що це пов'язано із здатністю крохмалю БКЕ зв'язувати вологу та повільнішою ретроградацією крохмального клейстеру у порівнянні з пшеничним борошном вищого сорту, та є передумовою сповільнення процесу черствіння.

Дослідження граничної напруги зсуву проводили на пенетрометрі, який дозволяє виміряти величину деформації продукту під час дії напруги на нього в процесі зберігання (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – **Показники граничної напруги зсуву бісквітного напівфабрикату під час зберігання**

Зразок	Гранична напругу зсуву ($\sigma_0 \times 10^{-3}$), Па		
	10 діб	20 діб	30 діб
Контроль – 100 мас.% БП	0,073±0,003	0,126±0,004	0,198±0,006
БКЕ:БП – 5:95 мас.%	0,073±0,003	0,121±0,004	0,198±0,006
БКЕ:БП – 10:90 мас.%	0,072±0,003	0,116±0,004	0,187±0,006
БКЕ:БП – 15:85 мас.%	0,071±0,003	0,114±0,004	0,171±0,006
БКЕ:БП – 80:20 мас.%	0,068±0,002	0,111±0,004	0,160±0,006
БКЕ – 100 мас.%	0,042±0,002	0,088±0,004	0,093±0,004

В результаті дослідження також було встановлено, що процес черствіння напівфабрикатів з БКЕ проходить повільніше, про що свідчать дані порівняльного аналізу граничної напруги зсуву дослідних і контрольного зразків протягом одного місяця зберігання. Так, якщо для зразка вмістом БКЕ 20% показник приладу складав $0{,}160 \times 10^{-3}$ Па через 30 діб зберігання, то у контрольного зразка вже через 20 діб. Таким чином, встановлено, що показник граничної напруги зсуву через 30 діб зберігання, був на 11…25% вище ніж у контрольного зразка.

Збільшення терміну збереження свіжості бісквітного напівфабрикату, пов'язано із здатністю крохмалю БКЕ виявляти властивості гідроколоїду, здійснюючи стабілізуючу дію, і покращуючи фізичні властивості бісквітного тіста, збільшуючи вологозв'язуючу здатність тіста та характеризується повільнішою ретроградацією крохмального клейстеру під час зберігання БН [177].

Важливою характеристикою якості випечених бісквітних напівфабрикатів є пористість виробів, що значно впливає на їх здатність до швидкого та рівномірного просочення сиропом та начинкою і зумовлює текстуру готової продукції.

Для визначення пористості борошняних виробів зазвичай використовують прилад Журавльова, за допомогою якого визначали загальну пористість (рис. 3.3).

Використання БКЕ сприяє підвищенню показника пористості бісквітного напівфабрикату на 2…4% а, з додаванням БКЕ 100 мас.% пористість дещо знижується, але залишається на рівні контрольного зразка. Зниження пористості БН з використання БКЕ більше 20 мас.% пов'язано зі збільшенням вологості БН, що пояснюється підвищеною вологоутримуючою здатністю крохмалю БКЕ.

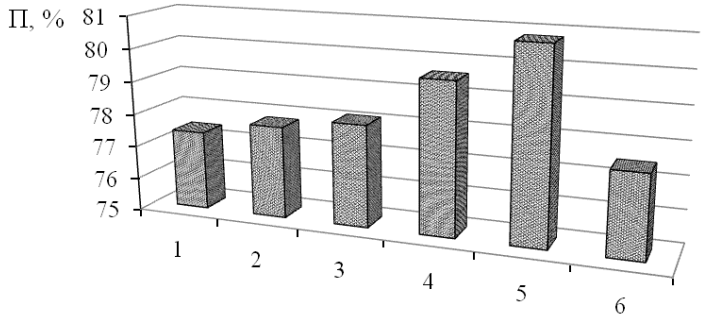


Рисунок 3.3 – Показник пористості бісквітного напівфабрикату від вмісту БКЕ:

1 – (контроль); 2 – БП:БКЕ – 95:5 мас.%; 3 – БП:БКЕ – 90:10 мас.%; 4 – БП:БКЕ – 85:15 мас.%; 5 – БП:БКЕ – 80:20 мас.%; 6 – БП:БКЕ – 0:100 мас.%.

Використання БКЕ, як свідчать отримані результати, дозволяє отримати БН, навіть за повної заміни пшеничного борошна вищого сорту, з якісними показниками практично на рівні контрольного зразка. Очевидно це пов'язано зі змінами, які відбуваються під час екструзії, а саме: 70% БКЕ складають вуглеводи, з яких 85% становить крохмаль, пошкоджені під час розмелювання борошна гранули якого під впливом тепла та вологи частково клейстеризуються. Через вплив деформації зсуву відбувається розклад гранул цілого та клейстеризованого крохмалю на окремі полімери (амілозу та амілопектин), частина яких під впливом тепла та деформації зсуву частково декстринізується. В процесі гарячої екструзії за високої температури обробки, низької вологості і значної механічної дії протікають, в першу чергу, процеси механічної деструкції крохмальних гранул і полімерів, а клейстеризація крохмалю протікає обмежено [166, 167].

Виявляючи властивості гідроколоїду крохмаль БКЕ здійснює стабілізуючу дію, збільшуючи стійкість піни бісквітного тіста і покращуючи його фізичні властивості, збільшує вологозв'язуючу здатність тіста, покращуючи об'ємний вихід та структурно-механічні властивості бісквітного напівфабрикату.

Таким чином, використання БКЕ сприяє покращенню технологічних показників бісквітного напівфабрикату, покращенню пористості, збільшенню виходу, продовженню термінів збереження свіжості готового виробу в порівнянні з традиційними виробами.

3.2. Математичне моделювання співвідношення рецептурних компонентів бісквітного напівфабрикату безглютенового на основі БКЕ

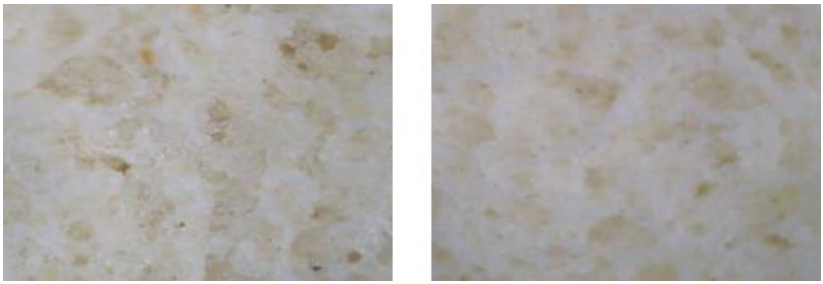
Існує наукова проблема зумовлена відсутністю клейковини в безглютеновій борошняній сировині і пов'язана з необхідністю створення пористої структури безглютенового бісквітного тіста та готових виробів. Жоден з видів безглютенового борошна, в тому числі і БКЕ не можна вважати еквівалентним за функціонально-технологічними властивостями пшеничному борошну.

Виходячи з аналізу отриманих експериментальних даних (розділ 2) можна стверджувати, що використання БКЕ сприяє стабілізації пінної системи бісквітного тіста та підвищує його водопоглинальну здатність. Його використання дозволить вирішити проблему стабілізації структури, збільшити вихід готових виробів та розширення асортименту БН за рахунок створення БН безглютенового.

Проведений комплекс досліджень дозволив науково обґрунтувати технологію і рецептури БН з використанням БКЕ та запропонувати їх асортимент. Результати досліджень показали, що оптимальна кількість БКЕ становить 20 мас.% від загального вмісту борошна. А також доцільна 100 мас.% заміна пшеничного борошна вищого сорту на БКЕ, за умови оптимального співвідношення компонентів бісквітного напівфабрикату [187].

В ході проведених експериментальних робіт визначено основні характеристики бісквітного напівфабрикату та проведено статистичний аналіз. Заміри пористості зразків (рис. 3.4) бісквітного напівфабрикату проводились замірами ефективних діаметрів пор на поперечних зрізах бісквіту (рис. 3.5) візуалізацією структури бісквіту та обробкою результатів вимірювань, яка проводилась із застосуванням програми MathCAD-14, використовуючи методику роботи [149]. Це дозволяє якісно і кількісно оцінити структурні характеристики матеріалу із незначною похибкою випробувань, що у подальшому забезпечить підбір інгредієнтів матриці з оптимальними експлуатаційними характеристиками.

Після обробки результатів досліджень було отримано матриці значень градієнта кольорів на фрагментах сфотографованих зображень матеріалу (бісквітного напівфабрикату). На усіх вибраних фрагментах спостерігали наявність зон високих значень градієнта навколо неодорідностей (включень, пор, областей із змінною вологістю).



а) б)

Рисунок 3.4 – Фотографії тонких зрізів бісквітного напівфабрикату:
а) контроль; б) «Безглютеновий»

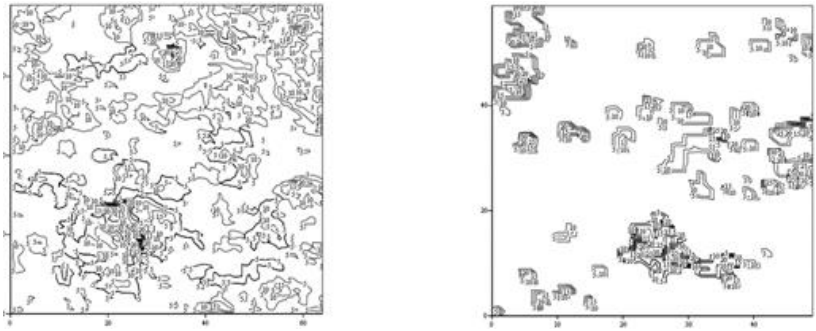


Рисунок 3.5 – Візуалізація пор шляхом застосування оператора градієнта яскравостей зображення зразка та оцифрування ліній рівня яскравостей (масштаб 1:1):
а) контроль; б) «Безглютеновий»

Крім того, у матриці навколо повітряних включень або частинок включень, також спостерігали вказані зони дещо менші за максимальними значеннями градієнта порівняно з тривіальними матеріалами. Це вказує на те, що у цьому випадку структурні зміни відбуваються меншою мірою. Це явище можна пояснити утворенням надмолекулярних структур у вигляді глобулярних агрегатів макромолекул, як навколо-повітряних включень, так і в об'ємі матриці, що вказує на утворення гетерогенної структури.

Для визначення раціонального співвідношення компонентів – вмісту цукру, яєчного меланжу проведено повнофакторний експеримент. У межах двофакторної моделі використано методику моделювання вмісту вологи, густини, пористості та упікання від вмісту яєчного меланжу, цукру та БКЕ. За кількості чинників більше двох повнофакторний експеримент стає малопривабливим, нераціональним за кількістю технологічних експериментів.

Для того, щоб не ускладнювати математичну модель, проведено три двофакторних експерименти 2^3 з варіюванням вмісту яєчного меланжу (*x1*, %), цукру (*x2*, %) за фіксованих значень борошна (%).

Оператор програми MathCAD оцінки екстремуму для функції *G(E,C,B)* дає результат оптимальності: max(g)=6,47(кг/м^3), max(v)=98%, min(u)=10%, max(p)=81,1%.

Математична обробка результатів експериментальних досліджень дозволила одержати рівняння регресії та поверхні відгуку (рис. 3.6, 3.7).

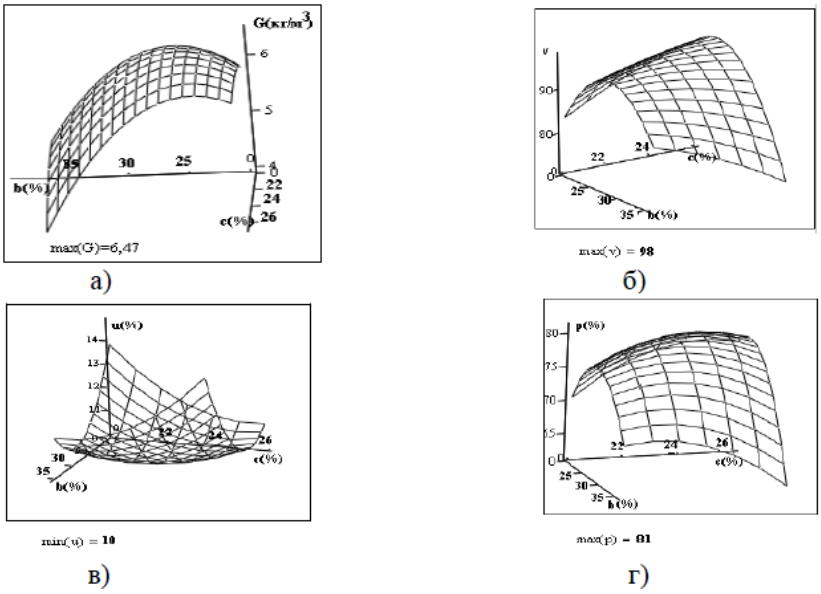


Рисунок 3.6 – Поверхні залежності густини (а), вмісту вологи (б), упікання (в) та пористості (г) від вмісту яйцепродуктів та цукру бісквітного тіста

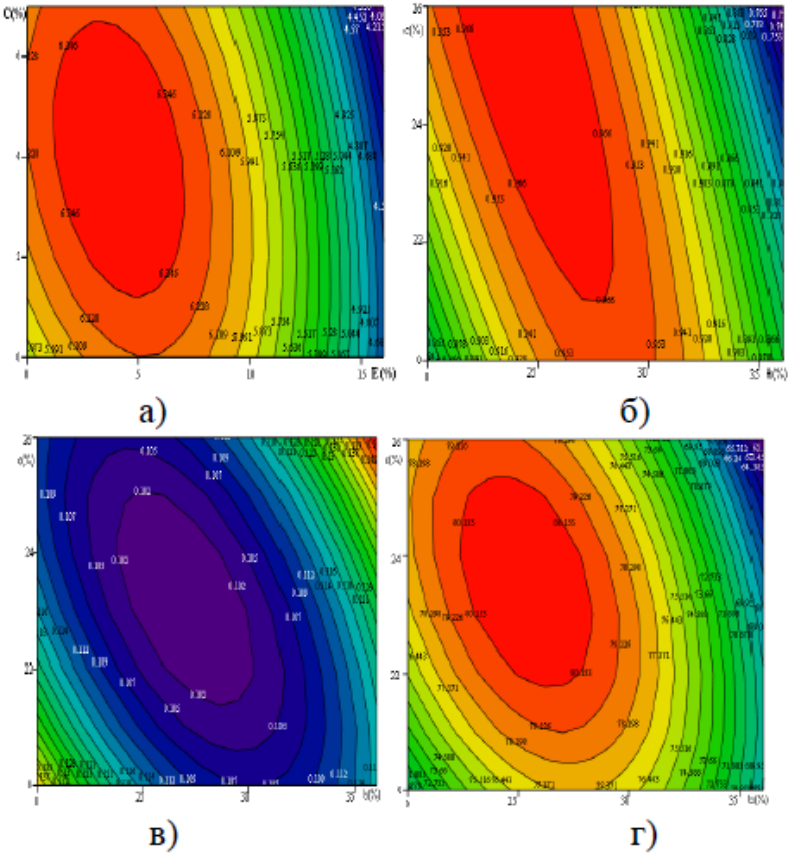


Рисунок 3.7 – Лінії рівня густини (а), вмісту вологи (б), упікання (в) та пористості (г) бісквітного тіста відносно параметрів вмісту яйцепродуктів та цукру

За одержаними рівняннями регресії визначено раціональний вміст рецептурних компонентів, який забезпечує оптимальні значення густини. Програма обчислення параметрів квадратичної моделі залежності густини від вмісту інгредієнтів надає можливість отримати поліноміальну формулу для подальших досліджень:

$$G(E,C,B)=102,25\cdot C-87,66\cdot C\cdot B-165,12\cdot C^2-143,25\cdot B^2+145,88\cdot B-37,08$$

Аналогічно до результатів програми обчислення параметрів квадратичної моделі залежності густини від вмісту інгредієнтів із використанням програми MathCAD-14 отримуємо аналітичні вирази, що показують залежності показників упікання, пористості та вмісту вологи від параметрів вмісту яйце продуктів, цукру та борошна.

$$V(E,C,B) = 13,06 \cdot E + 0,61 \cdot C + 2,31 \cdot B - 13,11 \cdot E^2 - 1,31 \cdot C^2 - 4,97 \cdot B^2 - 2,61;$$

$$U(E,C,B) = -3,38 \cdot E - 2,88 \cdot C + 3,38 \cdot E^2 + 6,27 \cdot C^2 + 11,18;$$

$$P(E,C,B) = 625 \cdot E - 625 \cdot E^2 - 2393 \cdot C^2 + 1100,78 \cdot C - 2339,0 \cdot B^2 + 1263,06 \cdot B - 371,85;$$

Дослідження моделі дає можливість стверджувати, що оптимум густини бісквітного напівфабрикату досягається для параметрів (Е, С, В) = (0,5; 0,24; 0,24) із високим рівнем точності – 1,4%.

Як свідчать результати оптимізації, бісквітний напівфабрикат з використанням БКЕ має наступні інтервали оптимізаційних параметрів (рис. 3.6): 100 мас.% – заміна пшеничного борошна на БКЕ із кількісним співвідношенням рецептурних компонентів «яйця:цукор:борошно» 2,1:1:1,02, тобто при $x1$ = 51%, $x2$ = 24,4%, та вміст БКЕ 24,6% із точністю: 0,4%, 0,14% та 0,12% відповідно, досягаються найкращі показники упікання, пористості, густини тіста та вмісту вологи.

Математична обробка результатів дослідження дозволила оптимізувати рецептуру бісквітного напівфабрикату, що отримав назву «Безглютеновий» [189, 190].

3.3. Дослідження форм зв'язку вологи в бісквітному напівфабрикаті з використанням БКЕ

Для здійснення гідролітичних процесів, що протікають в бісквітному тісті та випеченому напівфабрикаті, має бути в ньому вільна волога, яка без обмежень вступає в хімічні реакції. На наш погляд щодо складу вільної і зв’язаної вологи та ролі форм зв'язку вологи в аспекті збереження продуктів у відношенні до бісквітного напівфабрикату, існують тільки одиничні дослідження.

У формуванні та збереженні якості готового БН значну роль відіграють форми зв'язку вологи із рецептурними компонентами. Вважається, що волога в пшеничному тісті знаходиться у кількох різних видах – вільної вологи, адсорбційно зв’язаної, а також осмотично зв’язаної вологи [170, 174].

На кінцеву якість борошняних кондитерських виробів впливають кінетичні характеристики у процесі їхнього виготовлення, а саме

видалення вологи під час теплового оброблення у зоні високих температур. В процесі випікання тістова заготовка піддається термічній обробці, внаслідок чого набуває якісно нових характеристик, які формують органолептичні і структурно-механічні показники, харчову та біологічну цінність, створюють відповідні умови для транспортування та зберігання. На цьому етапі у бісквітному тісті відбувається фіксація піноподібної структури, за рахунок денатурації білків, клейстеризації крохмалю, а також розширення пухирців повітряної фази, їхнього подальшого розриву та злиття. Окрім того проходить втрата вологи з поверхні виробу за рахунок випаровування з наступною міграцією вологи до поверхні і виходом в атмосферу печі [172, 173].

Формування пористої структури бісквіту відбувається, в основному, в першій третині періоду випікання, а її закріплення і фіксація – на останній стадії випікання та під час охолодження й вистоювання. Отримання однорідної структури з округлими порами залежить від параметрів випікання. Температура і тривалість випікання впливають на процес розширення дисперсної повітряної фази та утворення пінної структури готового продукту, закріплення якої відбувається під час клейстеризації крохмальної матриці, денатурації білка і затвердіння через випаровування вологи [13, 172, 173].

Вивчення форми зв'язку вологи із рецептурними складовими в БН та їх зміна у процесі теплової обробки надає можливість регулювати параметри випікання і якісні показники готового продукту в цілому.

Дослідження зміни стану вологи у харчових продуктах під час теплової обробки здійснювали на основі кінетичних параметрів ендотермічних процесів, які відбуваються зі зміною маси за допомогою термогравіметрії (TG) і диференціального термічного аналізу (DTA) на дериватографі. В основу цих методів покладено припущення, що в умовах постійної швидкості нагрівання, значення ступеня зміни маси чи поглинання тепла системою на початку зони, що фіксується, і максимального розвитку процесу пропорційні константі швидкості перетворення для кожного значення температури [178, 179, 181].

Тому вивчення форм зв’язку вологи та їх вплив на формування структури БН з використанням БКЕ за допомогою методу диференціально-термічного аналізу є доцільним.

У вивченні властивостей БН і його здатності зберігати свіжість велика роль належить як кількісному співвідношенню вільної і зв’язаної вологи, так і розподілу зв’язаної води між біополімерами продукту. До основних компонентів, що зв’язують воду в борошняних виробах

відносяться крохмаль, білки та пентозани. Загальна кількість води що поглинається тістом, розподіляється наступним чином: 31,1% сорбується білком, в основному, осмотично, 45,5% крохмалем – адсорбційно і 23,4% – пентозанами [182].

Дериватограми, отримані під час аналізу контрольного та досліджуваних зразків БН на основі борошняних сумішей з БКЕ у співвідношенні до БП 20:80 мас.%, та 0:100 мас.% після 6 годин вистоювання, подано у додатку А.

На дериватограмах піки кривої DTG вказують на процеси, які відбуваються із втратою маси зразка. Можна припустити, що зменшення маси відбувається у результаті втрати вологи із дослідних систем БН. Процес видалення вологи із усіх дослідних зразків відбувається у три етапи, тому що на кривих DTG та DTA зафіксовано по три ендоефекти.

Аналіз результатів обробки дериваторам дозволило встановити деякі спільні закономірності для всіх зразків тіста. Зокрема, характерною є наявність трьох температурних діапазонів, кожен з яких пов'язаний з видаленням вологи різних типів, що відрізняються міцністю зв'язку зі складовими компонентами.

На першому етапі в діапазоні температур 40…100°С відбувається майже лінійна зміна маси зразка і незначна втрата вологи до 6%. Такий ефект є спільним для всіх зразків. Очевидно, на цьому етапі відбувається видалення вільної вологи, яка знаходиться в крупних капілярах та комірках БН.

В температурному інтервалі 140…205°С, інтенсивність видалення води з тіста зростає, а швидкість зміни температури зразка сповільнюється. Можна припустити, що у цьому інтервалі відбувається видалення води, яка зв’язана адсорбційними центрами полісахаридів та гідроксильних груп білків. Відмінності в міцності зв'язку з такими центрами виявляється в асиметрії піку на кривих DTA та наявністю декількох піків. Найяскравіше виражений поділ ендотермічного піку на декілька часткових піків має місце для зразка з вмістом БКЕ 100 мас.%.

З подальшим підвищенням температури відбувається видалення значної кількості вологи: до 22,8% для контрольного зразка за температури 295°С, для зразка з вмістом БКЕ 20 мас.% видаляється до 25,6% вологи за температури – 303°С, для зразка з вмістом БКЕ 100 мас.% видаляється до 27,2% вологи за температури 308°С. Дані щодо вмісту вільної та зв’язаної вологи у дослідних зразках БН у процесі теплового оброблення наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – **Вміст виділеної вологи у бісквітному напівфабрикаті**

№ стадії	Зразок №1 Контроль – 100 мас.% БП			Зразок №2 БКЕ:БП – 20:80 мас.%			Зразок №3 БКЕ:БП – 100:0 мас.%		
	Температурний максимум, °С	Кількість виділеної вологи із зразка, мг	Вміст вологи до загальної кількості вологи, %	Температурний максимум, °С	Кількість виділеної вологи із зразка, мг	Вміст вологи до загально кількості вологи, %	Температурний максимум, °С	Кількість виділеної вологи із зразка, мг	Вміст вологи до загальної кількості вологи, %
Вільна волога									
1	77	30	6	75	26	6	88	30	6
	83	36	7	100	34	8	100	42	9
	100	42	8						
Зв’язана волога									
2	140	44	9	145	38	9	150	48	10
	198	60	12	198	58	14	205	60	13
3	227	74	15	230	72	15	240	76	16
	268	100	20	275	92	22	280	100	20
	295	114	23	303	110	26	308	128	26

Для одержання даних про механізм видалення вологи за кривими TG розраховували ступінь зміни маси α бісквітного напівфабрикату контрольного зразка та з використанням БКЕ (рис. 3.8) і будували залежність |-lgα | від величини зворотної температури 1000/К.

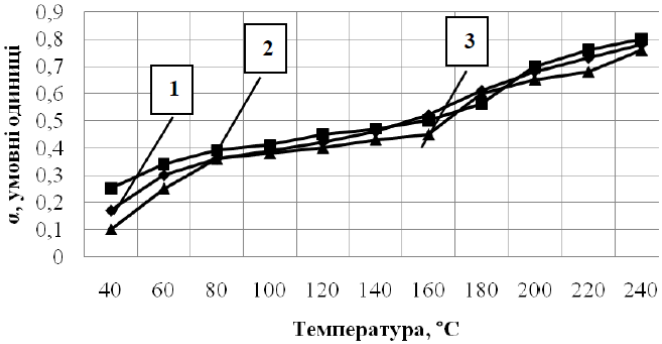


Рисунок 3.8 – Зміна маси зразка від температури бісквітного напівфабрикату: 1 – (контроль); 2 – БКЕ:БП – 20:80 мас.%; 3 – БКЕ:БП – 100 мас.%

Швидкість зміни маси, що відповідає процесу, використовували для одержання залежності зміни маси від температури. Для цього за кривою TG за постійних температурних інтервалів у 20°С знаходили зміну маси Δm_1 зразка, що відповідає кількості вологи, яка випарувалася за цієї температури.

Ступінь зміни маси α розраховували, як Δm_1 з інтервалом 20°С до загальної кількості води, яка міститься в бісквітному напівфабрикаті, видалена в кінці процесу дегідратації.

Отримані криві в координатах α-t (рис. 3.8) характеризують різні форми взаємодії води та сухих речовин у БН і як результат цих взаємодій подібність кривих у швидкості вивільнення води під час теплової обробки. Криві залежності зміни маси БН від температури дозволяють вивчити кінетику нерівноцінних форм зв'язку вологи і відбивають практично однакову швидкість дегідратації.

На першій стадії за температур 40…100°С (рис. 3.9, відрізок АВ) відбувається видалення вільної вологи або ж механічно зв'язаної, яка має невисоку енергію зв'язку із компонентами продукту. Спочатку вивільняється вода, яка зв'язана між собою водневими зв'язками. Десорбція капілярної води характеризується більш низькими

величинами енергії активації порівняно з водою, що вивільняється на другій стадії теплового оброблення (відрізок BC).

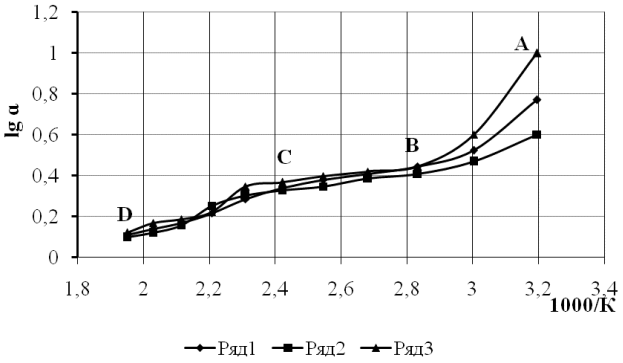


Рисунок 3.9 – Залежність логарифма ступеню змін маси від температури бісквітного напівфабрикату: 1 – (контроль); 2 – БКЕ:БП – 20:80 мас.%; 3 – БКЕ:ББ – 100:0 мас.%

На другому етапі (за температур 100…160°C) проходить вивільнення осмотично зв'язаної вологи, яка може утримуватися в осередках білкових молекул. Цій тип вологи вивільняється під час розгортання поліпептидних ланцюгів у результаті порушення гідрофобних взаємодій білків із водою, а також можливе видалення слабкозв'язаної адсорбційної вологи. На третьому етапі (відрізок CD) за температур 160…240°C можна припустити, що проходить виділення міцно зв'язаної адсорбційної хімічно зв'язаної вологи.

Отримані залежності показують особливості, пов'язані з впливом внесення борошняних сумішей на стан вологи в бісквітному напівфабрикаті. Використання БКЕ викликає перерозподіл форм зв'язку вологи, зменшується кількість вільної та легкозв'язаної вологи та збільшується кількість міцнозв'язаної вологи. Із збільшенням кількості БКЕ до 100 мас.% ця залежність чітко прослідковується, причому зростає кількість сильнозв'язаної вологи, що відповідає діапазону від 227…308°C.

Наявність більшої кількості зв'язаної вологи у системі сприятиме покращенню технологічних характеристик бісквітного напівфабрикату під час його випікання та зберігання. Вважається, що в м'якуші бісквітного напівфабрикату волога знаходиться у кількох якісно різних

станах тому розглядати зміни властивостей його в процесі зберігання, необхідно з врахування ролі вологи в ньому [115].

Процес черствіння бісквітних напівфабрикатів пов'язують зі змінами систем вода-крохмаль і вода-білок. І саме у зміні стану вологи під час зберігання виробів значну роль відіграють молекули води, що термодинамічно зв'язана, та волога, яка розподілена в міжмолекулярному просторі денатурованого білка та частково клейстеризованого крохмалю, і є осмотично зв'язаною. Тому, для дослідження механізму змін стану води в бісквітних напівфабрикатах під час зберігання застосовано термогравіметричний метод [180].

Дослідження особливостей вологовиділення БН з використанням БКЕ, аналіз отриманих закономірностей і визначення тенденції впливу БКЕ на динаміку зміни якісних показників готового продукту в процесі зберігання за допомогою термогравіметричного аналізу потребує детального вивчення. Аналіз дериватограм здійснювали з врахуванням того, що крива Т – це графічне зображення залежності температури зразка від температури середовища в будь-який момент нагрівання. Крива TG – характеризує залежність маси зразка за певної температури у цей момент часу. Крива DTG – відображає швидкість зміни маси зразка; крива DTA – теплові ефекти, що протікають у зразку, зі зміною температури, тобто, піки з максимумами відповідають екзотермічним перетворенням, а з мінімумами – ендотермічним. В основу цього методу покладено припущення, що в умовах постійної швидкості нагрівання, значення ступеня зміни маси чи поглинання тепла системою на початку зони, що фіксується, і максимального розвитку процесу пропорційні константі швидкості перетворення для кожного значення температури [181].

Описані вище експериментальні дані свідчать, що використання БКЕ в технології БН дозволяє збільшити частку зв'язаної вологи [183]. Очевидно, що такі бісквітні вироби довше зберігатимуть свіжість.

У зв'язку з цим, метою дослідження було вивчення впливу БКЕ на форми зв'язку вологи в процесі зберігання БН за допомогою методу термогравіметричного аналізу.

Як об'єкт дослідження обрано такі напівфабрикати:

– бісквітний напівфабрикат «Основний», виготовлений за стандартною рецептурою і технологією (контроль);

– бісквітний напівфабрикат «Сонечко» з використанням БКЕ у співвідношенні з БП у співвідношенні БКЕ:БП – 20:80 мас.%;

– бісквітний напівфабрикат «Безглютеновий» із повною заміною пшеничного борошна на БКЕ.

Дослідження проводили через 24, 48 та $72 \cdot 60^2$ с після випікання бісквітного напівфабрикату та зберігання в полімерній тарі за температури (20±2)°С і відносної вологості повітря (75±2)%.

Забезпечення якості бісквітного напівфабрикату у процесі зберігання залежить як від кількісного співвідношення вільної і зв'язаної вологи, так і від розподілу зв'язаної води між біополімерами продукту. До основних компонентів, що зв'язують воду в борошняних виробах відносяться крохмаль, білки та пентозани. В процесі зберігання вказані біополімери зазнають складних фізико-хімічних, біохімічних та колоїдних перетворень за втрати ними вологи, в результаті чого відбувається втрата смаку, аромату та зниження еластичності м'якуша бісквіту [184].

Дериватограми отримані під час аналізу контрольного зразка, БН «Сонечко» та «Безглютенового», після 24 і 48 та $72 \cdot 60^2$ с зберігання, подано в додатку А.

Піки кривої DTG вказують на процеси, які відбуваються із втратою маси зразка. Якщо припустити, що під час нагрівання зменшення маси відбувається у результаті втрати вологи із дослідних систем бісквітних напівфабрикатів, тоді процес видалення вологи із усіх дослідних зразків відбувається у три етапи, тому що на кривих DTG та DTA зафіксовано по три ендоефекти. Аналіз результатів оброблення дериватограм вказує на деякі спільні закономірності для всіх зразків бісквітного напівфабрикату. Характерною особливістю є наявність трьох температурних діапазонів, кожен з яких пов'язаний з виділенням вологи різних типів, що відрізняються міцністю зв'язку з складовими компонентами та кількістю виділеної вологи.

Під час термогравіметричного аналізу в діапазоні температур 40…100°С для зразків після $24 \cdot 60^2$ с їхнього зберігання відбувається майже лінійна зміна маси зразка і втрата вологи складає від 6% до 11%. Такий ефект є спільним для всіх зразків. Очевидно, на цьому етапі відбувається видалення вільної вологи, яка знаходиться в крупних капілярах і комірках бісквітного напівфабрикату та вологи, що виділилася в результаті денатурації білка та руйнування зв'язків його молекул із молекулами води.

В температурному інтервалі 140…205°С, у всіх зразків інтенсивність видалення води з бісквіту зростає, а швидкість зміни температури зразка сповільнюється та зберігає відносну постійність. У цьому інтервалі відбувається видалення води, яка зв'язана адсорбційними центрами полісахаридів та гідроксильних груп білків та вологи, яка рівною мірою зв'язана іншими компонентами бісквітного

напівфабрикату. Відмінності в міцності зв'язку з такими центрами виявляється в асиметрії піку на кривих DTA та наявністю декількох піків. Втрата маси на цих ділянках для зразків «Сонечко» складає до (33,8…38,0)%, для зразків «Безглютеновий» складає до (32,0…37,5)%, а для контрольних зразків складає до (42,0…54,0)% не залежно від тривалості зберігання.

У зразках бісквітних напівфабрикатів, які зберігали $24 \cdot 60^2$ с, з подальшим підвищенням температури, під час проведення термоаналізу відбувається видалення значної кількості вологи: до 23% для контрольного зразка за температури 295°С, для зразка «Сонечко» – до 26%, за температури 303°С, для зразка «Безглютеновий» – до 27%, за температури 308°С.

Дані щодо вмісту вільної та зв’язаної вологи у процесі теплової обробки у дослідних зразків бісквітного напівфабрикату за різної тривалості його зберігання, наведено у табл. 3.6.

Аналіз отриманих даних дозволив встановити, що у зразках бісквітного напівфабрикату після $48 \cdot 60^2$ с зберігання, найінтенсивніше виділення вологи відбувається для контрольного зразка за температури 272°С – до 24%, для зразка «Сонечко» видаляється до 32% вологи за температури – 303°С, для зразка «Безглютеновий» видаляється до 33% вологи за температури – 312°С.

Із аналізу отриманих результатів встановлено, що під час зберігання бісквітів упродовж $48 \cdot 60^2$с втрата вологи контрольним зразком складає 16%, тоді як у напівфабрикаті «Сонечко» кількість вологи зменшилась на 10%, а у «Безглютенового» - на 6% [184].

Здатність до адсорбційного зв’язування вологи характерна для крохмалю – основного складового компоненту БКЕ, який є міцною і одночасно лабільною сполукою. Міцність структури крохмального зерна зумовлюється наявністю в ньому численних зв’язків, що поєднують між собою розміщені одна біля одної молекули. Крохмаль має підвищену чутливість до різноманітних зовнішніх чинників і тому легко змінює свою структуру, зокрема під впливом процесу екструзійного оброблення. Відомо, що вода, яка взаємодіє з іонами та іонними групами, має найбільший ступінь зв'язку в харчових продуктах [185]. Так велика кількість груп –ОН в молекулі крохмалю обумовлює його піддатливість до утворення водневих зв’язків. Оскільки, під дією екструзії крохмаль БКЕ змінює свою структуру, цілком вірогідним є підвищення адсорбційної здатності крохмалю, і, як наслідок, збільшення кількості міцно зв’язаної вологи в бісквітному напівфабрикаті.

Таблиця 3.6 – **Вміст вологи у бісквітних напівфабрикатах після зберігання**

№ з/п	Контроль			«Сонечко»			«Безглютеновий»		
	Температурний максимум, °С	Кількість виділеної вологи із зразка, мг	Вміст вологи до загальної кількості вологи, %	Температурний максимум, °С	Кількість виділеної вол вологи із зразка, мг	Вміст вологи до загальної кількості вологи, %	Температурний максимум, °С	Кількість виділеної вологи із зразка, мг	Вміст вологи до загальної кількості вологи, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Протягом $24 \cdot 60^2$ с									
Вільна волога									
1	77±2	30±0,5	9±0,5	79±2	35±0,5	6±0,5	88±2	30±0,5	7±0,5
	83±2	36±0,5	10±0,5	85±2	20±0,5	5±0,5	100±2	42±0,5	9±0,5
Зв’язана волога									
2	140±2	44±0,5	9±0,5	145±2	38±0,5	9±0,5	150±2	48±0,5	10±0,5
	198±2	60±0,5	12±0,5	198±2	58±0,5	14±0,5	205±2	60±0,5	13±0,5
	227±2	74±0,5	15±0,5	230±2	72±0,5	15±0,5	240±2	76±0,5	16±0,5
3	268±2	100±0,5	20±0,5	275±2	115±0,5	23±0,5	280±2	95±0,5	19±0,5
	295±2	114±0,5	23±0,5	308±2	140±0,5	26±0,5	303±2	135±0,5	26±0,5
Протягом $48 \cdot 60^2$ с									
Вільна волога									
1	72±2	80±0,5	16±0,5	75±2	50±0,5	10±0,5	82±2	40±0,5	8±0,5

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зв’язана волога									
2	143±0,5	90±0,5	18±0,5	150±2	85±0,5	17±0,5	158±2	80±0,5	15±0,5
	200±2	100±0,5	20±0,5	197±2	75±0,5	16±0,5	197±2	80±0,5	16±0,5
3	229±2	110±0,5	22±0,5	230±2	125±0,5	25±0,5	230±2	140±0,5	28±0,5
	272±2	120±0,5	24±0,5	308±2	185±0,5	32±0,5	312±2	160±0,5	33±0,5
Протягом $72 \cdot 60^2$ с									
Вільна волога									
1	79±2	55±0,5	11±0,5	82±2	45±0,5	9±0,5	80±2	30±0,5	6±0,5
Зв’язана волога									
2	148±2	65±0,5	13±0,5	150±2	60±0,5	12±0,5	176±2	50±0,5	10±0,5
	204±2	80±0,5	16±0,5	200±2	80±0,5	16±0,5	205±2	85±0,5	17±0,5
	233±2	95±0,5	19±0,5	230±2	90±0,5	18±0,5	230±2	95±0,5	19±0,5
3	277±2	100±0,5	20±0,5	282±2	100±0,5	20±0,5	280±2	110±0,5	22±0,5
	305±2	120±0,5	21±0,5	310±2	125±0,5	25±0,5	320±2	130±0,5	26±0,5

За отриманими даними через $72 \cdot 60^2$ с кількість втраченої вологи у кожного дослідного зразка стала приблизно такою як у контрольного зразка через перші $48 \cdot 60^2$ с зберігання. Слід зауважити, що за $72 \cdot 60^2$ с зберігання вироби з БКЕ втрачають практично на 25% менше вологи порівняно з контролем.

Інша частина вологи, внаслідок вищого парціального тиску у порівнянні з парціальним тиском водяних парів в капілярному просторі проникає в мікрокапіляри і займає вакантні місця в структурних елементах біополімерів. Вміст зв'язаної вологи в мікропорах підвищується, як показують результати досліджень, в межах 6…9%.

Заповнення мікропор вільною вологою і перехід її у зв'язаний стан можна пояснити виникненням водневих зв'язків між молекулами води і складовими компонентами бісквітного напівфабрикату. Існує декілька варіантів міграції вологи, зокрема шляхом ланцюгового механізму з утворенням водневих містків, які міцно утримуються в капілярному просторі [186]. Крім цього, залишається вода з підвищеною рухливістю, яка, можливо, утримується в капілярах без утворення будь-яких водних містків. Така волога, в першу чергу, видаляється методом термографічного аналізу у вигляді вільної вологи.

Результати дослідження, наведені в табл. 3.6, вказують на зменшення частки вологи, яка має найбільшу молекулярну рухомість, в бісквітному напівфабрикаті після $72 \cdot 60^2$ с зберігання. Щодо осмотично зв'язаної вологи (t=90…150°C), спостерігається тенденція до зниження її вмісту протягом зберігання бісквіту. У досліджуваних борошняних виробах в процесі черствіння частково клейстеризований крохмаль пшеничного борошна здатен до швидкого «старіння», а БКЕ здатне утримувати вологу, яку втрачають молекули амілози та амілопектину під час ретроградації крохмалю.

Для дослідних зразків вміст адсорбційно зв'язаної вологи (t=150…310°C) після $72 \cdot 60^2$ с зберігання бісквіту залишається підвищеним в середньому на 2…3% у порівнянні з контрольним зразком. Очевидно, що за рахунок використання БКЕ відбувається деяке затримання процесів молекулярного переміщення вологи всередині виробу. Відомо, що під час зберігання борошняних виробів ступінь рухливості вільної вологи в ньому зростає, а зв'язаної, міцно асоційованої з біополімерами, навпаки, знижується [185]. У бісквітному напівфабрикаті виготовленому за традиційною технологією, за рахунок підвищеної рухливості вологи під час зберігання виробу відбувається перехід молекул води вздовж ланцюжків крохмальних полімерів, що сприяє утворенню додаткових зв'язків між ними, та м'якуш набуває

структурної жорсткості. Для бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ рухливість вологи є зниженою, що сприятиме подовженню терміну зберігання його свіжості. Очевидно, додавання БКЕ сприяє зниженню швидкості випаровування вологи в дослідних зразках, що є досить важливим технологічним чинником під час зберігання бісквітних напівфабрикатів. Зміни швидкості випаровування вологи у бісквітних напівфабрикатах під час зберігання контрольних і дослідних зразків наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – **Зміни швидкості втрати вологи бісквітного напівфабрикату під час зберігання**

Напівфабрикат	Швидкість випаровування вологи, мг/град			
	75…120°С	120…210°С	210…280°С	280…400°С
Тривалість зберігання 24×60^2 с				
Контроль	41,5±0,8	3,0±0,06	2,0±0,05	3,8±0,07
Сонечко	69,0±1,3	2,8±0,05	4,2±0,08	4,5±0,08
Безглютеновий	38,0±0,7	3,0±0,06	3,4±0,06	4,4±0,08
Тривалість зберігання 48×60^2 с				
Контроль	51,1±0,9	5,5±0,11	4,8±0,09	4,4±0,08
Сонечко	66,0±1,3	4,0±0,07	5,4±0,1	6,0±0,12
Безглютеновий	36,0±0,7	3.6±0,06	6,0±0,12	6,4±0,13
Тривалість зберігання 72×60^2 с				
Контроль	69,6±1,3	4,1±0,08	3,8±0,07	3,9±0,08
Сонечко	55,0±1,1	4,0±0,08	3,7±0,07	4,0±0,08
Безглютеновий	37,0±0,7	3,5±0,06	4,0±0,08	4,0±0,08

Слід зазначити, що залежності TG, DTG, DTA (додаток А) усіх досліджуваних об’єктів мають типовий характер, але відрізняються кількісними значеннями. На дериватограмах криву TG залежно від температурного інтервалу нагрівання можна умовно поділити на ділянки, на яких відбуваються найінтенсивніші зміни складових компонентів досліджуваних харчових систем. Саме тому у табл. 3.7 наведено зміни швидкості випаровування вологи в бісквітних напівфабрикатах протягом визначеного терміну зберігання у цих температурних діапазонах. За результатами дослідження встановлено, що зразки бісквітного напівфабрикату характеризуються високою швидкістю зниження маси напівфабрикату, як у контрольному так і з додаванням БКЕ незалежно від тривалості його зберігання. Проте, в контролі через $24\cdot60^2$ с зберігання швидкість на 8,4% більша ніж у

зразка «Безглютеновий», а через $48 \cdot 60^2$ с вона зростає на 30% і через $72 \cdot 60^2$ с вона зростає ще на 47%. У зразках БН «Сонечко» не спостерігалося значного зниження швидкості випаровування вологи, що може бути зумовлено лише частковою заміною БП у його складі на БКЕ (до 20 мас.%).

Ґрунтуючись на отриманих результатах, можна стверджувати, що використання БКЕ, яке виявляє властивості гідроколоїду і виступає вологоутримуючим агентом, є доцільним у виробництві бісквітних напівфабрикатів. Завдяки своїй гігроскопічності БКЕ зв'язує у свіжоприготовленому продукті вологу і суттєво сповільнює її вилучення під час випікання та зберігання випеченого напівфабрикату.

Аналіз дериватограм вказує на наявність температурних діапазонів, кожен з яких пов'язаний з видаленням вологи різних типів, що відрізняються міцністю зв'язку зі складовими компонентами. Зі збільшенням кількості БКЕ зростає кількість сильнозв'язаної вологи, яка видаляється із системи у діапазону від 227…308°С, та сприяє покращенню технологічних характеристик БН під час його зберігання.

Через $72 \cdot 60^2$ с кількість втраченої вологи у кожного дослідного зразка стала приблизно такою як у контрольного зразка через перші $48 \cdot 60^2$ с зберігання. Слід зауважити, що за $72 \cdot 60^2$ с зберігання вироби з БКЕ втрачають практично на 25% менше вологи порівняно з контролем.

Таким чином, використання БКЕ для БН зменшує інтенсивність виділення вологи в цій системі, веде до збільшення кількості зв'язаної вологи, що є позитивним технологічним чинником, який забезпечує подовження терміну збереження свіжості бісквітних виробів і надає можливість прогнозування термінів їх зберігання.

3.4. Розробка технології бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ

Проведений комплекс теоретичних та експериментальних досліджень дозволив розробити технологічну схему виробництва бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ.

Застосування системного підходу під час розробки технології БН з використанням БКЕ дозволяє виділити підсистеми у технологічній системі. Такий підхід передбачає функціональну організацію системи, що відображає сукупність її функцій, взаємозв'язок між ними та у структурній організації, що характеризує склад системи. Важливою особливістю системного підходу є одночасне врахування під час аналізу і синтезу всіх складових технологічного потоку як в середині системи

так і в процесі її обміну з зовнішнім середовищем. Критерієм функціонування системи є отримання продуктів з певними органолептичними, фізико-хімічними та технологічними показниками [191]. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено рецептуру БН з використанням БКЕ (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – **Рецептура бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ**

Сировина	Вміст сухих речовин, %	Витрати сировини на 100 кг бісквітного напівфабрикату (кг)			
		«Сонечко»		«Безглютеновий»	
		в натурі	в СР	в натурі	в СР
Борошно пшеничне в/с	85,50	26,0	22,23	-	-
БКЕ	91,0	8,07	7,34	30,58	27,82
Яйця с-г птиці	27,0	57,85	15,62	63,44	17,12
Цукор білий	99,7	34,71	34,65	30,26	30,16
Разом		126,63	79,84	124,28	75,1
Вихід	79,0	100,0	79,0	100,0	75,00

Технологічний процес виробництва БН з використанням БКЕ складається з таких підсистем: А – «Утворення бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ», B_1 – «Отримання яєчно-цукрової суміші», B_2 – «Замішування тіста», B_3 – «Формування тіста», B_4 – «Випікання і охолодження», B_5 – «Вистоювання», C_1 – «Підготовка яєчного меланжу», C_2 – «Підготовка цукру», C_3 – «Підготовка борошна пшеничного вищого сорту», C_4 – «Підготовка БКЕ», С – «Підготовка рецептурних компонентів».

Функціонування системи забезпечується функціонуванням окремих підсистем відповідно до поставлених завдань. Слід відмітити, що послідовний перехід від однієї підсистеми до іншої забезпечує отримання кінцевого продукту із заданими властивостями. Модель технологічної системи виробництва бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ подано в табл. 3.9.

Підсистема С – «Підготовка рецептурних компонентів», передбачає отримання рецептурних компонентів з урахуванням заданого співвідношення та обробки. Основними рецептурними компонентами для приготування бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ є борошно пшеничне вищого сорту, БКЕ, яйця, цукор.

Таблиця 3.9 – **Структура принципової технологічної схеми і мета функціонування її складових**

Підсистема	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
А	Утворення бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ	Отримання БН з використанням БКЕ із заданими органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними властивостями, готової до реалізації в роздрібній торговій мережі та закладах ресторанного господарства
$В_1$	Отримання яєчно-цукрової суміші	Одержання піноподібної суміші, що забезпечує формування необхідних структурно-механічних властивостей напівфабрикату
$В_2$	Замішування тіста	Отримання бісквітного тіста з заданими структурно-механічними та органолептичними властивостями
$В_3$	Формування тіста	Отримання БН необхідної форми за рахунок формування тіста у форми для випікання
$В_4$	Випікання і охолодження	Отримання БН з бажаними характеристиками за рахунок реалізації температурних параметрів
$В_5$	Вистоювання	Отримання БН з заданими характеристиками за рахунок стабілізації структури БН з використанням БКЕ
С	Підготовка рецептурних компонентів	Підготовка компонентів системи з метою формування органолептичних показників, фізико-хімічних, структурно-механічних властивостей та харчової цінності готової продукції
$С_1$	Підготовка яєчного меланжу	Розпаковування, дозування, санітарна обробка
$С_2$	Підготовка цукру	Розпаковування, просіювання, магнітне сепарування, дозування.
$С_3$	Підготовка БП в/с	Дозування, просіювання, магнітне сепарування та змішування, з БКЕ
$С_4$	Підготовка БКЕ	Дозування, просіювання, магнітне сепарування та змішування з БП

Обґрунтовано співвідношення рецептурних компонентів бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ «Безглютеновий»: яйця: цукор білий: БКЕ – 2,1: 1: 1,02; бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ «Сонечко» : яйця: цукор білий: БП та БКЕ – 2,06:1,24:1 [192].

Підготовка основних компонентів бісквітного напівфабрикату здійснюється в межах підсистем C_1 – «Підготовка яєчного меланжу», C_2 – «Підготовка цукру», C_3 – «Підготовка борошна пшеничного вищого сорту», C_4 – «Підготовка БКЕ».

У межах підсистеми C_1 здійснюються наступні операції: яйця інспектують за допомогою овоскопу, обробляють у ваннах за спеціальною схемою та звільняють від шкаралупи. В межах підсистеми C_2 цукор просіюють крізь дрібні сита з діаметром 3 мм для видалення сторонніх домішок.

Підсистема В передбачає збивання підготованої сировини (підсистеми C_1; C_2) та перемішування з борошняною сировиною (підсистеми C_3; C_4). Збивання забезпечує необхідне насичення повітрям яєчно-цукрової суміші для отримання дрібнопористого готового напівфабрикату. Визначено параметри збивання за яких досягається рівномірне насичення – тривалість збивання (40±2) 60 с, температура меланжу 20…25°С, до збільшення в об'ємі в 2,5…3 рази. Тривалість перемішування з борошном не потребує чіткого контролю для бісквітного напівфабрикату «Сонечко», оскільки наявність БКЕ перешкоджає набряканню білків пшеничного борошна та затягуванню тіста, після чого тісто формують залежно від виду готового напівфабрикату.

Тривалість перемішування БКЕ для бісквіту «Безглютеновий» також, не потребує обмеження часу замісу тіста, оскільки БКЕ сприяє, стабілізації пінної системи бісквітного тіста до технологічних чинників та виробництву кулінарної та кондитерської продукції з високими якісними показниками.

Готове бісквітне тісто відразу випікають в тортових формах і на листах, оскільки воно під час зберігання може частково втрачати структуру. Форми і листи застеляють папером, або змащують жиром. Бісквітне тісто дозують у форми на ¾ їх висоти, тому що під час випікання воно збільшується в об'ємі.

Випікають бісквітне тісто зазвичай за температури 200…210°С, проте час випікання залежить від товщини, об'єму та складових тіста. Випікання бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ відбувається за температури t=190…200°С впродовж 45…50·60 с.

На рис. 3.10, 3.11 наведено технологічні схеми та асортимент продукції на основі БН з використанням БКЕ «Безглютеновий» та БН «Сонечко» з 20% заміною борошна пшеничного на БКЕ.

Асортимент виробів з бісквітного тіста, виготовлених у закладах ресторанного господарства за технологічною схемою, подано на рисунках 3.10-3.11 та включає не тільки готові до реалізації десерти, торти, тістечка та рулети, а й окремо бісквітний напівфабрикат, який може певний час зберігатися на підприємстві чи бути реалізований у торговельній мережі як окремий харчовий продукт.

Розроблена технологія бісквітних напівфабрикатів може бути рекомендована для виготовлення широкого асортименту бісквітних виробів (тортів, тістечок, рулетів, кейк-попсів та кейк-болів). Особливості технології напівфабрикату «Безглютеновий» полягає у тому, що під час приготування не потребує просочування сиропом, напівфабрикат «Сонечко», можна використовувати, зокрема як, так званий, «сухий бісквіт», печива савоярді у кулінарній продукції.

Показники енергетичної цінності розроблених бісквітних напівфабрикатів наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – **Енергетична та поживна цінність бісквітних напівфабрикатів «Сонечко» та «Безглютеновий»**

Бісквітний напівфабрикат	Вміст (на 100 г), %					Енергетична цінність 100 г продукту, ккал
	золи	білка	вуглеводів	жиру	клітковини	
Сонечко	1,62	11,0	60,0	7,6	0,13	346,8
Безглютеновий	1,8	10	52,3	10	0,2	339,2

На розроблену технологію бісквітних напівфабрикатів **«Сонечко» та «Безглютеновий»** розроблено ТУ У 10.7-010566330-305:2014 «Бісквітний напівфабрикат «Сонечко» і «Безглютеновий».

Для визначення допустимого терміну зберігання важливим є вивчення мікробіологічних показників бісквітного напівфабрикату за умов зберігання у герметичній полімерній упаковці.

Результати мікробіологічних випробувань бісквітних напівфабрикатів «Сонечко» та «Безглютеновий» наведено в табл. 3.11.

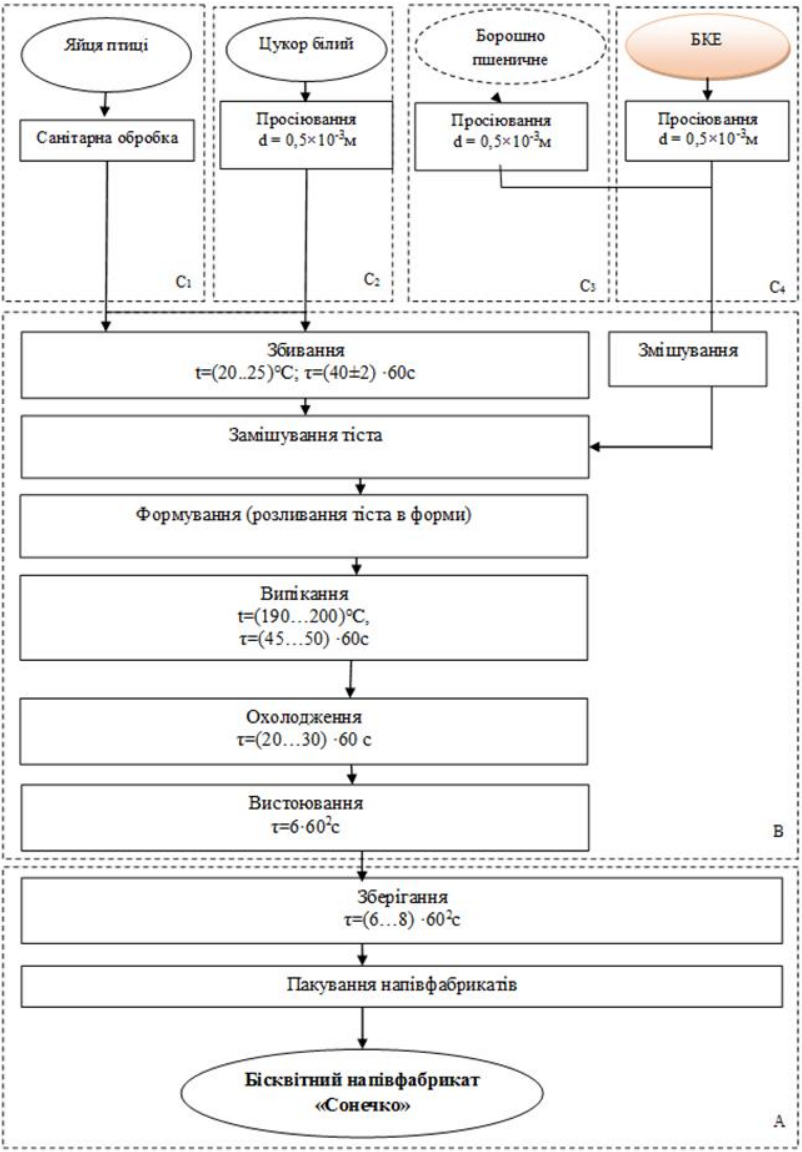


Рисунок 3.10 – **Технологічна схема виробництва бісквітного напівфабрикату «Сонечко» з використанням БКЕ**

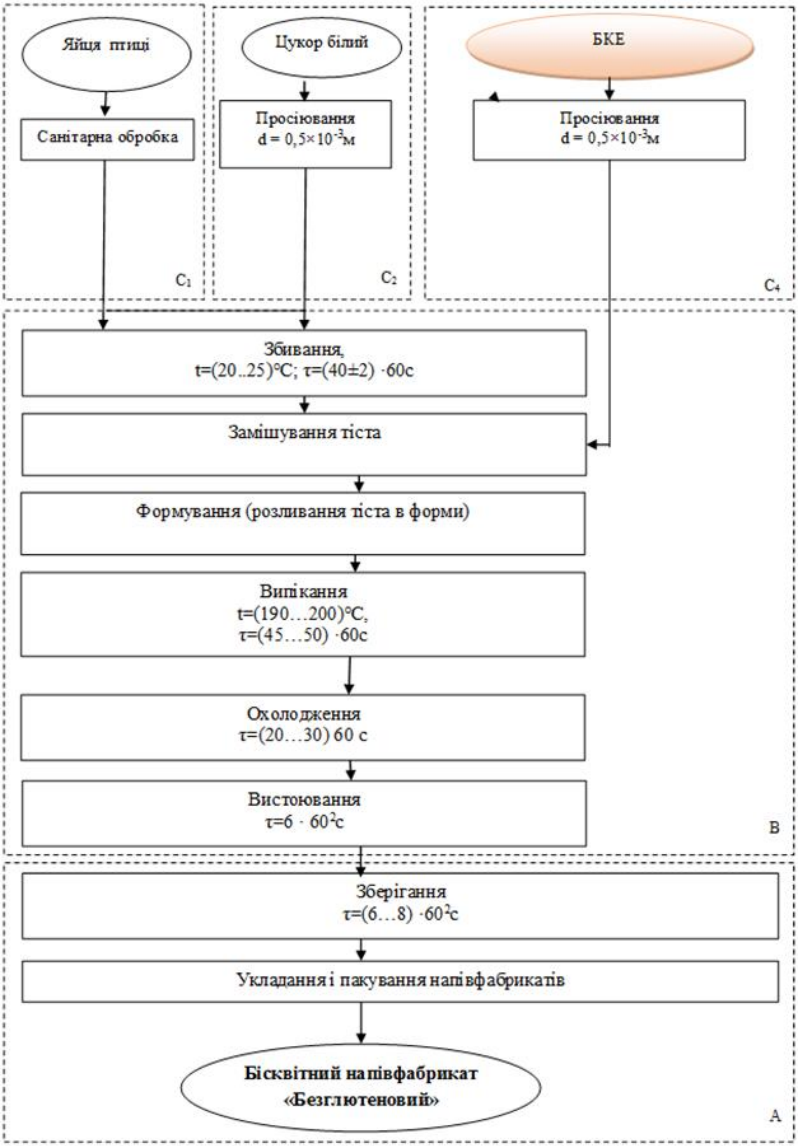


Рисунок 3.11 – **Технологічна схема виробництва бісквітного напівфабрикату «Безглютеновий» на основі БКЕ**

Таблиця 3.11 – **Мікробіологічні показники бісквітних напівфабрикатів з БКЕ**

Тривалість зберігання	Мікробіологічні показники					
	Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КОЕ/г, не більше	Бактерії групи кишкової палички, маса продукту (г), в якій не допускається	S. aureus, маса продукту (г), в якій не допускається	Бактерії роду Salmonella, маса продукту (г), в якій не допускається	Дріжджі, КОЕ/г, не більше	Плісень, КОЕ/г, не більше
Допустимий рівень	1×10^4	1,0	0,1	25	50	50
Фактичний вміст за зберігання (діб) бісквітного напівфабрикату «Сонечко»						
0	1×10^1	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
10	3×10^1	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
20	1×10^2	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
30	6×10^2	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
Фактичний вміст за зберігання (діб) бісквітного напівфабрикату «Безглютеновий»						
0	1×10^1	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
10	3×10^1	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
20	1×10^2	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.
30	6×10^2	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.	не виявл.

Аналіз експериментальних даних свідчить, що мікробіологічні показники БН з використанням БКЕ перебувають у межах допустимих значень, регламентованих нормативною документацією.

Важливим для характеристики харчових продуктів, окрім технологічних показників є органолептичні показники бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ. Результати органолептичного дослідження бісквітних напівфабрикатів надано в табл. 3.12.

За результатами дегустації встановлено, що в міру збільшення кількості БКЕ смак і запах готового виробу не погіршується, а навпаки, відчувається яскраво виражений присмак БКЕ, отриманий продукт має приємний смак, запах та консистенцію. Органолептичні показники проілюстровано на фотографіях рис. 3.12.

Під якістю розуміють сукупність властивостей всіх чинників процесу виробництва, від яких залежить відповідність цього процесу і його результатів встановленим вимогам.

Для кількісного визначення показників якості бісквітного напівфабрикату нами використано принципи кваліметрії, при цьому оцінка якості виробу розглядається як багатоетапний процес, що складається із оцінки окремих показників, властивостей і комплексної оцінки якості в цілому [193, 194].

Відповідно до обраної моделі, якість бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ розглядається як деяка ієрархічна сукупність властивостей (рис. 3.13), які викликають зацікавленість споживача. Для бісквітного напівфабрикату – це органолептичні властивості, структурно-механічні властивості, термін збереження свіжості та харчова цінність [195].

Кожна властивість характеризується її величиною *Pi* – величина, яка кількісно вимірює цю властивість, *Mi* – показник, який враховує вагомість цієї властивості. Ієрархічне дерево будується так, що властивості *i*-го рівня визначаються відповідними властивостями i+1 рівня (де i=1, 2, 3 і т. д.).

Для оцінки рівня якості пропонується порівняння однотипних виробів між собою, чи з еталонними (базовими) зразками. Нами запропоновано порівняння розроблюваної моделі бісквітного напівфабрикату з моделлю контрольного зразка, тобто широко використовуваного бісквітного напівфабрикату «Основного».

Під час оцінювання якості, відповідно до обраної методики, необхідно знати не лише параметри P_i, які характеризують цю властивість, але й параметри, що визначають вагомість цього показника.

Таблиця 3.12 – **Органолептичні показники бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ**

Показник	Контроль	Бісквітний напівфабрикат	
		Сонечко	Безглютеновий
Поверхня	Верхня скоринка гладка, тонка, коричнева	Верхня скоринка тонка гладка коричнева	Верхня скоринка тонка, негладка темно коричневого кольору
Колір	Кремовий колір	Жовтий	Темно-жовтий
Вигляд м'якуша у розрізі	Середньопористий, еластичний, без слідів непромісу, зберігає форму після вистоювання	Дрібнопористий еластичний без слідів непромісу, зберігає форму після вистоювання	Середньопористий, еластичний, без слідів непромісу, дещо втрачає форму після вистоювання
Смак та запах	Солодкий з вираженим смаком та ароматом яєць	Солодкий присмак та аромат яєць, легкий аромат БКЕ	Солодкий, чітко виражений аромат та присмак БКЕ

Контроль *«Сонечко»* *«Безглютеновий»*

Рисунок 3.12 – **Фотографії органолептичних показників БН з використанням БКЕ**

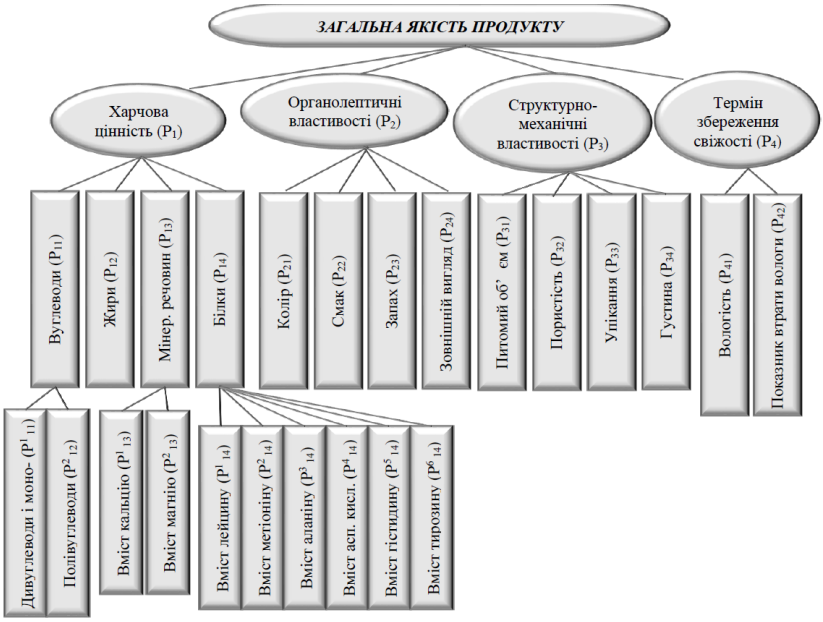


Рисунок 3.13 – **Ієрархічна структура властивостей, необхідна для оцінювання якості бісквітного напівфабрикату**

Під час визначення коефіцієнтів вагомості користуються методом експертної оцінки (метод Делфі). Відповідно до розрахунків експериментальних даних величина показника, що характеризує значимість властивостей, які перебувають в одному рівні, має бути постійною і дорівнювати певній константі (у даному випадку одиниці).

Виберемо коефіцієнти вагомості та базові показники, що характеризують бісквітний напівфабрикат «Безглютеновий»:

M_1=0,30 – харчову цінність; M_2=0,35 – органолептичні показники; M_3=0,15 – структурно-механічні показники; M_4=0,20 – термін збереження свіжості;

M_{11}=0,25, P_{11}=0,30 – вміст вуглеводів; M_{12}=0,20, P_{12}=0,15 – вміст жиру; M_{13}=0,25, P_{13}=0,25 – вміст мінеральних речовин; M_{14}=0,35, P_{14}=0,35 – вміст білка;

$M^1{}_{11}$=0,4, $P^1{}_{11}$=25% – вміст моно- і дивуглеводів; $M^2{}_{11}$ = 0,6, $P^2{}_{11}$=75% – вміст полівуглеводів;

$M^1{}_{13}$=0,50, $P^1{}_{13}$=20 мг/100 грам – вміст кальцію; $M^2{}_{13}$=0,50,

P^2_{13}=38 мг/100 грам – вміст магнію;

M^1_{14}=0,2, P^1_{14}=845 мг/100 грам білка – вміст лейцину; M^2_{14}=0,20, P^2_{14}=133 мг/100 грам білка – вміст метіоніну; M^3_{14}=0,15, P^3_{14}=612 мг/100 грам білка – вміст аланіну; M^4_{14}=0,15, P^4_{14}= 579 мг/100 грам білка – вміст аспарагіновой. кислоти; M^5_{14}=0,15, P^5_{14}=157 мг/100 грам білка – вміст гістидину; M^6_{14}=0,15, P^6_{14}=308 мг/100 грам – вміст тирозину;

M_{21}=0,2, P=5 балів – колір; M_{22}=0,4, P=5 балів – смак; M_{23}=0,2, P=5 балів – запах; M_{24}=0,2, P=5 балів – зовнішній вигляд;

M_{31}=0,25, P_{31}=3,3 $м^3$/ кг – питомий об'єм; M_{32}=0,25, P_{32}=78% – пористість; M_{33}=0,25, P_{33}=11% – питомий об'єм; M_{34}=0,25, P_{34}=0,48 кг / $м^3$ – густина;

M_{41}=0,5, P_{41}=25% – вологість; M_{42}=0,5, P_{42}=1,6 % – показник втрати вологи.

Підставивши вибрані значення коефіцієнтів вагомості, базових показників та показників розроблюваного виробу, нами визначено комплексний показник якості БН «Сонечко» та «Безглютеновий».

Математична модель комплексного показника якості має такий вигляд:

$$
\begin{aligned}
K_0 = M_1 \cdot \Bigg(& M_{11} \cdot \left[M^1_{11} \cdot \left(\frac{P^1_{11}}{P^{1\ баз}_{11}} \right) + M^2_{11} \cdot \left(\frac{P^2_{11}}{P^{2\ баз}_{11}} \right) \right] + M_{12} \cdot \left[\frac{P_{12}}{P^{баз}_{12}} \right] + M_{13} \\
& \cdot \left(M^1_{13} \cdot \left(\frac{P^1_{13}}{P^{1\ баз}_{13}} \right) + M^2_{13} \cdot \left(\frac{P^2_{13}}{P^{2\ баз}_{13}} \right) \right) + M_{14} \\
& \cdot \Bigg[M^1_{14} \cdot \left(\frac{P^1_{14}}{P^{1\ баз}_{14}} \right) + M^2_{14} \left(\frac{P^2_{14}}{P^{2\ баз}_{14}} \right) + M^3_{14} \cdot \left(\frac{P^3_{14}}{P^{3\ баз}_{14}} \right) + M^4_{14} \\
& \cdot \left(\frac{P^4_{14}}{P^{4\ баз}_{14}} \right) + M^5_{14} \cdot \left(\frac{P^5_{14}}{P^{5\ баз}_{14}} \right) + M^6_{14} \cdot \left(\frac{P^6_{14}}{P^{6\ баз}_{14}} \right) \Bigg] \Bigg) + M_2 \\
& \cdot \Bigg(M_{21} \cdot \left(\frac{P_{21}}{P^{баз}_{21}} \right) + M_{22} \cdot \left(\frac{P_{22}}{P^{баз}_{22}} \right) + M_{23} \cdot \left(\frac{P_{23}}{P^{баз}_{23}} \right) + M_{24} \\
& \cdot \left(\frac{P_{24}}{P^{баз}_{24}} \right) \Bigg) + M_3 \\
& \cdot \left(M_{31} \cdot \left(\frac{P_{31}}{P^{баз}_{31}} \right) + M_{32} \cdot \left(\frac{P_{32}}{P^{баз}_{32}} \right) + M_{33} \cdot \left(\frac{P_{33}}{P^{баз}_{33}} \right) + M_{34} \right. \\
& \cdot \left. \left(\frac{P_{34}}{P^{баз}_{34}} \right) \right) + M_4 \cdot \left(M_{41} \cdot \left(\frac{P_{41}}{P^{баз}_{41}} \right) + M_{42} \cdot \left(\frac{P_{42}}{P^{баз}_{42}} \right) \right)
\end{aligned}
$$

Кваліметрична оцінка якості бісквітного напівфабрикату дає можливість всебічно охарактеризувати його з точки зору вимог споживача і визначити кількісний показник якості, який для бісквітного напівфабрикату «Сонечко» на 16% перевищує якість базового продукту, а бісквітного напівфабрикату «Безглютеновий» на 24%.

Крім цього, дослідження основних характеристик та органолептичних показників якості бісквітного напівфабрикату «Сонечко» та «Безглютеновий», здійснювали на основі розробки шкали сенсорної оцінки. Для порівняння як контроль обрано бісквітний напівфабрикат «Основний». Результати наведено у табл. 3.13 та зображені у вигляді профілів зовнішнього вигляду, кольору, вигляд у розрізі, смаку та запаху (рис. 3.14).

Зовнішній вигляд БН з використанням БКЕ передбачає виріб заданої форми без тріщин на поверхні з чистою або оздобленою поверхнею. Колір бісквітного напівфабрикату насичений, однорідний та натуральний, для «Безглютенового» дещо жовтіший, притаманний БКЕ. Дрібно-пористий еластичний м'якуш, без слідів непромісу, зберігає форму після вистоювання. Смак та запах бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ збалансований, чистий, залишає приємний післясмак, для «Безглютенового» смак та запах притаманний екструдованим кукурудзяним виробам.

Поданий технологічний процес виробництва бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ не потребує суттєвих змін в організації роботи кондитерського цеху та може бути реалізований як в спеціалізованих цехах так і в умовах закладів ресторанного господарства.

Розроблені бісквітні напівфабрикати з використанням БКЕ представлялися на дегустаціях, виставках, ярмарках, де здобули високу оцінку фахівців галузі.

3.5 Розробка рекомендацій із застосування бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ у технології борошняної кондитерської та кулінарної продукції

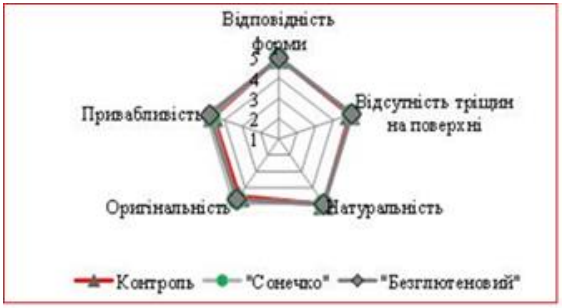
Проведені експериментальні дослідження стали підґрунтям для розробки рекомендацій щодо використання БН з використанням БКЕ та напівфабрикату «Безглютенового» у технології кулінарної та борошняної кондитерської продукції. Під час технологічних відпрацювань розроблено декілька видів кондитерської продукції на основі БН, рецептурний склад яких наведено в табл. 3. 14.

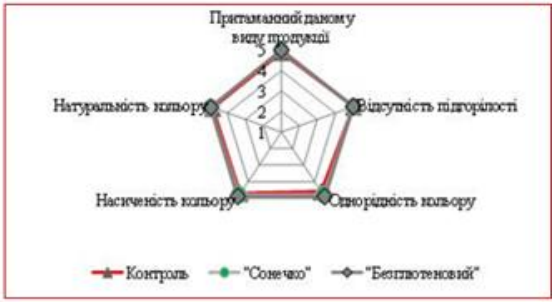
Таблиця 3.13 – **Результати сенсорної оцінки бісквітних напівфабрикатів**

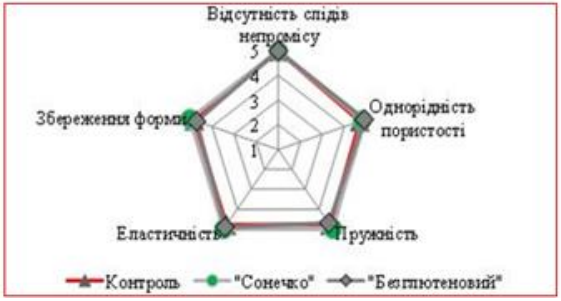
Показник	№ дескриптора	Коефіцієнт вагомості дескриптора	Характеристика	Оцінка в балах		
				Контроль	Сонечко	Безглютеновий
1	2	3	4	5	6	7
Зовнішній вигляд	1	0,2	Відповідність форми	5,0	5,0	5,0
	2	0,2	Відсутність тріщин на поверхні	4,9	5,0	5,0
	3	0,2	Натуральність	5,0	5,0	5,0
	4	0,2	Оригінальність	4,2	4,7	4,7
	5	0,2	Привабливість	4,6	4,7	4,8
Сумарна оцінка				4,74	4,88	4,9
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,42	1,46	1,47
Колір	1	0,2	Притаманний цьому виду продукції	4,9	5,0	5,0
	2	0,2	Відсутність підгорілого	5,0	5,0	5,0
	3	0,2	Однорідність кольору	4,6	4,8	4,9
	4	0,2	Насиченість кольору	4,7	4,8	4,9
	5	0,2	Натуральність кольору	4,8	4,9	4,9
Сумарна оцінка				4,8	4,9	4,94
Коефіцієнт вагомості показника				0,3	0,3	0,3
Підсумкова оцінка за показником				1,44	1,47	1,48

Продовження табл. 3.13

1	2	3	4	5	6	7
Вигляд у розрізі	1	0,2	Відсутність слідів непромісу	5,0	5,0	5,0
	2	0,2	Однорідність пористості	4,7	4,8	4,9
	3	0,2	Пружність	4,8	5,0	4,7
	4	0,2	Еластичність	4,8	5,0	4,9
	5	0,2	Збереження форми	4,8	5,0	4,7
Сумарна оцінка				4,82	4,96	4,84
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,96	0,99	0,96
Смак та запах	1	0,2	Притаманний цьому виду продукції	4,9	5,0	5,0
	2	0,2	Приємний	4,8	4,9	5,0
	3	0,2	Чистий	4,8	4,9	5,0
	4	0,2	Присмак	4,7	4,9	5,0
	5	0,2	Після смак	4,8	4,9	4,9
Сумарна оцінка				4,8	4,92	4,98
Коефіцієнт вагомості показника				0,2	0,2	0,2
Підсумкова оцінка за показником				0,96	0,98	0,99
Всього				4,78	4,9	4,9







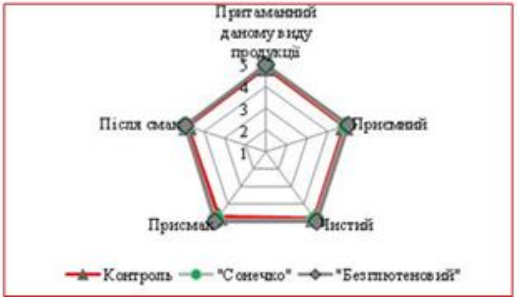


Рисунок 3.14 – Органолептичні профілі бісквітного напівфабрикату: зовнішній вигляд (а), колір (б), вигляд напівфабрикату у розрізі (в), смак та запах (г)

Таблиця 3.14 – **Рецептурний склад кондитерської продукції на основі бісквітних напівфабрикатів «Сонечко» та «Безглютеновий»**

Сировина	Витрати сировини на 1000 кг продукту, кг			
	Рулет фруктовий безглютеновий	Тістечко «Бісквітне» фруктове	Тістечко «Бісквітне» глазуроване	Тістечко «Бісквітне» з вершковим кремом
Борошно пшеничне в/с	-	260,0	260,0	260,0
БКЕ	305,80	80,70	80,70	80,70
Цукор білий	302,60	347,10	347,10 824,06	347,10
Яйця курячі харчові	634,40	578,50	578,50	578,50
Начинка фруктова	296,32	296,32	-	-
Цукрова пудра	30,55	30,55	-	278,57
Масло вершкове	-	-	-	522,33
Молоко цільне згущене з цукром	-	-	-	208,92
Коньяк	-	-	-	1,72
Масло шоколадне	-	-	-	-
Какао порошок	-	-	-	-
Пудра ванільна	-	-	-	5,15
Білок яйця сирий	-	-	-	-
Патока крохмальна	-	-	82,40	-
Ядро горіха смажене	-	-	-	-
Усього	-	-	-	-
Усього рецептурна суміш	1265,92	1593,17	2172,76	1016,69
Вихід	1000,0	1000,0	1500,0	1000,0

Технологічний процес здійснювали відповідно до технологічної інструкції до ТУ У 10.7-010566330-305:2014.

Під час розробки рекомендацій із застосування бісквітного напівфабрикату з додаванням БКЕ визначено можливі шляхи його використання для одержання кулінарної та кондитерської продукції (рис. 3.15).

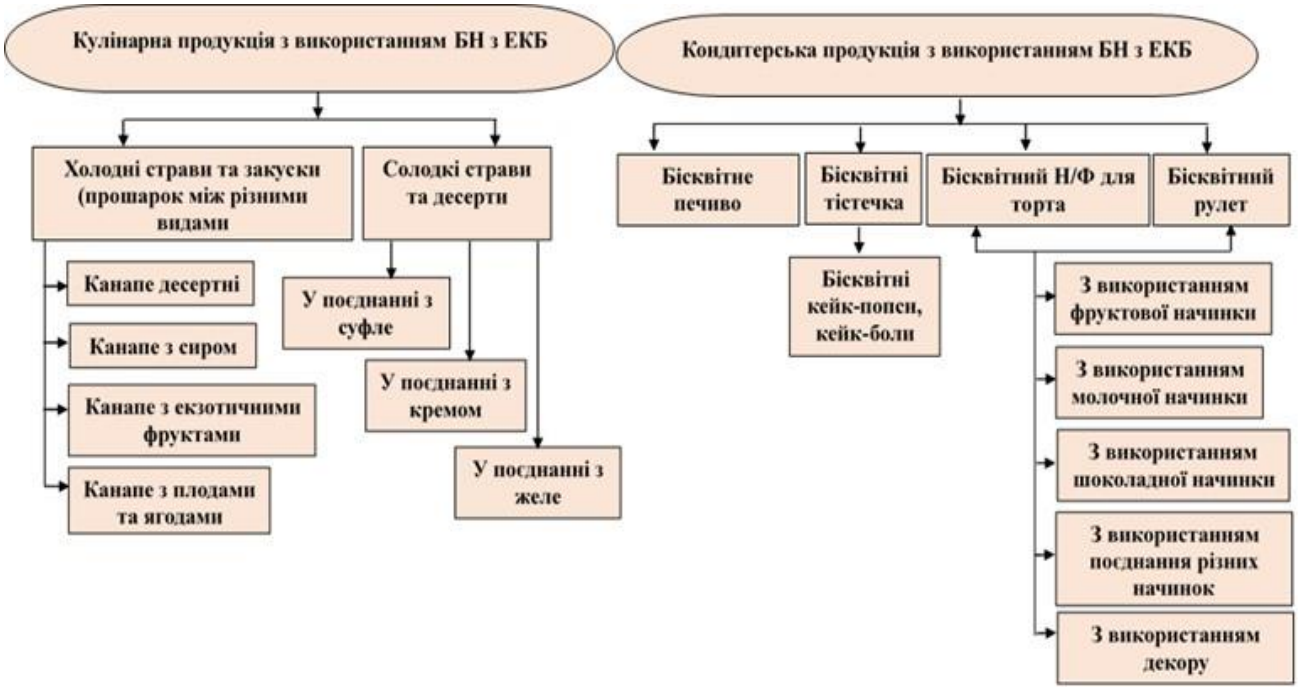


Рисунок 3.15 – Шляхи використання бісквітних напівфабрикатів з БКЕ в технологіях борошняної кондитерської та кулінарної продукції

Розширення асортименту борошняних кондитерських виробів на основі бісквітних напівфабрикатів «Сонечко» і «Безглютеновий» може здійснюватися таким шляхом:

– використання різного виду начинок;

– використання різних оздоблювальних напівфабрикатів;

– зміни форми виробів тощо.

На основі БН з використанням БКЕ можна створити широкий асортимент кулінарної продукції. Розроблені солодкі страви можна класифікувати за функціональним призначенням бісквітного напівфабрикату з використанням БКЕ:

– бісквітний напівфабрикат з використанням БКЕ є основою у солодкій (десертній) страві, на якій розташовується начинка;

– бісквітний напівфабрикат є прошарком між одним або різними видами наповнювача.

Солодкі страви готуються безпосередньо в споживчій тарі (креманках), що дозволяє використовувати широкий асортимент кремових начинок з різними структурно-механічними властивостями. Таким чином, можна отримати пошарові солодкі страви, що складаються з кількох шарів крему та бісквітного напівфабрикату. Крім цього креми можуть використовуватися як наповнювачі, а також як оздоблення поверхні страви. На основі аналітичних досліджень визначено асортимент солодких страв, в яких може бути використано бісквітні напівфабрикати з використанням БКЕ (рис. 3.15).

Враховуючи асортимент наповнювачів, зокрема, канапе, суфле, кремів, можна стверджувати можливість розроблення широкого асортименту кулінарної продукції. Це дозволяє визначити напрями їх розвитку з використанням бісквітних напівфабрикатів з використанням БКЕ. Розроблено технологію БН з використанням БКЕ. Та запропонована продукція на їх основі не є вичерпною, а визначає лише технологічне спрямування розширення асортименту кондитерської та кулінарної продукції.

Відмінною особливістю розробленої технології бісквітного напівфабрикату «Безглютенового» є виробництво принципово нової продукції, яка за ключовими показниками – функціонально-технологічними, органолептичними, фізико-хімічними відповідає кращим національним та світовим продуктам аналогам.

Безпечність технології обумовлена відмовою від використання харчових добавок, вищими технологічними показниками, що збільшує спектр його використання за формування на його основі широкого асортименту харчової продукції.

ВИСНОВКИ

Поданий у монографії аналіз вітчизняних і закордонних літературних джерел з питань створення технологій борошняних кондитерських виробів показав актуальність залучення з цією метою продуктів переробки зернової сировини екструзійної обробки як цінного джерела необхідних для функціонування організму людини речовин.

Аналітичний огляд літератури та узагальнення науково-технічної інформації з досліджуваної тематики дозволили проаналізувати сучасні тенденції розвитку технології БН та визначити, що перспективним напрямом є дослідження технологічних показників борошна кукурудзяного екструдованого (БКЕ) та його використання в технології БН для кулінарних та кондитерських виробів за обґрунтованих параметрів.

З метою визначення харчової цінності БКЕ досліджено його хімічний склад, харчову та біологічну цінність. Встановлено, що у БКЕ вміст клітковини становить 1%, що у 10 разів більше, ніж у борошні пшеничному. БКЕ містить білки – проламінової та глютенінової фракції, але вони не утворюють клейковину подібно до білків пшениці. Це дозволило рекомендувати використання БКЕ у виробництві безглютенового бісквітного напівфабрикату.

Встановлено закономірності процесу тістоутворення борошняних сумішей з використанням різних концентрацій БКЕ та його вплив на реологічні параметри тіста і якість бісквітного напівфабрикату. Дослідження концентрацій БКЕ від 5 мас.% до 20 мас.% в борошняних сумішах показало, що час утворення тіста зменшується в два рази, а водопоглинальна здатність підвищується на 3%. Встановлено, що борошняна суміш, яка містить 20 мас.% БКЕ, може бути рекомендована для бісквітного напівфабрикату, оскільки загальна валориметрична оцінка тіста погіршується лише на 7%, що виключає необхідність введення крохмалю картопляного для ослаблення клейковини.

Досліджено вплив БКЕ на динаміку зміни стану вологи в бісквітному тісті. Встановлено, що додавання БКЕ в систему бісквітного тіста сприяє зв’язуванню вологи і в свою чергу свідчить про тенденцію утримування більшої кількості вологи у готовому бісквітному напівфабрикаті з використання БКЕ, що сприяє продовженню термінів збереження свіжості готового бісквітного напівфабрикату.

Дослідження вологоутримуючої здатності та впливу концентрацій БКЕ у борошняних сумішах від 5 мас.% до 100 мас.% на стан вологи в бісквітному напівфабрикаті показало, що використання БКЕ викликає перерозподіл форм зв'язку вологи. Зменшується кількість механічно-, адсорбційно- і осмотично зв'язаної вологи та збільшується кількість зв'язаної вологи: до 22,8%, 25,6%, 27,2% для зразків з вмістом БКЕ 20 мас.% та 100 мас.% відповідно. Встановлений факт дозволив передбачити роль БКЕ у продовженні терміну збереження свіжості бісквітного напівфабрикату.

Шляхом повнофакторного експерименту одержано рівняння регресії та поверхні відгуку, на підставі яких було оптимізовано рецептурний склад та розроблено технологію безглютенового бісквітного напівфабрикату на основі 100% заміни пшеничного борошна на БКЕ із кількісним співвідношенням рецептурних компонентів «яйця: цукор: борошно» 2,1:1:1,02. Таким чином, було встановлено відсоткове співвідношення основних рецептурних компонентів: вміст яйцепродуктів 51 %; вміст цукру білого 24,4% та вміст БКЕ 24,6%.

Дослідження мікроструктури бісквітного тіста та напівфабрикату з використанням БКЕ дозволило обґрунтувати закономірності стабілізації пінної системи бісквітного тіста з використання БКЕ. Встановлено, що повна заміна пшеничного борошна на БКЕ впливає на стійкість піни бісквітного тіста таким чином, що вона зростає майже на 40%.

На основі дослідження органолептичних та мікробіологічних показників обґрунтовано терміни зберігання нової продукції впродовж 30 діб за температури 20°С та відносної вологості повітря не вище 75%.

З використанням системного підходу, на основі узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано технологію БН з використанням БКЕ, яку нормативно закріплено у ТУ У 10.7-010566330-305:2014 «Бісквітний напівфабрикат «Сонечко» та «Безглютеновий» та ТІ до ТУ У 10.7-010566330-305:2014, що регламентують процес виробництва продукту.

Визначено, що за впровадження технології відбувається зниження відпускної ціни бісквітного напівфабрикату «Сонечко» на 17,5% порівняно з контролем, а для БН «Безглютенового» відбувається відносне зростання відпускної ціни на 51,2% за збільшення комплексного показника якості на 24%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Індекси промислової продукції за видами діяльності у 2019 році URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/pr/iopp/iopp_u/iopp_19_u.htm (дата звернення 10.02.2020).
2. Rosell, C.M., Rojas, J.A. and Benedito, C. 2001a. Influence of hydrocolloids of Dough Rheology and Bread Quality. Food Hydrocol. 15:75. С. 81.
3. Дослідження можливості використання екструдату шроту амаранту в сиркових виробах. Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи : матеріали IX міжнар. наук.-техн. Конф., м. Київ, 17-19 жовт. 2005 р. Київ, НУХТ, 2005. 160 с.
4. Справочник по гидроколлоидам : под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. СПб : ГИОРД, 2006. 536 с.
5. Иоргачева Е. Г., Макарова О. В., Котузаки Е. Н. Изменение показателей качества бисквитных полуфабрикатов на основе мучных композитных смесей. Збірник наукових праць ОНАХТ, 2014. Вип. 46. Т.1. С. 112-117.
6. Василенко З. В. Мацикова О. В. Разработка технологии бисквита, обогащенного инулином. Кондитерское и хлебопекарное производство, 2005. № 11. С. 8.
7. Склад бісквіта з морквяним пюре: пат. 83984 Україна: МПК A21 D 13/00 (2013.01). № u 201303608/13; заявл. 22.03.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 10. 4 с.
8. Спосіб виробництва бісквітного напівфабрикату: пат. 35288 Україна: МПК (2006) A21D 13/00. № u 200804712; заявл. 11.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. №17, 4 с.
9. Композиція інгредієнтів для приготування масляного бісквітного напівфабрикату: пат. 36082 Україна: МПК A21 D 13/00 (2006). № u 200806679; заявл. 15.05.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. №19 5 с.
10. Джабоева А. С. Думанишева З. С., Кабалоева А. С., Созаева Д. Р. Технология бисквитных полуфабрикатов с использованием порошков из дикорастущих плодов. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2007. № 8. С. 4-6.
11. Бісквіт: пат. 64457 Україна: МПК (2011.01) A23G 3/00. № u 201104161; заявл. 06.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21, 3 с.
12. Rababah, Taha M. Mahasnek Majdi A., Ereifej Khalil I. Effect of

chickpea broad bean or isolated soy protein additions on the physicochemical and sensory properties of biscuits Al-J Food Science, 2006. 71. № 66. С. 438-442.

13. Иоргачева Е. Г., Макарова О. В., Капетула С. Використання амарантового борошна в технології виготовлення бісквітних напівфабрикатів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, 2008. №12. С. 20-23.

14. Новицкая Е. А., Миронова Е. М. Изучение потребительского спроса на бисквитные коржи, приготовленные с использованием ржаной муки. «Неделя науки – 2004»: матер. 37-й студ. науч.-техн. конф.; Орел ГТУ. Орёл, 2004. С. 22-24.

15. Спосіб одержання масляного бісквітного напівфабрикату: пат. 42270 Україна: А МПК А21 D 13/08. № u 2000127260; заявл. 18.12.2000; опубл. 15.10.2001, Бюл. №9, 4 с.

16. Матвеева Т. В., Корячкина С. Я. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография. Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. 358 с.

17. Спосіб приготування бісквітного напівфабрикату: пат. 27633 Україна: МПК А 21 D 13/08 № u 200706967; заявл. 21.06.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. № 18. 6 с.

18. Корячкина С. Я., Лазарева Т. Н., Кабанова Т. В., Годинов О. А., Холодова Е. Н. Использование нетрадиционного сырья в технологии бисквита. *Хлебопродукты*. 2015. № 6. С. 44-45.

19. Корячкина С. Я., Матвеева Т. В., Лазарев Т. Н. Применение сиропа олигофруктозы в технологии бисквитного полуфабриката. *Хлебопродукты*. 2012. №2. С. 38-42.

20. Пищевые эмульгаторы и их применение / под ред. Дж. Хазенхюттля, Р. Гартела, В. Д. Широкова. СПб. : Професия: 2008. 288 с.

21. Спосіб виробництва низькокалорійного кондитерського виробу: пат. 108085 Україна: А МПК А23G 3/34 (2006.01). № u 201603107; заявл 25.03.2016; опубл. 24.06.2016, Бюл. №12, 5 с.

22. Способ производства бисквитного теста: пат. РФ 2310330. № 2006113292/ 13 заявл. 19.04.2006, опубл. 20.11.2006, Бюл. №32. 4 с.

23. Липатов И. Б. Разработка технологии и рецептур изделий из бисквитного и дрожжевого теста с использованием альгинатов и ламинарии: дис…к-та техн. наук: 05.18.15. С.-Пб, 2004. 121 с.

24. Новицкая Е. А., Миронова Е. М. Изучение потребительского спроса на бисквитные коржи, приготовленные с использованием

ржаной муки. «Неделя науки – 2004»: матер. 37-й студ. науч.-техн. конф.; Орел ГТУ. Орёл, 2004. С. 22-24.

25. Лапушенко О. В. Завдання державного санітарно-епідеміологічного нагляду у забезпеченні державної політики в галузі харчування населення. *Проблеми харчування*. 2003. №1. С. 5–7.

26. Спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч»: пат. 34873 Україна: МПК (2006) A23 D 7/02 / № u 200803857; заявл. 27.03.2008; опубл. 26.08.2008, Бюл. №16, 4 с.

27. Бісквітний напівфабрикат оздоровчо-профілактичного призначення: пат. 64455 Україна: МПК (2011.01) A23 G 3/00 / № u 201104159; заявл. 6.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21, 5 с.

28. Спосіб приготування бісквітного напівфабрикату дієтичного призначення: пат. 35891 Україна: МПК (2006) A21D 13/00. № u 200805350; заявл. 24.04.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. №19, 8 с.

29. Бісквітний напівфабрикат для хворих на цукровий діабет: пат. 83917 Україна: МПК (2013.01) A21D 13/00 /. № u 2013-1748; заявл. 13.02.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. №19, 3 с.

30. Композиція для виготовлення бісквітного напівфабрикату: пат. 83989 Україна: МПК (2013.01) A21D 13/00. № u 201303613; заявл. 22.03.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. №19, 3 с.

31. Бісквіт: пат. 64457 Україна: МПК (2011.01) A23G 3/00 / Кочерга В. І., Назар М. І.; заявник Національний університет харчових технологій UA - № u 201104161; заявл. 06.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21, 11 с.

32. Спосіб виготовлення горіхово-макового бісквіто-подібного безхолестеринового напівфабрикату: пат. 25272 U МПК A21 D 13/08. № u 200606838; заявл. 19.06.2006; опубл. 10.08.2007, Бюл. №12, 7 с.

33. Спосіб виробництва бісквітного напівфабрикату (варіанти): пат. 41637 Україна: A МПК A21 D 13/08. № u 2000127062; заявл. 8.12.2000; опубл. 17.09.2001, Бюл. №8, 3 с.

34. Спосіб виробництва бісквіту: пат. 71788 Україна: МПК A21 D 13/08 (2006.01) / № u 201200659; заявл. 23.01.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. №14, 2012 р.

35. Склад бісквіту спеціального призначення: пат. 30611 Україна: МПК (2006) A23 G 3/00. № u 200706087; заявл. 1.06.2007; опубл. 11.03.2008, Бюл. №12, 8 с.

36. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / 2-е изд. перераб. и доп. Москва : Химия, 1983. 264 с.

37. Murray B. S., Ettelaie R. Foam stability: Proteins and nanoparticles. Current Opinion in Colloid and Interface Science, 2004. Vol.

9, № 5. P. 314-320.

38. Горальчук А. Б. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою: дис…к-та техн. наук: 05.18.16. Харьков, 2016. С. 326.

39. Ali J. Green, Karen A. Littlejohn, Paul Hooley, Philip W. Cox. Formation and stability of food foams and aerated emulsions: Hydrophobins as novel functional ingredients. Current Opinion in Colloid &Interface Science, 2013. Vol.18. P. 292-301.

40. Кисельова О. О. Виробництво випечених напівфабрикатів, печива пряників. URL: http://shag.com.ua/virobnictvo-vipechenih-napivfabrikativ-pechiva-pryanikiv-kisel.html (дата перегляду: 3.11.2015).

41. Спосіб виробництва бісквітного напівфабрикату: пат.71410 Україна: С2 МПК A21 D 13/08 (2006.01) № u 20031212789; заявл. 29.12.2003; опубл. 15.12.2006, Бюл. №12, 6 с.

42. Зубченко А. В. Физико-химические основы технологи кондитерських изделий: учебник. 2-е изд. Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 2001. 389 с.

43. Калачев М. И. Малые предприятия для производства сахарных и мучных кондитерских изделий. Москва : ДеЛи принт, 2009. 336 с.

44. Павлов А. В. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. Москва : Профи, 2016. 296 с.

45. Черевична Н. І. Розробка технології бісквітних напівфабрикатів з використанням мікробного полісахариду ксампану: дис…к-та техн. наук: 05.18.16. Харьков : 2010. 160 с.

46. Спосіб приготування бісквітного напівфабрикату: пат. 27633 Україна: МПК A21 D 13/08 (2006.01). № u 200706967; заявл. 21.06.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. №12, 7 с.

47. Федоренко Г. М., Нечаюк И. И. К вопросу применения модифицированных крахмалов. Мясная индустрия. 2001. №3. С. 12-13.

48. Руськина А. А., Попова Н. В., Науменок Н. В., Руськин Д. В. Анализ современных способов модификации крахмала как инструмента повышения его технологических свойств. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology. 2017. Vol. 5, № 3. P. 12-20.

49. Головченко В., Лопатін Г., Ковбаса В. М. Екструдати, шрот і концентрати із зернобобових можна використовувати для створення нових видів харчових продуктів. *Харчова і переробна пром-ть*. 2001. №1. с. 23-25.

50. Dickinson E. Colloids in food: ingredients, structure, and stability.

Annual review of food science and technology. 2015. Т.6. С. 211-233.

51. Остриков А. Н., Абрамов О. В., Рудометкин А. С. Экструзия в пищевой технологи. СПб : ГИОРД, 2004. 288 с.

52. Рудавська Г. Б., Аннєнкова Н. Б. Класифікація продуктів екструзійної технології та можливості розширення їх асортименту. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : Зб. наукових праць ХДУХТ. 2006. С. 264-271.

53. Онопрійчук О. О., Грек О. В. Аналіз біологічної цінності сиркових виробів із зерновими інгредієнтами. *Таврійський науковий вісник*. 2008. № 56. С. 139–146.

54. Притульская Н. В., Лобок И. И., Криклий Р. С., Харченко Ю. А., Казаченко С. В. Сухие завтраки, полученные методом экструзии. Оптимизация ассортимента и качества товаров народного потребления: Сб. научн. трудов КТЭИ. Киев : КТЭИ, 1992. С. 113-117.

55. Znou Z. et al. Enhanced thermal and antibacterial properties of cross-linked waxy maize starch granules by chitosan via dry heart treatment. International Journal of Food Science & Technology. 2015. Т. 50, №4. P. 899-905.

56. Бурцев А. В., Грицких В. А., Касьянов Г. И. Современная техника и технология термопластической экструзии в производстве «сухих завтраков». Краснодар : Экоинвест. 2004. 112 с.

57. Ковбаса В. М., Дорохович А. М, Хіврич Б. І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. Київ : Укр ІНТЕІ, 1995. 63 с.

58. Поліпшувач для хлібобулочних виробів з соєвими продуктами: пат. 5883 А Україна: МПК7 А21 D8/02. № заявл. 15.11.202; опубл. 15.08.2003, Бюл. №8. 2 с.

59. Дробот В. І., Писарець О. П., Кравченко І. М. Використання кукурудзяної крупи у виробництві пшеничного хліба. *Хранение и переработка зерна*. 2013. № 9. 174 с.

60. Владимирова Е. Г., Ушакова Г. И., Кунарева О. П. Биохимия зерна, хлебопечения. Оренбург : ОГУ. 2004. С. 61.

61. Магомедов Г. О., Брехов А. Ф. Техника и технология получения пищевых продуктов термопластической экструзией. Воронеж : ВГТА, 2003. 168 с.

62. Остриков А. Н., Магомедов Г. О., Дерканосова Н. М. Технология экструзионных продуктов: учеб. пособ. СПб : Проспект Науки, 2007. 202 с.

63. Ковбаса В. М., Миронова М. Т., Ковальов О. В. та ін. Перетворення білкових речовин у процесі екструзійної обробки. Київ :

УкрІНТЕІ, 1996. 19 с.

64. Ковбаса В. М. Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості: дис…д-ра техн. наук: 05.18.01. Київ : 1998. 338 с.

65. Rao M. A. Rheology of food gum and starch dispersions. Rheology of fluid, semisolid, and solid foods. Springer US.2014. С. 161-229.

66. Хвыля С. И., Пчелкина В. А. Микроструктурные особенности растительных белковых продуктов для мясной промышленности. Все о мясе. 2011. №2. с. 10-12.

67. Хелдт Ганс-Ванльтер Биохимия растений / пер. с англ. М. А. Брейгиной под. ред. А. М. Носова, В. В. Чуба. Москва : Бином. Лаборатория знаний. 2011. С. 471.

68. Кудряшова Е. В. Функционирование и структура белков в коллоидных системах, на поверхности раздела фаз и в микроэмульсиях: автореф. дис…. д-ра хим. наук. Москва : 2009. 50 с.

69. Литвяк В. В. Современные технологии получения набухающих крахмалов. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2009. № 2 (4). С. 64-68.

70. Kapelko-Zeberska M., Zieba T., Sngh A.V. Physically and chemically modified starches in food and non-food industries. Surface Modfication of Biopolymers. 2015. С. 173.

71. Климова Е. В. Возможности использования микроскопии для исследования состояния липидов, крахмалов, белков, камедей и др. веществ в пищевых продуктах с целью повышения их качества. *Пищевая и перерабатывающая промышленность*. 2008. № 3. С. 37-39.

72. Gidley M. G. Starch Structure. Function Relationships: Achievements and Challenges. Starch: advances in structure and function. Great Britain: Royal Society of Chemistry, 2001. P. 1-7.

73. Rosicka Kaczmarek J. et al. M. Composition and thermodynamic properties of starches from facultative wheat varieties. Food Hydrocolloids. 2016. Т. 54. P. 66-76.

74. Ashogbon A. O., Akintayo E. T. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sours: A reviser. Starch-Starke. 2014. Т 66. № 1-2. С. 41-57.

75. Milani J., Maleki G. Hydrocolloids in food industry. INTECH Open Access Publisher, 2012. ULR: hptt://cdn.intechopen.com/pdfs/29151.pdf.

76. Heiss R. Lebens mittel technlogie: Bitechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittel verarbetung.

Springer, 2003. С. 523-539.

77. Be Miller J. N., Whistler R. L. (ed.). Starch: chemistry and technology. Academic Press, 2009. ULR: http://www.sciensdirect.com/science/article/pii/S0924224496100364.

78. Waterschoot J. et al. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. Starch-Starke. 2015. Т. 67. №1-2. P 14-29.

79. Yuryev V. etc. Starch: achievements in understanding of structure and functionality. Nova Publishers, 2006. С. 315 .

80. Ферт К. Уайтауз. Выбор и использование гидроколлоидов. *Пищевая промышленость*. 2008. №10. С.76

81. Huang Z. Q. et al. Ball-miling treatment effect on physicochemical propertys and features for cassava and maize starches Comptes Rendus Chme. 2008. Т. 11, № 1. С. 73-79.

82. Кряжев Н. В., Романов В. В., Широков В. А. Последние достижения химии и технологии крахмала. *Химия растительного сырья*. 2010. №1. С. 115.

83. Халиков Р. М. Полисахариды модифицированных крахмалов в качестве технологических структурообразователей. *Инновационная наука*. 2015. №3. С. 51-59.

84. Жушман А. И. Модифицированные крахмалы : монография. Гос. науч. учреждение «Всероссийский науч.-исслед. ин-т крамалопродуктов», Российская акад. с.-х. наук. Москва : *Пищепромиздат*, 2007. 340 с.

85. Lopez O. V. et al. Acetylated and native corn starch blend films produced by blown extrusion. Jornal of Food Engineering. 2013. Т. 21. №1. P. 1-22.

86. Современные технологии контроля качества: глютен. URL: http://www.zip-i.ru/gluten_podrobno (дата звернення: 20.11.2016).

87. World Health Organization (WHO). European Health for All Database (HFA_DB). URL: www: ho.dk, 2002.

88. Захарова И. Н., Боровик Т. Э., Рославцева Е. А. и др. Целиакия у детей: решенные и нерешенные вопросы этиопатогенеза. *Вопросы современной педиатрии*. 2011. №4. С. 30-34.

89. Codex-Alimentarius 1981:118 Codex standard for special dietary use for persons into leant to gluten. Amendment: 1983 and 2015. Revision: 2008. / Joint FAO / WHO Food Standards Programme. 2015. 3 p.

90. Отчет. URL: http://stylab.ru/file/test_gluten220510.pdf (дата звернення: 20.11.2016).

91. Шнейдер Д.В. Теоретические и практические аспекты

создания безглютеновых продуктов питания на основе повышенной биодоступности сырья: автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.18.01. Москва : 2012. 52 с.

92. Барсукова Н. В. Разработка технологии пряничных изделий на основе безглютенового мучного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. С-П. 2005. 20 с.

93. Смесь для приготовления диетического безклейковинного хлеба. URL: http://patentdb.su/3-1771645-smes-dlya-prigotovleniya-dieticheskogo-besklejjkovinnogo-khleba.htmlrel.

94. Барсукова Н. В. Решетников Д. А., Красильников В. Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий. *Хранение и переработка зерна*. Днепропетровск : ООО ИА "АПК-ЗЕРНО". 2011. №4. С. 43-46.

95. Дорохович В. В. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного призначення: автореф. дис. … д-ра. техн. наук: 05.18.16. Київ : 2010. 39 с.

96. Цыганова Т. Б., Шнейдер Д. В., Костылева Е. В. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов. *Хлебопродукты*. 2011. № 12. С. 44-46.

97. Домбровская Я. П., Аралова С. И. Разработка рецептур безглютеновых мучных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности. *Вестник ВГУИТ*. 2016. № 4. С. 141-147.

98. Морозова А. А., Сокол Н. В. Рисовая мучка – альтернативное сырье для производства безглютеновых мучных кондитерских изделий. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/risovaya-muchka-alternativnoe-syrie-dlya-proizvodstva-bezglyutenovyh-muchnyh-konditerskih-izdeliy.

99. Щеколдина Т. В., Христенко А. Г., Черниховец Е. А. Использование квиноа в производстве мучных кондитерских изделий для людей страдающих целиакией. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2015. №5 (34). С. 54-57.

100. Рензяева Т. В., Бакирова М. Е. Печенье из рисовой муки для специализированного питания. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. *АПК-продукты здорового питания*. 2017. №1. С. 49-54.

101. Camino M., Mancebo Patricia Rodriguez, Manuel Gómez Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. LWT – Food Science and Technology. 2016, Vol. 67. P. 127-132.

102. Manuel Gómez Mario M. Martínez. Changing flour functionality

through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. Journal of Cereal Science. 2016. Vol. 67. P. 68-74.

103. Драгилев А. И., Сезанев Я. М. Производство мучных кондитерских изделий: учеб. пособ. Москва : ДеЛи, 2000. С. 448.

104. ДСТУ 3355-96. Продукція сільськогосподарська рослинна. Методи відбору проб у процесі карантинного огляду та експертизи. Чинний від 1997-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 1997. 16 с.

105. ДСТУ ISO 1356.3:2003 Зернові, бобові та продукти їх помелу. Відбір проб. Чинний від 2005-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.

106. ДСТУ ISO 5984:2004. Корми для тварин. Визначення вмісту сирої золи методом озолення. Чинний від 2006-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 4 с.

107. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв: навч. посіб. Київ : Руслана. 2006. 345 с.

108. СОУ 15. 71-37-745:2008 Визначення водорозчинних вітамінів методом флуорометрії.

109. Барковский В. Ф., Городенцева Т. Б., Топорова Н. Б. Основы физико-химических методов анализа: учеб. Москва : Высш. школа, 1993. 247 с.

110. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по К'эльдалю и определение массовой доли белка: ГОСТ 23327-98. – [Введ. 200-01-01]. – Минск : Межгос. Совет по стандартизации, метрологи и сертификации. 2009. 8 с.

111. Горальчук А. Б. та ін. Технологія десертів молочних із використанням карагінанів : монографія. Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків : ХДУХТ, 2013. 122 с.

112. ДСТУ ISO 21415-1:2009 Пшениця та пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначення сирої клейковини ручним методом (ISO 21415-1:2006, IDT). – [Чинний від 2009-14-12]. – Київ : Держстандарт України, 2009. 18 с.

113. Боган В. И. и др. Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции. *Молодой ученый*, 2013. № 57. С 101-105.

114. Юрчак В. Г., Арсеньева Л. Ю. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві: за ред. В. І. Дробот. Київ : Кондор. 2010. С. 440.

115. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов: Н. И. Погожих [и др.]; Харк. гос. унив-т пит. и торговли. Харків :

ХДУХТ. 2013. С. 177.

116. Неронов Ю. И., Гарайбех З. Ядерный магнитный резонанс в томографии и в спектральных исследованиях. учеб. пособ. СПб.: Санкт-Петербургский государственный институт точной механики и оптика (*Технический университет*). 2003. 84 с.

117. Даниленко О.Ф., Дьяков О. Г., Торяник О. І. Автоматизована система виміру ЯМР-спектрометра. *Прогресивні техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. Зб. наук. Праць. Вип. 2. Харків : 2005. С. 314-342.

118. ДСТУ 7045:2009 Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників. – [Чинний від 2009-01-07]. – Київ : Держстандарт України, 2009. 18 с.

119. Лурье И. С. Технология кондитерского производства. Москва : Агропромиздат, 1992. 399 с.

120. Горальчу А. Б. та ін. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: метод. посіб. Харківський державний ун-т харчування та торгівлі. Харків : ХДУХТ, 2006. 63 с.

121. Нилова Л. П., Калинина И. В., Науменко Н. В. Метод дифференциально-термического анализа в оценке качества пищевых продуктов. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии».* 2013. Вып.1. №1. С. 43-49.

122. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного: автореф. дис. … канд. техн. наук. Харків : 2008. 353 с.

123. Бергб Л. Г. Введение в термографию. Москва : АН СССР, 1961. 486 с.

124. Пилоян Г. О. Введение в теорию термического анализа. Москва : Наука, 1964. 284 с.

125. Clausse D. (2010), Differential thermal analysis, differential scanning calorimetry, and emulsions, J. Therm. Anal. Cal., 101 (3), p 1071-1077.

126. Haines P. J. (2012), Thermal Methods of Analysis: Principles, Applications and Problems, Springer Science & Business Media.

127. Klančnik1 G., Medved J., Mrvar P. (2010), Differential thermal analysis (DTA) and differential scanning calorimetry (DSC) as a method of material investigation, RMZ – Materials and Geoenvironment, 57(1), pp. 127–142.

128. Квалиметрия. Методические указания по практическим занятиям.URL: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/104/u_lab.pdf (дата

звернення 7.09.2016).

129. ДСТУ ГОСТ 30726-2002 Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій виду Escherichia coli. Введ. 01.01.2003. Київ : Український науково-дослідний інститут стандартизації, сертифікації та інформатики, 2003. 7 с.

130. ГОСТ 26669-85 Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов. Взамен ГОСТ 10444.0-75; Введ. 01.07.86. Москва : Изд-во стандартов, 1986. 9 с.

131. ГОСТ 26670-91 (ISO 7218-85) Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов. Взамен ГОСТ 26670-85; Введ. 01.01.93. Москва : Изд-во стандартов, 1991. 9 с.

132. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: ГОСТ 10444.15-94. Введ. 01.01.97. Москва : Изд-во стандартов, 2010. 7 с.

133. ГОСТ 1444.12-88 (ISO 7954-87) Продукты пищевые. Методы определения количества дрожжей и плесневых грибов. Взамен ГОСТ 1444.12-75; ГОСТ 10444.3-75; ГОСТ 26888-86; Введ. 01.01.90. Москва : Изд-во стандартов, 1988. 8 с.

134. ДСТУ ISO 6579:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Методика виявлення бактерій рода Salmonell aspp (ISO 6579:2002, IDT).

135. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. Москва : ВНИИОП, 1991. 19 с.

136. ДСТУ 3946-2000. Продукція харчова. Основні положення Держспоживстандарт України. Київ : 2000. 6 с.

137. Касилова Л. А., Крайнюк Л. Н. Методические указания по теме «Изучение методики отработки рецептур на кулинарною продукцию». Харьков : ХГАТОП, 1997. 16 с.

138. Сафонова О. Н. и др. Системное исследования технологий переработки продуктов питания. Харьков : ХГАТОП, 2000. 199 с.

139. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості: наказ Міністерства промислової політики України № 373 від 09.07.07 р. Київ : ДІКЕД, 2007. 321 с.

140. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания; Метод. указания Рос. экон. академия им. Г.В. Плеханова. Москва : 1993. 176 с.

141. Черновьянц М. С. Систематические и случайные

погрешности химического анализа. Москва : ИКЦ «Академкнига». 2004. 157 с.

142. Грачев Ю. П. Математические методы планирования экспериментов. Москва : Элеватор, 2000. 512 с.

143. Ананьев В. А. Анализ экспериментальных данных: учеб. пособ.: в 2 ч. Кемерово : ГОУ ВПО «Кемеровский госуниверситет», 2008. Ч.1. 92 с.

144. Лапинская В. О., Басалай И. А., Бельская Г. В. Математическая обработка результатов анализа всхожести семян растений-галофитов в засоленных средах. Белорусский национальный технический университет. 2015. С. 333-335.

145. Дьяков В. П. Math Cad в матиматике: справочник. Москва : Горячая линия Телеком. 2007. 958 с.

146. Сойфер В. А. Комп'ютерна обробка зображень. Частина 2. Методи та алгоритми. *Сорос*івський освітній журнал, № 3, 1996.

147. Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Москва : Вильям, 2007. 912 с.

148. Журавлев Ю. И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации. Проблемы кибернетики. Москва : Наука, 2005. Вып. 33. С. 5-68.

149. Стадник І. Я., Добротвор І. Г., Деркач А. М., Василів В. П. Методика і результати дослідження утворення пор в бублику «Подільському». SWorld. Сборник научных трудов, том 3, №2 (39). 2015. С. 9-15.

150. Koruz J., Witczak M., Ziobro R., Juszczak L. The influence of flour of rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. Eur Food Res Technol. 2015. Vol. 240. P. 1135–1143.

151. Асоціація «Укркондпром». URL: http://ukrkondprom.com.ua.

152. Лисовская Т. О., Черная Н. В. Исследование аминокислотного состава белков муки кукурузной экструдированой. Техника технология пищевых производств: сб. науч. труд. Могилевский государственный университет продовольствия. Республика Беларусь, Могилев : 2013. Ч. 1. С. 144.

153. Лісовська Т. О., Чорна Н. В. Підвищення харчової цінності бісквітних напівфабрикатів шляхом використання борошна кукурудзяного екструдованого. Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т. харч. та торг. Харків : ХДУХТ, 2013. Ч. 1. С. 30.

154. Абазовік І. В., Лісовська Т. О., Чорна Н. В. Перспективи

використання борошна кукурудзяного екструдованого в технології бісквітних напівфабрикатів. Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т. харч. та торг. Харків : ХДУХТ, 2012. Вип. 1 (1-6). С. 3.

155. Шаповаленко О. І., Перегуда М. А., Павлюченко О. С. та ін. Дослідження впливу екструзійного оброблення на вуглеводний комплекс зернових сумішей з насінням льону. *Хранение и переработка зерна*. 2009. №3. С. 46-47

156. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий. Под ред. И. М. Скурихина, В. А. Шатерникова. Москва : *Легкая и пищевая промышленность*, 1984. 327 с.

157. Химический состав российских продуктов питания: справочник. Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. Москва : ДеЛи принт, 2002. 236 с.

158. Химический состав пищевых продуктов: под ред. И. М. Скурихина. Москва : ВО «Агропромиздат». 1987. 360 с.

159. Петрушевский В. В., Гладких В. Г., Винокурова Е. В. и др. Биологически активные вещества пищевых продуктов: справочник. Киев : Урожай, 1992. 192 с.

160. Коваленко А. А. та ін. Технологія десертів з використанням стабілізаційних систем на основі крохмалю: монографія. Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків :ХДУХТ, 2010. 136 с.

161. Пивоваров П. П., Захаренко В. О., Трощий Т. В. Удосконалення методології експертизи поруватих харчових продуктів: монографія. Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків : ХДУХТ, 2012. 348 с.

162. Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Дьяков О. Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2/11 (80). С. 19-23.

163. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. Москва : Профи, 2016. 296 с.

164. Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Шпилик О. Б. Дослідження впливу екструдованого кукурудзяного борошна на реологічні показники бісквітного тіста. Міжнародна науково-технічна конференція «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», 8-

9 жовтня 2015 р.: Тернопіль: ТНТУ, 2015. С. 29.

165. Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Юкало В. Г. Вивчення структурно-механічних характеристик тіста на основі борошняних сумішей з екструдованим кукурудзяним борошном. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. 2016, т 18, № 2 (68). С. 51-55.

166. Sing J., Kaur L., McCarthy O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological, properties of some chemically modified starches for food applications – A review: Food hydrocolloids. 2007. Т. 21. №1. P. 1-22.

167. Ahmed J. et al. Impact of hight pressure treatment on functional, rheological, pasting and structural properties of lentil starch dispersions. Carbohydrate Polymers. 2016. Т. 152. С. 639-647.

168. Муратова Е. И., Смолихина П. М. Реология кондитерських масс: монография. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. 188 с.

169. W. P. Edwards. The Science of Bakery Products. Royal Society of Chemistry, 2007. 259 p.

170. Weibiao Zhou, Y. H. Hui. Bakery Products Science and Technology, 2nd Edition. Wiley-Blackwell, 2014. 776 p.

171. Дорохович В. В. Ганоцька С. О. Розробка технології бісквітних напівфабрикатів на фруктозі. Ресторанне господарство і туристична індустрія в ринкових умовах: зб. наук. пр. Київ : КНТЕУ, 2004. С. 37-43.

172. Матвеева Т. В., Корячкина С. Я., Корячкин В. П., Агаркова Е. В. Влияние овсяной и ячменной муки на качество бисквитного полуфабриката. *Хранение и переработка сельхоз. сырья*. 2008. №6. С. 74-77.

173. Черевична Н. І., Самохвалова О. В., Олійник С. Г. Нова технологія бісквітних напівфабрикатів з біополімером ксампаном. Вісник Харк. нац. техн. ун-ту сільськ. госп. ім. П. Василенка : зб. наук. праць. Х., 2007. Вип. 58: Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. С. 329–334.

174. Прочан А. В., Чудик Ю. В., Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Захаренко В. А. Використання борошна із зернових сумішей у виробництві борошняних кондитерських виробів. *Зернові продукти і комбікорми*, 2001. № 1. С. 37-47.

175. Лісовська Т. О., Шуранкова В. С., Чорна Н. В. Амілографічні дослідження борошняних сумішей. Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: зб. наук. пр. Харк. держ. ун-т. харч. та торг. Харків

: ХДУХТ, 2014. Ч. 1. С. 22.

176. Лісовська Т. О., Деркач А. В., Стадник І. Я. Вивчення можливості використання екструдованого кукурудзяного борошна в технології борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення. Наукові праці НУХТ. 2017, т. 23, № 5, частина 2. С. 108-115.

177. Лісовська Т. О., Деркач А. В., Стадник І. Я., Сухенко Ю., Василів В. Екструдоване кукурудзяне борошно для дієтичного харчування. *Продовольча індустрія АПК*. 2017. №11-12. С. 40-43.

178. Clausse D. (2010). Differential therm alanalysis, differential scanning calorimetry, and emulsions, J. Therm. Anal. Cal., 101 (3), pp 1071-1077.

179. Haines P.J. (2012), Thermal Methods of Analysis: Principles, Applications and Problems,Springer Science & Business Media.

180. Tetiana Lisovska, Olga Rybak, Mykola Kuhtyn, Nina Chorna Investigation of water bindingin sponge cake with extruded corn meal. Ukrainian food journal. 2015. Vol. 4, Issue 3. С. 413-422.

181. Klančnik1 G., Medved J., Mrvar P. (2010), Differential thermalanalysis (DTA) and differentials canning calorimetry (DSC) as a method of material investigation, RMZ – Materials and Geoenvironment, 57(1), pp. 127-142.

182. Eliasson A.C. Starch in food: structure, function and applications. – Cambridge: Wood head Publishing Limited, 2004. 605 p.

183. Лісовська Т. О., Чорна Н. В. Вивчення впливу екструдованого кукурудзяного борошна на стан вологи в бісквітному тісті. Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини. Всеукраїнської науково-практичної конференції. Харків: ХДУХТ, 2017. С. 27-28.

184. Лісовська Т. О., Рибак О. М., Вічко О. І., Чорна Н. В. Термогравіметричний аналіз бісквітного напівфабрикату з кукурудзяним борошном у процесі зберігання. Продовольча індустрія АПК. 2016. №1-2. С. 23-28.

185. Schiraldi A., PiazzaL., Riva M., Bred Staling: A Calorimetric Approach. Cereal Chemistry. 1996. №73(1). p. 32-39.

186. Chen P. L., Long Z., Ruan R., Labuza T. P. Nuclear Magnetic Resonance Studies of Water Mobility in Bread during storage. Lebensmittel-Wissenschaftund Technologie. 1997. №30(2). p. 178-183.

187. Лісовська Т. О., Деркач А. В., Кушнірук Н. В., Стадник І. Я. Вивчення екструдованого кукурудзяного борошна для створення борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення.

Міжнародна науково-технічна конференція «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», 11-12 жовтня 2017 р. : Тернопіль: ТНТУ, 2017. С. 96.

188. Юкало В. Г., Лісовська Т. О., Кушнірук Н. В., Джур Я. Б. Вивчення можливості використання екструдованого кукурудзяного борошна в технології безглютенового бісквітного напівфабрикату. Міжнародна науково-технічна конференція «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», 8-9 жовтня 2015 р.: Тернопіль : ТНТУ, 2015. С. 71-72.

189. Лисовская Т. О., Юкало В. Г., Черная Н. В. Изучение возможности использования экструдированой кукурузной муки в технологии бисквита для диетического питания // MAISTO CHEMIJA IR TECHNOLOGIJA. 2016. Т. 50, Nr. 1. С. 36-44.

190. Склад бісквітного напівфабрикату безглютенового. пат. на корисну модель №108458, Україна МПК A 23 D3/36. № a 2014 11597; заявл. 27.10.2014; опубл. 25.07.2016, Бюл. №14. С. 4.

191. Чорна М. В., Глухова С. В. Формування ефективності інноваційної діяльності підприємства: монографія. Харків : ХДУХТ, 2012. 210 с.

192. Бісквітний напівфабрикат «Сонечко»: пат. №87876 Україна: МПК A 23 G 3/00. № u 201309850; заявл. 08.08.2013, опубл. 25.02.2014; Бюл. №4. 5с.

193. Офіційний сайт ТОВ «Магнум СП». URL: http://magnum-nm.uaprom.net/.

194. Чухрай Н. І., Стегницький А. В. Комплексне оцінювання науково-технічних розробок на ранніх етапах інноваційного процесу. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2015. № 1. С.11-22.

195. Лісовська Т. О., Хмаладзе Т. К., Чорна Н. В. Кваліметричне оцінювання якості бісквітних напівфабрикатів. Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: Всеукр. науково-практ. конф. молодих учених і студентів. ХДУХТ. Харків : ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 30-31.

ДОДАТОК А
Дериватограми бісквітного напівфабрикату з БКЕ

Термогравіметричні дослідження проводили в керамічних тиглях під кварцевим ковпаком з масою наважки 2 г, на дериватографі DERIVATOGRAPH Q-1500D, в динамічному режимі. Як еталон використовували Al_2O_3, прокалений до 1500°С. Зразки нагрівали до 500°С зі швидкістю нагрівання 2,5°С/хв. Визначення форм зв'язку вологи із компонентами бісквітного напівфабрикату здійснювали на основі аналізу кривих температури (крива Т), зміни маси (крива TG) та її похідної (крива DTG), а також ентальпії (крива DTA).

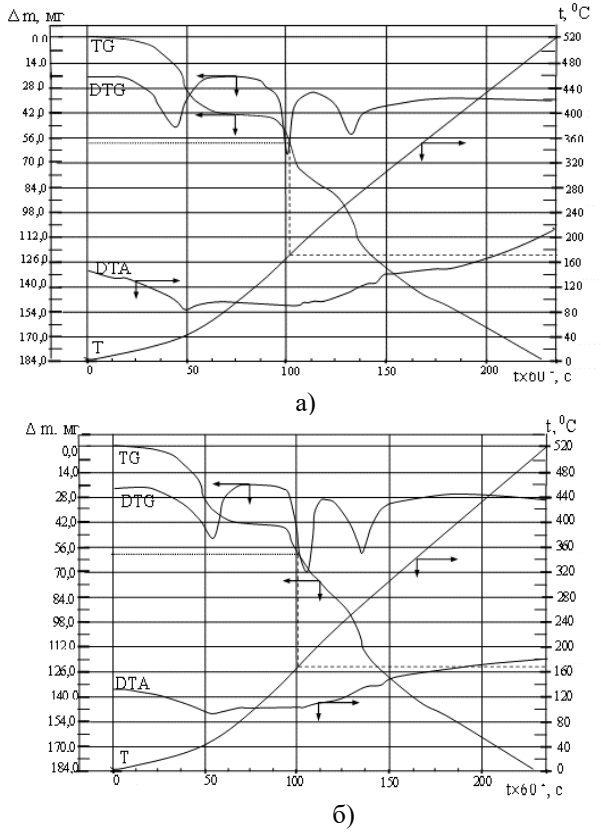
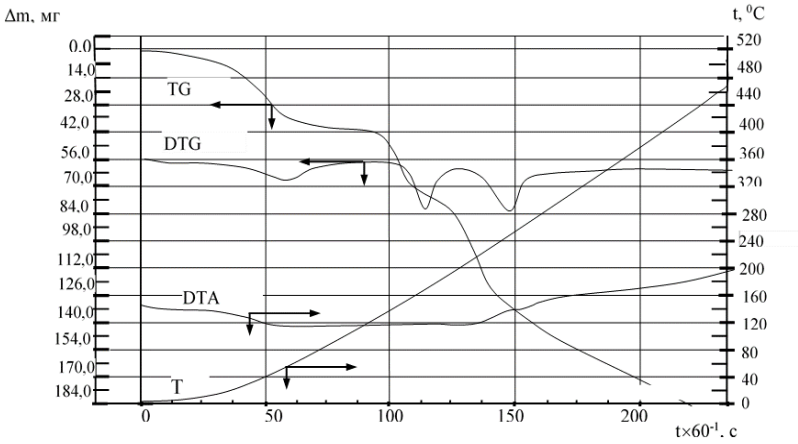
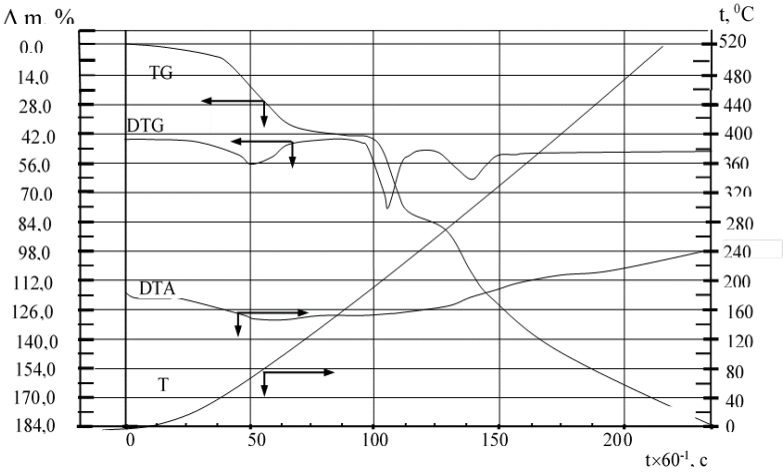


Рисунок А.1 – Дериватограми бісквітного напівфабрикату через 24·60 ^{2}с зберігання:
а) контроль; б) «Сонечко»



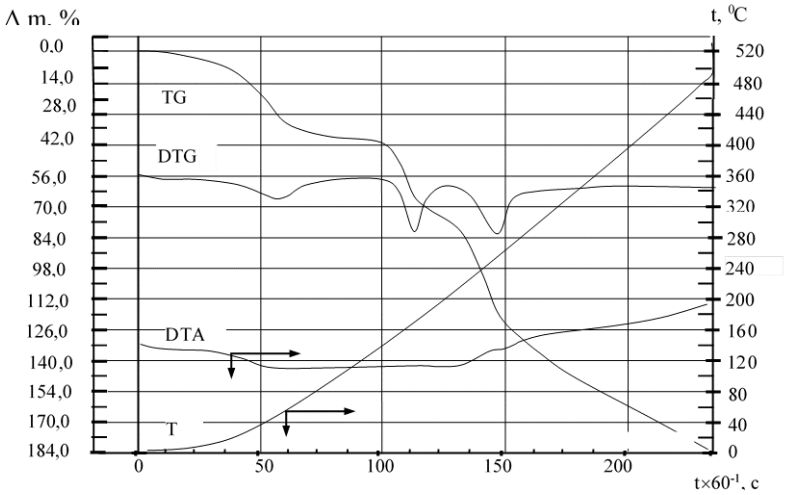
а)



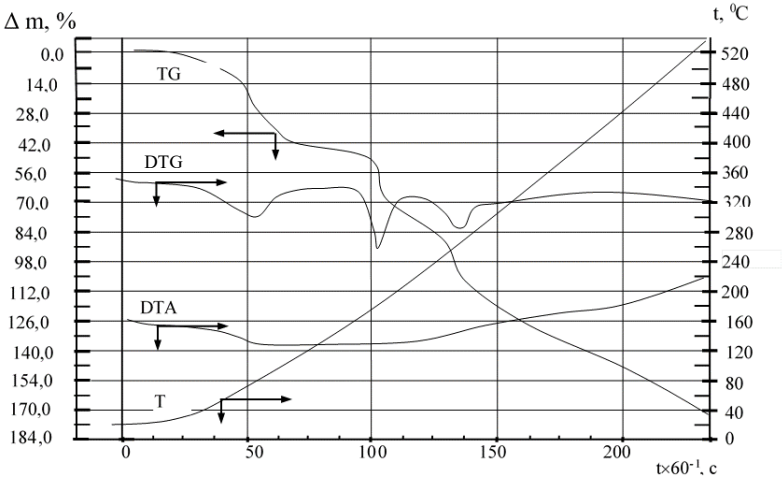
б)

Рисунок А.2 – Дериватограми бісквітного напівфабрикату через 48·60 ^{2}с зберігання:

а) контроль; б) «Сонечко»



а)



б)

Рисунок А.3 – Дериватограми бісквітного напівфабрикату через 72·60 ^{2}с зберігання:

а) контроль; б) «Сонечко»

Наукове електронне видання
комбінованого використання

ЛІСОВСЬКА Тетяна Олегівна
ЧОРНА Ніна Вікторівна

ТЕХНОЛОГІЯ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА КУКУРУДЗЯНОГО ЕКСТРУДОВАНОГО

Монографія

Відповідальний за випуск зав. кафедри О.О. Гринченко

Редактор Середенко М.О.

План 2019 р., поз. 15
Підп. до друку 15.07.20. Один електронний оптичний диск (CD-ROM); супровідна документація. Об'єм даних 3,32 Мб. Тираж прим.

Видавець і виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4417 від 10.10.2012 р.