

АНОТАЦІЯ

Галясний І. В. Розробка технології бездріжджових безглютенових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2019.

Дисертацію присвячено розробці технології бездріжджових безглютенових хлібців (ББХ) на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням, в якості структуроутворювачів, функціональних рецептурних компонентів.

У дисертації наведено результати сучасних тенденцій в технології безглютенових хлібопекарських виробів, окреслено актуальність проблеми виробництва безглютенових харчових продуктів, проаналізовано ефективність застосування сучасних рецептурних інгредієнтів та інноваційних технологічних заходів, що стало передумовою для розробки технології ББХ на основі борошняних сумішей шляхом використання концентратів тваринних білків Геліос-11 або Сканпро Т95 (КТБ) і гідроколоїду – карбоксиметилцелюлози натрієвої солі (Na КМЦ), що дозволяє збалансувати реологічні властивості пористого хлібного тіста.

Обґрунтовано доцільність заміни мікробіологічного способу розпушення тіста під дією дріжджів на користь механічного та комбінованого (механічно-хімічного), що дозволить суттєво скоротити тривалість процесу тістovedення, знизити втрати сухих речовин тіста під час бродіння.

З використанням математичних методів експериментально-статистичного моделювання та оптимізації обґрунтовано дозування досліджених полісахаридних та білкових добавок, внесення яких у безглютенове тісто на стадії його приготування поліпшує процеси утворення та стабілізації піноподібної струк-

тури. У результаті підвищуються фізико-хімічні й органолептичні показники якості, а також скорочується технологічний цикл виробництва ББХ.

Технологія ББХ розроблена з врахуванням інновацій в галузі хлібопекарського виробництва, реалізуючи методи утворення розпушеної структури бездріжджового безглютенового тіста та хлібців, обґрунтовані параметри яких дозволять сформувати високі показники якості та харчової цінності продукту.

Із застосуванням інструментів системного аналізу знайдено нове рішення конкретної системної задачі утворення і стабілізації пінної структури бездріжджового безглютенового тіста. Обґрунтовано доцільність використання механічного збивання для утворення пінної структури, застосування білків тваринного походження для поліпшення процесів утворення та стабілізації піни, а також введення добавок-гідроколоїдів для підвищення стійкості піноподібної структури тіста.

Борошно і вода є важливими рецептурними компонентами хліба, масова частка яких в рецептурі є найбільшою. Тому першочерговим завданням було обґрунтування складу борошняної сировини та рідкої фази безглютенового бездріжджового тіста. Встановлено, що основою рисово-кукурудзяної борошняної суміші рекомендовано співвідношення (70...50):(30...50). За результатами пробних лабораторних випікань пористість, питомий об'єм і вихід виробів зменшується, а упік збільшується в ряду «кефір > молоко > сироватка > вода». Застосування кефіру в якості рідкої фази тіста рекомендовано за температури 25...30 °С, інших видів сировини (молоко, сироватка, вода) – за температури 35...40 °С.

В якості поліпшувачів структури ББХ обрано добавки полісахаридної (На КМЦ) та білкової (КТБ) природи. Гідроколоїди застосовували для підвищення в'язкості тіста, стабілізації розподілу інгредієнтів шляхом запобігання осідання та руйнування піни. Вони здатні істотно вплинути на поведінку тіста, навіть якщо вони присутні в дуже невеликих кількостях. Зазвичай концентрація похідних целюлози коливається в межах близько до 1,0 % до маси борошна.

Для дослідження впливу Na КМЦ на органолептичні показники хлібців обрано інтервал 0,3...0,7 % до маси борошняної сировини. Додавання Na КМЦ в концентрації 0,5 % призводить до збільшення питомого об'єму хліба на 10...15 %. Сумісне застосування Na КМЦ та двовуглекислого натрію (сода) є недоречним, бо призводить до надмірного розпушення структури м'якушки та послаблення її каркасу. Додавання Na КМЦ разом з КТБ в кількості 0,5...1,0 % до маси борошна сприяє подальшому поліпшенню питомого об'єму хлібців – до 300...310 см³/100 г або на 50...55 %. Збільшення кількості Na КМЦ (0,7 % та вище) або КТБ (1,5 % та вище) зумовлює зниження показника питомого об'єму хлібців за рахунок зростання ваги зразка через високу вологоутримувальну здатність добавок. При сумісному застосуванні Na КМЦ та КТБ вологість тіста потрібно збільшувати (рецептурна кількість води складає 125 % до маси борошна).

Запропоновані рецептурні компоненти та технологічні режими дозволяють виключити дріжджі як головний рецептурний компонент хлібного тіста та довготривалу стадію бродіння як визначальний технологічний етап тістотворення. Отриманий технологічний ефект потребує чіткого наукового обґрунтування. Для його встановлення було прийнято рішення розглянути взаємозв'язок між рецептурними компонентами і властивостями тістових мас та утворенням піноподібної структури бездріжджових безглютенових хлібобулочних виробів. Встановлено, що запропоновані добавки в певних кількостях (0,5...1,0 % Геліос-11 та 0,5 % Na КМЦ) зумовлюють 100 % стійкість піни яєчного білка. При цьому піноутворювальна здатність зростає тільки за додавання КТБ в кількості до 1,0 % та знижується за вищої кількості КТБ або в присутності Na КМЦ. Це можна пояснити підвищенням густоти маси для збивання та здатністю обох добавок загущувати розчини.

В присутності добавок піноподібна структура тіста змінюється – майже в чотири рази зменшується кількість великих пор (0,7...1,5 мм), суттєво зростає кількість дрібних і дуже дрібних пор (0,1...0,5 мм).

Реологічні властивості борошняної сировини відіграють важливу роль у формуванні збалансованих технологічних властивостей тіста, зокрема, вирішальними технологічними аспектами є забезпечення газоутворювальної та газотримувальної здатності тіста. Дослідженнями реологічних властивостей безглютенового тіста з різної борошняної сировини встановлено, що введення Na КМЦ призводить до поліпшення збалансованості структурно-механічних властивостей борошняного тіста. Додавання Na КМЦ до борошна рисового (Б_{рис}) незначно знижує піддатливість системи та пружно-еластичні властивості. Піддатливість тіста з борошна кукурудзяного (Б_{кук}) зростає, модуль еластичності зменшується. В тісті з рисово-кукурудзяної суміші вказані для різних видів борошна тенденції усереднюються. Можна припустити, що встановлені зміни пов'язані з різною гідратаційною здатністю рослинних білків різного походження. Na КМЦ є добре відомим водозв'язуючим агентом, тому зміна концентрації її розчину суттєво впливає на процеси водопоглинання. Додавання КТБ в кількості не вище, ніж 1,0 % знижує загальну деформацію, в присутності Na КМЦ – більшою мірою. Більша кількість білка через високу водопоглинальну здатність тіста призводить до часткової втрати тістом пластичності, оскільки утворюється підвищена кількість крихти.

Здатність утримувати вологу на етапі випікання впливає на якісні і кількісні показники готової продукції, такі, як товщина скоринки хліба, упік та усихання. Експериментально встановлено, що вид безглютенового борошна суттєво не впливає на характер процесу видалення вологи з тіста. Залежності мають експоненціальний характер. Протягом перших 10 хв. сушіння зразки тіста втрачають 90...95 % від загальної видаленої кількості. Загальна кількість видаленої вологи зі зразків з добавкою Na КМЦ є нижчою, що підтверджує статус цієї добавки як водозв'язуючого та водоутримуючого агента. В присутності білкових добавок експоненціальний характер кривих змінюється, наближаючись до лінійного; початкова швидкість видалення вологи гальмується, загальна кількість видаленої вологи зменшується – більшою мірою за додавання Сканпро Т95 та в

присутності Na КМЦ. Також в присутності добавок зростає частка зв'язаної води.

Білкові речовини борошна та їх властивості мають вирішальне значення у формуванні структури тіста та випеченої продукції, тому було прийнято рішення дослідити молекулярно-масовий розподіл білкових фракцій безглютенового борошняного тіста. Аналіз диференційних кривих молекулярно-масового розподілу в тісті на воді з $B_{рис}$, $B_{кук}$ та їх суміші показує, що відбуваються міжмолекулярні білкові взаємодії. Як наслідок, в тісті з борошняної суміші збільшується частка фракцій з молекулярною масою близькою до 20, 50, 80 та 280 kDa; зменшується частка фракцій з молекулярною масою 25...29 kDa.

В присутності кефіру виявлено зростання інтенсивності піків в інтервалі 20...25 kDa, а також зростання інтенсивності та зміщення максимуму піка в бік більших молекулярних мас – від 296...303 до 314 kDa. Одночасно суттєво зменшується вміст водорозчинної фракції та зростає вміст більш високомолекулярних фракцій, що вказує на взаємодію між білковими макромолекулами з низькою молекулярною масою з утворенням високомолекулярної фракції. Це пояснює збалансування хлібопекарських властивостей безглютенової борошняної сировини у вигляді суміші дослідженого складу збільшенням частки фракції, подібної високомолекулярним глютенінам пшениці.

Можливі взаємодії між білками борошняної сировини та добавками концентратів тваринних білків в присутності Na КМЦ виявлені методами ІЧ-спектроскопії та потенціометричного титрування.

В присутності Na КМЦ у складі тіста при майже незмінному деформаційному коливанні збуджуються коливання моди V_1 , тобто рух ядер вздовж напрямку O-H зв'язків (мода валентних коливань розтягування). Це можна пояснити збільшенням в присутності Na КМЦ кількості гідроксильних груп, які беруть участь в утворенні додаткових водневих зв'язків у тісті. Спектральні характеристики смуг Амід I усіх зразків тіста вказують на існування різних молекулярних форм білків (α -спіралей і β -форм). У зразків тіста з борошняної суміші

спостерігається розщеплення смуги Амід II на два компоненти (з'являються піки 1542 см^{-1} та 1544 см^{-1}), найбільшою мірою – в присутності КТБ. Це вказує на міжмолекулярні білок-білкові взаємодії з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів.

В суспензії з рисово-кукурудзяної борошняної суміші у воді з додаванням кефіру різко зростає кількість зв'язаних гідроксильних іонів в інтервалі значень рН 6...9. Можна припустити, що таким чином відбуваються активні міжмолекулярні взаємодії, внаслідок яких частина негативно заряджених ділянок, здатних зв'язувати позитивно заряджені іони, блокується.

У водно-борошняній суспензії в присутності КТБ при титруванні кислотою система зв'язує менше позитивно заряджених іонів, ніж прогнозована їх кількість. Вважаємо, що в кислому середовищі у зв'язуванні іонів H^+ бере участь менша кількість аміногруп білкових макромолекул з додатковим негативним зарядом. Джерелом аміногруп, здатних до активного протонування, є амінокислоти, наявні у Сканпро Т95 – аспарагін (6,5 %/100 г білка) або глютамін (10,0 %/100 г білка).

Крохмаль як основна складова частина борошна бере активну участь у протіканні деформаційних, колоїдних, біохімічних і мікробіологічних процесів у хлібному тісті. Стан крохмальних зерен та їх здатність до клейстеризації зумовлюють водопоглинальну і вологоутримувальну здатність борошна, тіста та хліба. Тому необхідно було визначити вплив різних видів безглютенової борошняної сировини, Na КМЦ та КТБ на реологічні властивості модельних водноборошняних суспензій з використанням різних рідких фаз. Встановлено стрімке зростання показника «Число падіння» (ЧП) у зразків із різної борошняної сировини в присутності Na КМЦ, найбільшою мірою – у зразка на основі борошняної суміші. Додавання тваринного білка Сканпро Т95 сумісно з Na КМЦ призводить до майже двократного зменшення ЧП, що може бути пов'язано з конкурентним водопоглинанням білкових і полісахаридних речо-

вин. Білки, які мають більш високу водопоглинальну здатність за низьких температур середовища, обмежують поглинання води Na КМЦ.

Для дослідження поверхневих явищ на межі розділу фаз (газ-рідина-тверде тіло) застосовували метод лежачої краплі. Встановлено, що поверхневий натяг водно-борошняної суспензії з борошняної суміші зростає. Це є наслідком міжмолекулярної взаємодії між водорозчинним білками $B_{\text{рис}}$ та $B_{\text{кук}}$. Наявність Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші знижує показник формостійкості краплі, що пов'язано зі зменшенням показника її поверхневого натягу.

Обґрунтовуючи технологічні режими виробництва безглютенових бездріжджових хлібобулочних виробів, керувалися наступними міркуваннями. Обрано в якості борошняної сировини рисово-кукурудзяну суміш у співвідношенні $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}=70/30$ % як таку, що виявилась найбільш ефективною з технологічної точки зору. В якості рідкої фази тіста застосовано кефір або 0,5 %-вий розчин Na КМЦ; концентрацію розчину Na КМЦ обрано з урахуванням даних щодо його стійкості до розшаровування протягом можливого зберігання перед змішуванням тіста. Як білкові поліпшувачі рекомендовано вводити Геліос-11 або Сканпро Т95 (вітчизняного та іноземного виробництва відповідно), враховуючи можливості безперебійного постачання сировини на виробництво. Застосування фізичного способу розпушення тіста (якщо рідка фаза тіста – розчин Na КМЦ) та комбінованого (якщо рідка фаза – кефір).

Оптимальними параметрами приготування ББХ є такі: на кефірі – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром – 40...60 с; вологість тіста – 64...64,5 %; температура випікання – 180...185 °С; на розчині Na КМЦ зі Сканпро Т95 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з Na КМЦ та Сканпро Т95 – 90...100 с; вологість тіста – 63...63,5 %; температура випікання – 175...180 °С.

Розроблено схему однофазного способу виробництва ББХ. На відміну від традиційного способу виробництва хліба передбачено етап підготовки структуроутворюючих добавок (приготування розчину Na КМЦ, підготовка порошку

білкової добавки), а також виключення етапу підготовки дріжджів, бродіння (опари та тіста) та розстоювання тістових заготівель.

Розроблено рецептури нових безглютенових хлібобулочних виробів (хлібець «Глютенофф», хлібець «Василенківський», хлібець «Борщовий», хлібець «Маковій»), визначено їх фізико-хімічні показники, харчову та енергетичну цінність. Вивчено стискаємість м'якушки хлібців під час зберігання. Рекомендований термін зберігання хлібців – 24 год.

Ідентифіковано небезпечні чинники в технології нових виробів, визначено критичні точки контролю та їх граничні значення. Комплексний показник якості дорівнює: хлібець «Глютенофф» – 0,74, хлібець «Василенківський» – 0,64, хлібець «Борщовий» – 0,75, хлібець «Маковій» – 0,65, хлібець з рисового борошна – 0,58. Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає 23,6...40,2 тис грн. на 1 т готової продукції залежно від рецептури.

Проведено комплекс заходів щодо впровадження нових технологій у виробництво та навчальний процес. Наукову новизну одержаних результатів підтверджено патентами України на корисну модель: № 109240 «Спосіб виробництва безглютенових бездріжджових хлібців», № 124854 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців» та № 124855 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців».

Розроблено та затверджено нормативну документацію на готову продукцію: рецептури ББХ («Глютенофф», «Маковій», «Борщовий»), технологічні інструкції ТІ 38159665–145:2017 з виробництва бездріжджових безглютенових хлібців та проект ТУ. Нові технології впроваджено у діяльність на підприємствах м. Харків: ТОВ «Чарівна мозаїка» та ТОВ «НВП-Східна Україна», результати дослідження – в освітній процес ХНТУСГ імені Петра Василенка та ХТЕІ КНТЕУ.

Ключові слова: безглютенове борошно, бездріжджові безглютенові хлібці, концентрати тваринних білків, карбоксиметилцелюлоза натрієвої солі, піноподібна структура тіста.

ABSTRACT

Haliasnyi I. V. Development of non-yeast gluten-free breads technology based on rice and corn flour mixture. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical science, specialization 05.18.01 – Technology of Bakery Products, Confectioneries and Food Concentrates. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, 2019.

Thesis is devoted to development of non-yeast gluten-free breads technology based on rice and corn flour mixture, using functional formulation components as structural formers.

Thesis presents the results of current trends in technology of gluten-free baking products, outlines the urgency of production problem of gluten-free food products, analyzes the effectiveness of modern functional formulation components use and innovative technological measures, which has become a prerequisite for the development of technology of gluten-free non-yeast breads based on flour mixes by using animal protein concentrates Helios-11 or Scanpro T95 (APC) and hydrocolloid – carboxymethylcellulose sodium salt (Na CMC), which balances the rheological properties of porous bread dough.

Expediency of replacing the microbiological method of the dough dilution under the action of yeast in favor of mechanical and combined (mechanical-chemical) ways is scientifically substantiated, which will significantly reduce the duration of the process of dough making, decrease the loss of dry matter substances used to feed the yeast.

Dosage of investigated polysaccharide and protein additions, the introduction of which in the gluten-free dough at the stage of its preparation improves the processes of formation and stabilization of the foam-type structure, is substantiated by using the mathematical methods of experimental-statistical modeling and optimization. As a result, physicochemical and organoleptic quality indicators increase, as well as the technological cycle of gluten-free non-yeast breads production is reduced.

The technology of gluten-free non-yeast breads is developed taking into account innovations in the field of baking production, implementing methods for formation loose structure formation of gluten-free non-yeast dough and bread, the substantiated parameters of which will allow to form high indicators of quality and nutritional value of the product.

Using the tools of system analysis, a new solution to a specific system problem of foam structure formation and stabilization of gluten-free non-yeast dough was found. The expediency of using mechanical kneading for formation of foam structure, use proteins of animal origin for improving the processes of formation and stabilization of foam, as well as the introduction of hydrocolloid additives to improve the stability of the foam structure of the test is substantiated.

Flour and water are important recipe components of bread, the mass fraction of which is the largest in the formulation. Therefore, the primary task is to substantiate the composition of flour raw material and liquid phase of gluten-free non-yeast dough. It is established that the basis of rice-corn flour mixture is the ratio (70...50) : (30...50). According to the results of laboratory baking, porosity, specific volume and yield of products decreases, and the oven loss increases in the range of kefir > milk > whey > water. The use of kefir as a liquid phase of the dough is recommended at temperature of 25...30 °C, other types of raw materials (milk, whey, water) – at temperature of 35... 40 °C.

Additives of polysaccharide (Na CMC) and protein (APC) nature are chosen as enhancers of gluten-free non-yeast breads structure. Hydrocolloids are used to increase dough viscosity, stabilize distribution of ingredients by preventing accumulation and foam destruction. They can significantly affect the behavior of dough, even if they are present in very small quantities. Typically, the concentration of cellulose derivatives ranges from about 1 % to the mass of flour. To study the influence of Na CMC on the organoleptic characteristics of bread, an interval of 0.3...0.7 % to the mass of flour raw materials is chosen. Adding Na CMC in a concentration of 0.5 % leads to increase in the specific volume of bread by 10...15 %. The consistent use of Na CMC and sodium bicarbonate (soda) is inappropriate, as it

leads to excessive structure loosening of crumb and weakening of its frame. Adding Na CMC with APC in the amount of 0.5...1.0 % to the mass of flour contributes to further improvement of the specific volume of breads – up to 300...310 cm³/100 g or 50...55 %. Increase in number of Na CMC (0.7% and above) or APC (1.5% and above) results in a lowering of the specific bread volume due to high moisture retention capacity of the additives. With combined use of Na CMC and APC, the moisture content of dough should be increased (recipe amount of water is 125% by weight of flour).

Proposed components recipe and process regimes allow the elimination of yeast as the main recipient component of bread dough and long-term fermentation stage as the determining process step of dough making. The resulting technological effect requires a clear scientific justification. For its establishment, it is decided to consider the interaction between recipe components and properties of the dough masses and formation the foam-like structure in gluten-free non-yeast breads. It is established that the proposed additives in certain quantities (0.5...1.0 % Helios-11 and 0.5 % Na CMC) are responsible for 100 % resistance of egg protein foam. In this case, the foaming ability increases only with the addition of APC up to 1.0 % and decreases for a higher amount of APC or in the presence of Na CMC. This can be explained by increase in density of the mass for shrinkage and ability of both additives to thicken the solutions.

In the presence of additives, foamy structure of dough is changing – the number of large pores (0.7...1.5 mm) is reduced by almost four times, the number of small and very small pores (0.1...0.5 mm) increases significantly.

Rheological properties of flour raw materials play an important role in formation of balanced technological properties of dough, in particular, the crucial technological aspects are to ensure the gas-forming and gas-holding ability of dough. Studies of rheological properties of gluten-free dough from different flour raw materials have found that the introduction of Na CMC leads to improvement in structural and mechanical properties balance of flour dough. Adding Na CMC to rice flour (F_{rice}) slightly reduces system capacity and elastic properties. The strength of

corn flour dough (F_{corn}) increases, the elastic modulus decreases. In dough of rice-corn mixture indicated for different types of flour tendencies are averaged. It is possible to assume that the established changes are related to different hydration ability of plant proteins with different origin. Na CMC is a well-known water-borne agent, therefore the change in the concentration of its solution substantially affects the processes of water absorption. Adding APC in quantities not exceeding 1.0 % reduces general deformation, in the presence of Na CMC – to a greater extent. A greater amount of protein due to the high water absorption capacity of dough leads to a partial loss of dough, since increased amount of crumb is formed.

The ability to hold moisture at baking stage affects the quality and quantity of finished products, such as the thickness of bread crust, baking and drying. It is experimentally established that the kind of gluten-free flour does not significantly affect the nature of moisture removing process from dough. Dependencies are of an exponential nature. Within the first 10 min drying test samples lose 90...95 % of the total removed amount. The total amount of removed moisture from samples with added Na CMC is lower, which confirms the status of this additive as a water-removing and water-retaining agent. In the presence of protein supplements, the exponential nature of curves varies, approaching the linear one; initial rate of moisture removal is inhibited, total amount of removed moisture decreases – more to the addition of Scanpro T 95 and in presence of Na CMC. Also, in presence of additives, the proportion of bound moisture increases.

Flour proteins and their properties are crucial for structure formation of dough and baked products, so it is decided to investigate the molecular weight distribution of protein fractions of gluten-free flour dough. Analysis of differential curves of molecular weight distribution in dough from F_{rice} , F_{corn} and their mixtures show that there are intermolecular protein interactions. As a result, in dough from flour mixture, proportion of fractions with a molecular weight close to 20, 50, 80 and 280 kDa is increased; the proportion of fractions with a molecular weight of 25...29 kDa is reduced.

In presence of kefir, increase in peaks intensity in the range of 20...25 kDa, as well as an increase in intensity and displacement of the maximum peak in direction of larger molecular weights, is detected from 296...303 to 314 kDa. At the same time, content of water-soluble fraction decreases significantly and content of higher molecular weight fractions increases, indicating the interaction between protein molecules with low molecular weight and formation of a high molecular weight fraction. This explains balancing of baking properties of gluten-free flour raw material in mixture form of the investigated composition by increase in fraction similar to high-molecular wheat glutenins.

Possible interactions between protein of flour raw materials and additives of animal proteins concentrates in presence of Na CMC were detected by IR spectroscopy and potentiometric titration.

In presence of Na CMC in dough composition with oscillation of almost unchanged deformation, oscillations of the mode V_1 , ie movement of nuclei along the direction of O-H bonds (mode of valence oscillations of stretching), are activated. This can be explained by increased number of hydroxyl groups in presence of Na CMC involved in formation of additional hydrogen bonds in dough. Spectral characteristics of Amid strips and all dough samples indicate the existence of various molecular forms of proteins (α -helix and β -forms). In the samples of flour mixtures, the splitting of Amide II into two components is observed (peaks 1542 cm^{-1} and 1544 cm^{-1} appear), most of all, in the presence of APC. This indicates intermolecular protein-protein interactions with the formation of parallel packing of polyamide chains.

In the suspension of rice-corn flour mixture in water with addition of kefir, the number of bound hydroxyl ions increases in the range of pH values 6...9. It can be assumed that active intermolecular interactions occur in this way, as a result of which a part of negatively charged sites capable of binding positively charged ions is blocked.

In a water-flour suspension in the presence of APC in acid titration, the system binds less positively charged ions than their predicted amount. We believe that in the

acidic medium in binding of H^+ ions a smaller number of amino groups of protein macromolecules with an additional negative charge is involved. The source of amino groups capable of active protonation is the amino acids present in Scanpro T 95 – asparagine (6.5 % / 100 g protein) or glutamine (10.0 % / 100 g protein).

Starch as the main part of flour is actively involved in the flow of deformation, colloidal, biochemical and microbiological processes in bread dough. The state of starch grains and their ability to gelatinization determine the water absorbing and moisture-retaining capacity of flour, dough and bread. Therefore, it is necessary to determine the influence of various types of gluten-free flour raw materials, Na CMC and APC on the rheological properties of model water-flour suspensions using different liquid phases. A rapid growth of «Falling Number» (FN) indicator in samples from different flour raw materials in the presence of Na CMC is established, and to a large extent in the sample based on the flour mixture. The addition of Scanpro T 95 in combination with Na CMC leads to almost two-fold decrease in FN, which may be due to competitive water absorption of protein and polysaccharide substances. Proteins that have a higher water absorption capacity at low ambient temperatures limit the absorption of water by Na CMC.

For the study of surface phenomena at the interface between the phases (gas-liquid-solids), the method of a droplet drop is applied. It is established that the surface tension of water-flour suspension from flour mixture increases. This is the result of intermolecular interaction between the water-soluble F_{rice} and F_{corn} proteins. The presence of Na CMC and APC in flour-based mixture reduces the index of drop form-resistance, which is associated with decrease in its surface tension.

Substantiating technological regimes of gluten-free non-yeast breads production, guided by the following considerations. The rice-corn mixture is used as a flour raw material in the ratio of $F_{\text{rice}}/F_{\text{corn}} = 70/30$ % as the most effective from a technological point of view. Kefir or 0.5 % solution of Na CMC is used as liquid phase of dough; concentration of Na CMC solution is chosen taking into account the data on its resistance to stratification during possible storage before kneading the dough. As protein enhancers, it is recommended to introduce Helios-11 or Scanpro

T 95 (domestic and foreign production, respectively), taking into account the possibility of uninterrupted supply of raw materials for production. Application of physical method of dough dilution (if liquid phase of dough is solution of Na CMC) and combined (if the liquid phase is kefir).

The optimal parameters for gluten-free non-yeast breads preparation are the following: with kefir – mixing duration of battered egg-sugar mass with kefir – 40...60 s; moisture content of dough – 64...64.5 %; baking temperature – 180...185 °C; with solution of Na CMC with Scanpro T 95 – mixing duration of egg-sugar mixture with Na CMC and Scanpro T 95 – 90...100 s; moisture content of dough – 63...63.5%; baking temperature – 175...180 °C.

The scheme of a single-phase method of gluten-free non-yeast breads producing is developed. In contrast to the traditional straight dough method, there is provided a stage for structurally-shaped additives preparation (preparation of Na CMC solution, preparation of a protein supplement powder), as well as the exclusion of preparation of yeast stage, fermentation (predough and dough) and dehumidification of dough preparations.

The recipes of new gluten-free bakery products («Glutenoff» bread, «Vasylenkovsky» bread, «Borschovy» bread, «Makovi» bread) are developed, their physical and chemical parameters, food and energetic value are determined. The compression of bread crumbs during storage is studied. The recommended shelf life of bread is 24 hours.

Dangerous factors in the technology of new products are identified, critical points of control and their limit values are defined. Complex quality index is equal to: «Glutenoff» bread – 0.74, «Vasylenkovsky» bread – 0.64, «Borschovy» bread – 0.75, «Makovi» bread – 0.65, Rice bread – 0.58. The economic effect of implementing the results of work is 23.6...40.2 thousand UAH per 1 ton of finished product, depending on the formulation.

Complex of measures on introduction of new technologies into production and educational process is carried out. Scientific novelty of obtained results is confirmed by Ukrainian patents on utility model: № 109240 «Method of production of gluten-

free non-yeast breads», № 124854 «Method of production of gluten-free non-yeast breads» and № 124855 «Method of production of gluten-free non-yeast breads».

Standard documentation for finished products is developed and approved: formulations of gluten-free non-yeast breads («Glutenoff», «Makoviy», «Borschovy»), technological instructions TI 38159665–145:2017 for the production of gluten-free non-yeast breads, draft of technical conditions, new technologies were introduced into enterprises Ltd «Magic mosaic» and Ltd «Research and Production Enterprise East Ukraine», the results of research is implemented in educational process of the Petro Vasilenko KhNTUA and KhITE KNUTE.

Key words: gluten-free flour, gluten-free non-yeast breads, animal protein concentrates, carboxymethylcellulose sodium salt, foam-like structure of the dough.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. O. Shanina, T. Gavrish, I. Haliasnyi, and S. Minchenko, "Research of polysaccharide and protein supplements influence on viscous properties of gluten-free dough", *Technology audit and production reserves*, vol. 2, no. 3(34), pp. 30-35, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.100044>. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus, PИИЦ, Food Science and Technology Abstracts та ін.). Особистий внесок здобувача: автором досліджено процес клейстеризації крохмалю в безглютеновій борошняній сировині в присутності гідрокоолоїдів та різних видів рідкої фази.**

2. І. Галясний, Т. Гавриш, та О. Шаніна, "Білково-протеїназний комплекс безглютенового тіста в присутності молочних білків", *Продовольча індустрія АПК*, т. 17, № 1, с. 10-14, 2018. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Ulrichsweb Global Serials Directory, PИИЦ, AGRIS). Особистий внесок здобувача: автором вивчено взаємодію між білковими макромолекулами безглютенових видів борошна та їх суміші на основі молекулярно-масового розподілу білкових речовин.**

3. I. Haliasnyi, T. Gavrish, and O. Shanina, "Research of surface properties of water-flour suspensions in the presence of hydrocolloids and protein supplements", *Technology audit and production reserves*, vol. 1, no. 3(39), pp. 58-63, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.124286>. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus, РІНЦ, Food Science and Technology Abstracts та ін.). Особистий внесок здобувача: досліджено вплив гідроколоїдів та білкових добавок на показник формостійкості крапель водно-борошняних суспензій на основі безглютенового борошна для утворення поліпшеної пінної структури тіста.**

4. I. V. Galyasnyy, T. V. Gavrish, та O. M. Shanina, "Дослідження іонозв'язувальної здатності білків безглютенового борошна в присутності тваринних білків", *Вісник НТУ «ХП»*. *Нові рішення в сучасних технологіях*, № 9(1285), с. 179-184, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.09.26>. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus та ін.). Особистий внесок здобувача: досліджено іонозв'язувальну здатність білків рисового, кукурудзяного борошна та їх суміші в присутності молочних білків кефіру та тваринних білків, отриманих із вторинної м'ясної сировини.**

5. I. V. Galyasnyy, T. V. Gavrish, та O. M. Shanina, "Дослідження піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста з використанням гідроколоїдів та концентратів тваринних білків", *Продовольчі ресурси*, № 10, с. 67-75, 2018. **Стаття у фаховому виданні України. Особистий внесок здобувача: досліджено вплив гідроколоїдів та концентратів тваринних білків на формування піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста. Здобувачем вивчено піноутворювальну здатність та стійкість піни модельних систем.**

6. T. V. Gavrish, O. M. Shanina, та I. V. Galyasnyy, "Дослідження впливу полісахаридної та білкової добавки на гідратаційні властивості безглютенового бездріжджового тіста", *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, вип. 194, с. 119-123,

2018. **Стаття у фаховому виданні України.** *Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджено теоретичні та практичні аспекти впливу натрій карбоксиметилцелюлози та концентратів тваринних білків на гідратаційні властивості безглютенового тіста.*

7. О. М. Шаніна, І. В. Галясний, та Н. Л. Лобачова, "Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба", *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*, №4 (3), с. 56-60, 2015. **Стаття у виданні республіка Польща, яке включене до міжнародних наукометричних баз.** *Особистий внесок здобувача: здобувачем вивчено вплив різної безглютенової борошняної сировини на органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба.*

8. І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, та О. М. Шаніна, "Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста", *Інтернаука*, т. 1, № 18(40), с. 66-71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2017-18>. *Особистий внесок здобувача: автором досліджені теоретичні та практичні аспекти впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста з різної борошняної сировини.*

9. О. М. Шаніна, Т. В. Гавриш, І. В. Галясний, та К. В. Дугіна, "Реологічні властивості безглютенового бездріжджового тіста", *Молодий вчений*, № 2(42), с. 225-229, 2017. *Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджені реологічні властивості бездріжджового тіста з безглютенової сировини та проаналізовано альтернативні види безглютенового борошна, що можуть застосовуватися в технології хліба.*

10. K. Dugina, N. Lobacheva, S. Minchenko, I. Haliasnyi, and O. Shanina, "Development of gluten-free products with high nutritional value", in *IV international congress. Engineering, environment and materials in processing industry*, Jahorina, 2015, pp. 514-520, 2015. *Особистий внесок здобувача: автором досліджений вплив тваринних білків на кулінарні властивості безглютенових хлібних виробів з підвищеною харчовою цінністю.*

11. І. В. Галясний, "Формування піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста", на *II Міжнар. наук.-практ. конф. Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття*, Хмельницький, 2017, с. 98-101. *Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджено піноутворювальну здатність та стійкість до руйнування структури піни яєчного білка за умов додавання гідроколоїду та концентрату тваринних білків.*

12. І. В. Галясний, "Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста", на *Всеукр. наук.-практ. конф. Майбутній науковець-2017*, Сєверодонецьк, 2017, с. 135-137. *Особистий внесок здобувача: досліджені зміни маси під час сушіння безглютенового тіста на основі борошна кукурудзяного, рисового та їх суміші.*

13. І. В. Галясний, "Визначення здатності до черствіння під час зберігання безглютенових бездріжджових хлібців", на *XXV Міжнар. наук.-практ. конф. Наука в сучасному світі*, Київ, 2017, с. 41-44. *Особистий внесок здобувача: автором досліджено процеси втрати вологи та черствіння бездріжджових безглютенових хлібців за умов використання різної рідкої фази та безглютенового борошна.*

14. І. В. Галясний, О. М. Кравченко, та Т. В. Гавриш, "Обґрунтування економічної ефективності виробництва безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції", на *Міжнар. наук.-практ. конф. Економіка, фінанси, облік та управління: оцінка та перспективи розвитку в Україні та світі*, Полтава, 2017, с. 8-10. *Особистий внесок здобувача: здобувачем здійснені економічні розрахунки ефективності впровадження інноваційної технології виробництва безглютенових бездріжджових хлібців.*

15. О. М. Шаніна, І. В. Галясний, Л. М. Ястребова, та О. О. Андрієнко, "Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців", *МПК A21D 8/02, A21D 13/04. № 109240*, Серп. 25, 2016. *Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.*

16. Т. В. Гавриш, І. В. Галясний, О. М. Шаніна, та К. В. Дугіна, "Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців", МПК А21D 8/02, А21D 13/047. № 124854, Квіт. 25, 2018. *Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.*

17. О. М. Шаніна, І. В. Галясний, К. В. Дугіна, та Т. В. Гавриш, "Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців", МПК А21D 8/02, А21D 13/047. № 124855, Квіт. 25, 2018. *Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.*

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 27 |
| РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВИРОБІВ | 34 |
| 1.1. Актуальність проблеми виробництва безглютенових харчових продуктів | 34 |
| 1.2. Базові рецептурні компоненти та технологічні підходи у виробництві безглютенового хліба..... | 36 |
| 1.3. Аналіз ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів безглютенового хліба..... | 38 |
| 1.4. Напрямки пошуку інноваційних технологічних заходів в технології безглютенових харчових продуктів..... | 54 |
| 1.5. Надбання українських вчених щодо удосконалення технологій безглютенових хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів..... | 56 |
| 1.6. Теоретичні і практичні передумови розробки технології бездріжджового безглютенового хліба..... | 58 |
| Висновки за розділом1..... | 63 |
| РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ | 66 |
| 2.1. Об'єкти та матеріали досліджень..... | 66 |
| 2.2. Методи досліджень сировини, напівфабрикатів та готових виробів..... | 67 |
| 2.2.1. Методи дослідження сировини..... | 67 |
| 2.2.2. Методи дослідження напівфабрикатів..... | 69 |
| 2.2.3. Методи дослідження готових виробів..... | 72 |
| 2.3. Варіанти замісу дослідних зразків тіста..... | 73 |
| 2.4. Методи обробки результатів досліджень..... | 75 |
| Висновки за розділом 2..... | 76 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ | 77 |
| 3.1. Обґрунтування складу борошняної сировини..... | 78 |

| | |
|---|------------|
| 3.2. Обґрунтування складу та температури рідкої фази безглютенового тіста..... | 83 |
| 3.3. Вибір поліпшуючих добавок та обґрунтування їх концентрації..... | 89 |
| 3.4. Вивчення впливу кількості води в безглютеновому тісті..... | 92 |
| Висновки за розділом 3..... | 94 |
| РОЗДІЛ 4. ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ БЕЗДРІЖДЖОВОГО БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБНОГО ТІСТА..... | 96 |
| 4.1. Формування піноподібної структури бездріжджового безглютенового тіста..... | 97 |
| 4.2. Вивчення реологічної поведінки бездріжджового безглютенового тіста..... | 103 |
| 4.3. Водоутримувальна здатність безглютенового борошна в присутності добавок..... | 107 |
| 4.4. Молекулярно-масовий розподіл білкових фракцій безглютенового борошняного тіста..... | 114 |
| 4.5. ІЧ-спектроскопічний аналіз білків різної борошняної сировини та додавання добавок..... | 124 |
| 4.6. Іонозв'язувальна здатність білків..... | 132 |
| 4.7. Стан вуглеводно-амілазного комплексу..... | 138 |
| 4.8. Поверхневі властивості водно-борошняних суспензій в присутності добавок..... | 142 |
| Висновки за розділом 4..... | 146 |
| РОЗДІЛ 5. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ..... | 150 |
| 5.1. Оптимізація технологічних режимів тістоповедення та випікання бездріжджових безглютенових хлібців..... | 151 |
| 5.2. Технологічна схема та апаратурне оформлення технології бездріжджових безглютенових хлібців..... | 153 |
| 5.3. Рецептури, технологічні режими та показники якості нової продукції..... | 156 |
| 5.4. Визначення здатності до черствіння під час зберігання бездріжджових безглютенових хлібців..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| 5.5. Застосування елементів системи НАССР та кваліметрична оцінка якості бездріжджових безглютенових хлібців..... | 161 |
| 5.6. Ефективність впровадження та практичне значення наукової розробки..... | 165 |
| 5.6.1. Економічна ефективність наукової розробки..... | 165 |
| 5.6.2. Практичне значення результатів роботи..... | 168 |
| 5.6.3 Соціальне значення наукової розробки..... | 169 |
| Висновки за розділом 5..... | 171 |
| ВИСНОВКИ | 173 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 175 |
| ДОДАТКИ | 197 |
| Додаток А. Результати експериментальних досліджень і розрахунки..... | 198 |
| Додаток А1. Зовнішній вигляд (переріз) бездріжджових безглютенових хлібців за різної температури рідкої фази..... | 199 |
| Додаток А2. Зовнішній вигляд зразків тіста..... | 201 |
| Додаток А3. До розрахунку кількості пор (фрагмент розрахунку)..... | 205 |
| Додаток А4. Криві навантаження-розвантаження тіста..... | 207 |
| Додаток А5. Криві молекулярно-масового розподілу білків..... | 211 |
| Додаток А6. ІЧ-спектри..... | 216 |
| Додаток А7. Дані потенціометричного титрування..... | 218 |
| Додаток А8. Результати дослідження поверхневих властивостей водно-борошняних суспензій методом лежачої краплі..... | 222 |
| Додаток А9. Дані регресійного аналізу та оптимізації..... | 224 |
| Додаток А10. Ідентифікація критичних точок контролю..... | 229 |
| Додаток А11. Розрахунок показників якості хлібців..... | 232 |
| Додаток А12. Розрахунок харчової цінності хлібців..... | 234 |
| Додаток А13. Результати розрахунків економічної ефективності наукової розробки..... | 236 |
| Додаток Б. Патенти України на корисну модель..... | 238 |
| Додаток Б1. Пат. № 109240 Україна, МПК А21D 8/02, А21D 13/04. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців..... | 239 |

| | |
|---|-----|
| Додаток Б2. Пат. № 124854 Україна, МПК А21D 8/02, А21D 13/047. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців..... | 240 |
| Додаток Б3. Пат. № 124855 Україна, МПК А21D 8/02, А21D 13/047. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців..... | 241 |
| Додаток В. Нормативна та технологічна документація..... | 242 |
| Додаток В1. Технічні умови ТУ У 10.7–38159665–145:2017 «Хлібці бездріжджові безглютенові» (проект)..... | 243 |
| Додаток В2. Технологічна інструкція з виготовлення бездріжджових безглютенових хлібців ТІ 38159665–145:2017..... | 262 |
| Додаток В3. Рецептури безглютенових бездріжджових хлібців..... | 269 |
| Додаток Г. Акти дегустації безглютенових бездріжджових хлібців..... | 272 |
| Додаток Г1. Акт дегустації безглютенових бездріжджових хлібців (ТОВ «НВП-Східна Україна»)..... | 273 |
| Додаток Г2. Акт дегустації безглютенових бездріжджових хлібців (ТОВ «Чарівна мозаїка»)..... | 276 |
| Додаток Д. Акти впровадження..... | 279 |
| Додаток Д1. Акт впровадження технології безглютенових бездріжджо- вих хлібців (ТОВ «НВП-Східна Україна»)..... | 280 |
| Додаток Д2. Акт впровадження технології безглютенових бездріжджо- вих хлібців (ТОВ «Чарівна мозаїка»)..... | 284 |
| Додаток Е. Акти виробничих випробувань..... | 286 |
| Додаток Е1. Акт виробничого випробування безглютенових бездріжд- жових хлібців (ТОВ «НВП-Східна Україна»)..... | 287 |
| Додаток Е2. Акт виробничого випробування безглютенових бездріжд- жових хлібців (ТОВ «Чарівна мозаїка»)..... | 291 |
| Додаток Ж. Довідки про участь у виставках, ярмарках, конференціях..... | 295 |
| Додаток К. Акти впровадження результатів наукових досліджень у на- вчальний процес..... | 313 |
| Додаток К1. Акт впровадження результатів наукових досліджень у на- вчальний процес ХНТУСГ ім. П. Василенка..... | 314 |
| Додаток К2. Акт впровадження результатів наукових досліджень у на- вчальний процес ХТЕІ КНТЕУ..... | 317 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ ТА УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ББХ – бездріжджові безглютеніві хлібці;

КТБ – концентрат тваринного білка;

Na КМЦ – карбоксиметилцелюлози натрієва сіль (КМЦ натрієва сіль);

ВУЗ – водоутримувальна здатність;

ВПЗ – водопоглинальна здатність;

СП – стійкість піни;

ПУЗ – піноутворююча здатність;

ММР – молекулярно-масовий розподіл;

ЧП – число падіння.

ВСТУП

Актуальність теми. В світі постійно зростає попит на безглютенові продукти харчування. Основний рушій попиту на подібні продукти – не тільки мода на безглютенове харчування, а й поширення специфічного захворювання – целиакії та низки інших глютензалежних розладів (алергія на глютен, непереносимість глютену тощо), виникнення яких викликає глютен. Число людей, які страждають на целиацію та несприйнятливість до глютену, в Україні складає щонайменше 400...500 тис. осіб. Ці люди буквально приречені на пожиттєве виключення з раціону важливих продуктів, багато з яких вживаються щоденно, а саме – всі хлібобулочні вироби, макаронні, кондитерські вироби з продуктів переробки зерна пшениці, жита та ячменю.

Асортимент безглютенових борошняних виробів на ринку України формується в основному за рахунок імпортованої продукції – сухих сумішей для випічки в домашніх умовах хліба, кексів або печива, а також готових до вживання безглютенових борошняних кондитерських виробів. Така продукція стає практично недоступною для українського споживача, бо має дуже високу вартість, зумовлену складною рецептурою з низкою добавок-поліпшувачів, логістичними витратами та інше.

Вітчизняне виробництво безглютенових хлібобулочних виробів стримується серйозним технологічним викликом – відсутністю клейковини, яка є ключовим фактором формування пористої структури хлібобулочних виробів.

Вирішенню проблеми вдосконалення технологій безглютенових хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів присвячено роботи вітчизняних та зарубіжних вчених: Дробот В. І., Дорохович А. М., Шаніної О. М., Дорохович В. В., Aguilar N., Coppa C., Arendt E. K., Moreira R., Gallagher E., Rosell C. M. та іншими. Для компенсації відсутньої клейковини вченими запропоновано залучати функціональні можливості додаткових рецептурних інгредієнтів та новітні технологічні підходи (використання гідроколоїдів, білкових добавок, ферментних препаратів, гідротермічної обробки, екструдуювання та пророщування сировини, заквашування тіста тощо). В цілому, пере-

важна більшість цих робіт присвячена актуальному, але складному питанню поліпшення структури безглютенового хліба протягом тривалого етапу бродіння.

На сьогодні перспективними виглядають короткотривалі способи немікробіологічного розпушення безглютенового тіста, а залучення в якості функціональних рецептурних компонентів – добавок білкової та полісахаридної природи, дозволить покращити реологічні властивості безглютенового хлібного тіста. Це дасть змогу підвищити ефективність тістоведення шляхом суттєвого скорочення тривалості процесу та знизити втрати сухих речовин тіста під час бродіння.

В зв'язку з цим актуальним та своєчасним вирішенням наукової проблеми для вітчизняної та світової галузі є пошук нових технологічних рішень, а також розробка новітніх технологій бездріжджової безглютенової хлібопекарської продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до тематики науково-дослідних робіт Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка в межах держбюджетних тем № 0115U000583 «Використання безглютенової сировини та сучасних добавок утворювачів структури для створення харчових продуктів лікувальної дії», № 0117U003078 «Застосування високобілкової борошняної сировини в технології безглютенового хліба», а також госпдоговірної теми № 1/4-2017 «Розробка технології безглютенових бездріжджових та безглютенових парових хлібців» на базі підприємства ТОВ «НВП-Східна Україна», м. Харків.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка технології бездріжджових безглютенових хлібців (ББХ) на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна шляхом застосування карбоксиметилцелюлози натрієвої солі та концентрату тваринних білків, що дозволяють скоротити тривалість тістоведення, поліпшити структурно-механічні властивості тіста та якість випеченої продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- систематизувати емпіричну базу даних щодо сучасних тенденцій в технології безглютенових хлібопекарських виробів, ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів та інноваційних технологічних заходів для обґрунтування технології безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції; проаналізувати теоретичні та практичні передумови для обґрунтування бездріжджового способу тістотворення;

- обґрунтувати склад безглютенової борошняної сировини, рідкої фази тіста, виду та концентрації поліпшуючих добавок для забезпечення високих органолептичних властивостей ББХ;

- дослідити формування піноподібної структури, реологічні та гідратаційні властивості бездріжджового безглютенового тіста;

- вивчити стан білково-протеїназного комплексу безглютенового борошняного тіста в присутності добавок білкової та полісахаридної природи;

- дослідити стан вуглеводно-амілазного комплексу безглютенового борошна;

- визначити вплив поліпшуючих добавок на поверхневі властивості водно-борошняних суспензій;

- обґрунтувати спосіб введення поліпшуючих добавок, режими тістотворення, їх вплив на якість ББХ під час виробництва та зберігання; провести оптимізацію технологічних режимів виробництва, визначити показники безпеки нової продукції, запровадити елементи НАССР та провести кваліметричну оцінку якості;

- розробити технологію та технологічні схеми виробництва ББХ із застосуванням карбоксиметилцелюлози натрієвої солі та концентрату тваринних білків, що дозволить збалансувати реологічні властивості пористого хлібного тіста.

- провести комплекс робіт по розробці нормативної документації, впровадженню нової технології та визначенню економічної ефективності виробництва безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції.

Об'єкт дослідження – технологія бездріжджових безглютенових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням в якості структуроутворювачів добавок білкової і полісахаридної природи.

Предмет дослідження: функціональні рецептурні компоненти – карбоксиметилцелюлози натрієва сіль марки СМС 6500 (Na КМЦ) та концентрати тваринного білка Геліос-11 або Сканпро Т95 (КТБ); органолептичні та фізико-хімічні, структурно-механічні властивості тіста та готових виробів; процеси, що відбуваються під час утворення тіста; показники якості, харчової цінності.

Методи дослідження: аналітичні, фізичні, фізико-хімічні, органолептичні та біохімічні методи визначення якості напівфабрикатів і готових виробів; математичні методи планування експерименту та обробки експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень доведено ефективність застосування механічного та комбінованого (механічно-хімічного) способу розпушення хлібного тіста на основі безглютенової борошняної сировини за умов використання добавок білкової та полісахаридної природи в якості структуроутворювачів для підвищення якості ББХ та науково обґрунтовано їх позитивний вплив на основні складові борошна та тіста.

Вперше:

– теоретично та експериментально обґрунтовано технологію ББХ, яка відрізняється застосуванням механічного та комбінованого (механічно-хімічного) способу розпушення хлібного тіста за рахунок використання добавок білкової та полісахаридної природи в якості структуроутворювачів для підвищення якості ББХ. Науково обґрунтовано їх позитивний вплив на основні складові безглютенового борошна та тіста;

– доведено можливість використання механічного та комбінованого (механічно-хімічного) збивання для утворення пінної структури, застосування добавок Na КМЦ та КТБ для поліпшення процесів утворення та стабілізації піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста на основі рисово-

кукурудзяної суміші у співвідношенні (70...50):(30...50) відповідно. Рекомендовано додавання Na КМЦ у вигляді 0,5 %-вого водного розчину разом з КТБ в кількості 0,5...1,0 % до маси борошняної сировини;

– встановлено закономірності формування пінної структури тіста зі збільшеною часткою дрібних пор – майже в чотири рази зменшується кількість великих та суттєво зростає кількість дрібних пор, що пов'язано із зростанням вмісту зв'язаної вологи, поліпшенням збалансованості структурно-механічних властивостей тіста. Вказаний вплив зумовлений здатністю добавок покращувати піноутворювальну здатність та стійкість піни до руйнування;

– доведено, що в тісті з борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші відбуваються міжмолекулярні взаємодії між макромолекулами різних видів борошна. Як наслідок, в тісті з борошняної суміші збільшується частка фракцій з молекулярною масою близько 20, 50, 80 та 280 kDa; зменшується частка фракцій з молекулярною масою 25..29 kDa з одночасним зростанням вмісту більш високомолекулярних фракцій, розчинних у спирті та лузі;

– встановлено, що можливі міжмолекулярні білок-білкові взаємодії відбуваються з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів різних молекулярних конформацій (α -спіралей і β -форм); внаслідок активних міжмолекулярних взаємодій частина негативно заряджених ділянок, здатних зв'язувати позитивно заряджені іони, блокується;

– доведено, що поверхневий натяг водно-борошняних суспензій з рисово-кукурудзяної суміші зростає внаслідок міжмолекулярної взаємодії між водорозчинними білками безглютенового борошна; наявність добавок Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші помітно знижує показник формостійкості краплі, що пов'язано зі зменшенням її поверхневого натягу.

Набули подальшого розвитку наукові уявлення щодо закономірності зміни властивостей бездріжджового безглютенового тіста з борошняних сумішей при застосуванні добавок полісахаридної та білкової природи; дані щодо формування ББХ на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна під час виробництва та зберігання продукції.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію ББХ.

Розроблено та затверджено нормативну документацію на готову продукцію: рецептури ББХ («Глютенофф», «Маковій», «Борщовий»), технологічні інструкції ТІ 38159665–145:2017 з виробництва бездріжджових безглютенових хлібців та проект ТУ.

Реалізація роботи. За результатами дослідження здійснено впровадження розроблених технологій на ТОВ «Чарівна мозаїка» (акт від 02.10.2017), ТОВ «НВП-Східна Україна» (акт від 30.11.2017).

Новизну технічних рішень підтверджено деклараційними патентами України на корисну модель № 109240 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців», № 124854 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців», № 124855 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців».

Результати дисертаційної роботи використано в навчальному процесі кафедри технологій переробних і харчових виробництв ХНТУСГ імені Петра Василенка та кафедри інноваційних харчових і ресторанних технологій ХТЕІ КНТЕУ під час викладання дисциплін «Технологія хліба, макаронних, кондитерських виробів та харчоконцентратів» (акт від 04.03.2019), «Оздоровче харчування», «Наукове моделювання» (акт від 04.02.2019).

Особистий внесок здобувача полягає в: аналізі стану проблеми, розробці програми досліджень, узагальненні аналітичних та проведенні експериментальних робіт, аналізі та обробці отриманих даних, організації заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво та навчальний процес.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовку матеріалів до публікації, складання заявок на корисні моделі, розробку нормативної та технологічної документації проведені спільно з науковим керівником, к.т.н., доц. Гавриш Т. В.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідались та обговорювались на наступних Міжнародних і Всеукраїнських конференціях: «Інжиніринг, навколишнє середовище та матеріали в переробній промисловості» (м. Яхорина, Боснія і Герцеговина, 2015 р.); «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв» (м. Харків, 2017 р.); «Актуальні проблеми розвитку торгівлі, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу» (м. Харків, 2017 р.); «Майбутній науковець – 2017» (м. Сєверодонецьк, 2017 р.); «Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття» (м. Хмельницький, 2017 р.); «Наука у сучасному світі» (м. Київ, 2017 р.); «Економіка, фінанси, облік та управління: оцінка та перспективи розвитку в Україні та світі» (м. Полтава, 2017 р.).

Розроблена продукція демонструвалася та отримала позитивну оцінку фахівців галузі на 9 виставках наукових розробок (2015-2017 рр.)

Публікації. Основні результати роботи викладено у 17 наукових працях, у тому числі: 6 статтях у затверджених наукових фахових виданнях України (серед них 4 – у виданнях, що включено до міжнародних наукометричних баз), 1 статті у закордонному виданні (Польща), 2 статтях у виданнях України, що включено до міжнародних наукометричних баз, 3 патентах України на корисну модель, 5 тезах доповідей та матеріалів конференцій.

Структура дисертації та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел літератури, що включає 214 найменувань, у тому числі 158 іноземних, 28 додатків. Повний обсяг дисертації складає 148 сторінок основного тексту, містить 36 таблиць та 56 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВИРОБІВ

1.1. Актуальність проблеми виробництва безглютенових харчових продуктів

Безглютенові продукти відіграють дуже важливу роль у профілактичному та лікувальному харчуванні людини. Першочергово це стосується хворих на целиакию, а також споживачів, що мають різноманітні розлади харчування – алергію на глютен або його непереносимість [1]. Беручи до уваги досягнення в галузі нутригеноміки і нутригенетики, тенденція до індивідуалізації дієт зростатиме. Це сприятиме збільшенню обсягів ринку спеціалізованих продуктів харчування, в тому числі безглютенових.

Хлібобулочні та кулінарні й кондитерські борошняні вироби, що не містять глютену, є одним із сегментів цього ринку. В даний час стрімко розвивається виробництво таких спеціалізованих продуктів харчування.

У хворих на целиакию проламінові пептиди в пшеничному глютені та в гомологічних запасних білках ячменю та жита викликають болісне хронічне стирання та знищення мікрівілей епітелію тонкого кишечника. Без лікування це спричиняє хронічну діарею, розтягування черевної порожнини, остеопороз, втрату ваги через порушення всмоктування поживних речовин та анемію. Відомо, що целиакія – це генетичне хронічне захворювання, єдиним способом лікування і профілактики всіх його важких ускладнень є суворе і довічне дотримання безглютенової дієти. Будь-яке споживання продуктів, що містять глютен, навіть у малих кількостях, завдає удару слизовій оболонці кишечника [2, 3].

Міститься глютен в низці зернових, в першу чергу, у пшениці. Крім того, відомими джерелами глютену визнані жито, ячмінь, а також всі ботанічні різновиди і форми пшениці (спельта, камут, фарро, дурум, булгур, кускус), тритікале, айнкорне, які також містять цей білок, хоча й у менших кількостях. Світова медична спільнота, фахівці харчової галузі та громадськість приділяють пи-

льну увагу питанням щодо методів ідентифікації глютену в харчових продуктах з одночасним забезпеченням споживачів усією необхідною інформацією щодо його вмісту в тих чи інших харчових продуктах [2].

Нажаль, проблемою вчасного та об'єктивного інформування щодо вмісту глютену в продуктах в Україні практично не опікуються. В той самий час законодавча база країн Європейського Союзу, США, Канади та ін. вимагає від виробників харчових продуктів та співробітників торгівельних мереж чіткого маркування продукції знаком «gluten-free».

Для хворих на целиацію в багатьох країнах розроблені технології і налагоджене виробництво безглютенового хліба, макаронних виробів, печива, кексів, бісквітів, борошна для випічки та ін. Ці продукти позначаються на упаковці символом «перекреслений колосок». Під час їхнього виробництва особливу увагу приділяють чистоті зернової сировини, з якої мають бути видалені найменші домішки токсичних для хворих на целиацію злаків [4].

Зростання наразі інтересу до продуктів без глютену зумовлюється значною поширеністю целиації, яка оцінюється як така, що охоплює щонайменше 0,5...2,0 % населення у більшості європейських країн та США [3]. Порівняно з країнами північної Америки, Європи, Японії та ін., в Україні виробництво безглютенових виробів у достатньому асортименті та обсягах, на жаль, не налагоджене. Проте, забезпечувати цю категорію людей спеціалізованими продуктами харчування потрібно постійно.

Асортимент безглютенових борошняних виробів на ринку України формується в основному за рахунок імпортової продукції, яка має досить високу вартість. Крім того, більшість доступних в країні безглютенових продуктів є борошняні кондитерські вироби або суміші для випічки в домашніх умовах. Зрозуміло, що приготування низки харчових продуктів з виключенням глютену є в першу чергу дієтичним аспектом. Але у виробництві безглютенових хлібобулочних виробів відсутність глютену стає серйозним технологічним викликом і вимагає вирішення низки технологічних питань.

Протягом останніх десятиліть було проведено багато досліджень з метою поліпшення якості безглютенового хліба та його поживних властивостей. Проте, й досі залишаються проблеми розробки безглютенового хліба з задовільною структурою, термінами придатності та вартістю.

З огляду на вищесказане, зрозумілою стає нагальна необхідність розробки не тільки безпечних та ефективних терапевтичних і дієтичних альтернатив, але й нових підходів до детоксикації глютену або одержання безглютенових композицій. Крім того, відслідковується очевидна необхідність розробки рецептур і технологій виробництва борошняних безглютенових виробів, що мають достатню якість і прийнятну ціну.

1.2. Базові рецептурні компоненти та технологічні підходи у виробництві безглютенового хліба

Виробництво продуктів без глютену вимагає використання попередньо відібраних сировинних матеріалів. Кількість таких інгредієнтів обмежена. Базовими інгредієнтами безглютенового хліба є борошно, вода, дріжджі та сіль. Отже, ресурси сировини для безглютенового хліба менш змінні та привабливі з точки зору їх технологічності, поживної цінності та смаку в порівнянні з традиційним хлібом.

Вода впливає на консистенцію тіста, його реологію та температуру. Вона гідратує білки та вуглеводи і, отже, діє як диспергатор, приводячи інгредієнти до контакту один з одним, а також до розчинення інгредієнтів [5, 6]. Контакт води з борошном призводить до активації ферментів, в першу чергу амілолітичних, які забезпечують деградацію крохмалю і утворення цукрів. Гідратуються певні білкові фракції, які зумовлюють в'язкоеластичні властивості тіста і його реологічну поведінку. Кількість води, яку додають під час замішування тіста, в основному залежить від поглинання води безглютеновим борошном. Ця здатність збільшується зі зростанням вмісту білка та оболонкових часточок в борошні. Надлишок води зменшує в'язкість і збільшує розтяжність тіста. Якщо

об'єм води занадто низький – тісто стає крихким, незв'язаним і має стовщення кірки через швидку гідратацію.

Сіль додають приблизно в кількості 1,5 % від маси борошна для поліпшення смаку та здатності тіста до обробки [7]. Сіль уповільнює поглинання води та набрякання білків борошна, зменшує розтяжність тіста та покращує газотримання, властивості нарізання та крихкуватість хліба.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* додають приблизно в концентрації 2 % до маси безглютенового борошна за їхню здатність виробляти газ через метаболізм глюкози. Дріжджі також сприяють формуванню аромату випечених продуктів шляхом виробництва побічних ферментативних продуктів внаслідок вільнення редуруючих цукрів, які реагують з аміногрупами білків під час випікання. Ефективний вплив дріжджів на реологічні властивості пов'язаний з утворенням пероксиду водню [7, 8].

Дослідниками Wehrle та Arendt [9] доведено, що зброжене тісто має меншу здатність до відновлення, інакше кажучи, є менш еластичним, ніж бездріжджове неферментоване тісто. Зростання рецептурної кількості дріжджів помітно зменшує в'язко-еластичні властивості тіста.

Для компенсації відсутньої клейковини науковці рекомендують використовувати функціональні можливості різноманітних інгредієнтів. Загалом, проблема виробництва хліба з безглютенового борошна є порівняно новою темою дослідження, оскільки різке зростання публікацій в цьому секторі досліджень відмічено, починаючи з 2010 року. В останні роки кількість публікацій у наукових виданнях з питань виробництва безглютенових хлібопекарських виробів стрімко зростає – від 10 робіт на рік у 2000-2006 роках до 50-70 робіт/рік у 2010-2014 рр. та до 100 робіт/рік у 2015 році [10,11].

Дослідження фахівців світової харчової галузі спрямовані на пошук безглютенових основних та допоміжних сировинних інгредієнтів (гідроколоїдів, білкових компонентів, крохмалів, псевдозернової сировини та ін.), а також на розробку новітніх технологічних підходів, що передбачають використання ферментів, застосування високого тиску, проведення гідротермічної обробки, екс-

трудоування та пророщування зернової та борошняної сировини, заквашування тіста та ін. Кожен інгредієнт має особливу роль у випіканні безглютенового хліба, що є основною темою детального обговорення. Далі наведено аналіз та узагальнення наукової інформації щодо вказаних сучасних підходів створення безглютенової хлібопекарської продукції.

1.3. Аналіз ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів безглютенового хліба

В якості найбільш розповсюджених і широко вживаних сировинних інгредієнтів застосовують рисове борошно [12, 13, 14] та рисовий крохмаль; кукурудзяне борошно і кукурудзяний крохмаль; картопляний крохмаль; маніоковий крохмаль; пшеничний крохмаль [15, 16, 17, 18]. Як альтернативна сировина пропонуються такі: безглютенове борошно з зернових (соргове, просяне, вівсяне) [19, 20]; безглютенове борошно з псевдозернових (гречане, амарантове, кіноа) [14, 21, 22]; борошно з коренів та бульб (маніоки, батату); борошно бобових (соя, нут, рожкове дерево, боби, чечевиця, горох); інше борошно (ляне, каштанове, бананове, теффі, та ін.) [23-26], а також борошняні суміші.

Ці види борошна розрізняються кількістю білка, характеристиками крохмалю (співвідношенням амілози і амілопектину), розподілом часток за розмірами і характером впливу на якість готового продукту. Встановлено, що сорт кукурудзи або процес подрібнення впливають на фізико-хімічні і сенсорні властивості хліба [27]. Щодо рисового борошна, низький вміст амілози призводить до покращення структури хліба, але воскові сорти (з вмістом амілози, близьким до 0 %) не підходять самі по собі для безглютенового хліба [28]. Використання цільнозернового борошна або волокон також є поширеним способом поліпшення тіста і хліба [29].

Крохмаль та білкові компоненти є важливими, оскільки вони зумовлюють утворення безглютенового тіста як систему пінного типу на хлібну систему [8]. Оскільки безглютеновий хліб містить велику кількість крохмалю, початок черствіння є більш швидким, ніж у хлібобулочних виробів, що містять клейковину

[29]. Походження крохмалю (зокрема, розмір крохмальних гранул, співвідношення фракцій, хімічні та фізичні модифікації) суттєво впливає на їх технологічну поведінку здатності до набухання, водозв'язування, швидкість желатинізації-ретроградації. Це, в свою чергу, пов'язано з реологічними властивостями тіста, структурою хліба та термінами його зберігання [30, 31].

Створення рецептур безглютенового хліба іноді відбувається зі специфічним науково-практичним напрямком робіт вчених певних регіонів світу. Так, індонезійськими вченими А. Yani та J. Susilo для вирішення проблеми, пов'язаної зі скороченням споживання рису, запропоновано в якості потенційних вуглеводневих джерел маніоку, хлібне дерево, кукурудзу, саго, сорго і солодку картоплю. З метою зміцнення продовольчої безпеки країни, підтримки ідеї диверсифікації їжі, цими дослідниками розроблено новий борошняний продукт (композитну борошняну суміш з борошна маніоки, батату, кукурудзи і рисових висівок) зі зниженим глікемічним індексом та високою поживною цінністю [32].

Серед крохмалів, традиційно найбільш використовуваних для заміни глютену, слід відзначити, в першу чергу, кукурудзяний і картопляний крохмаль, через їх функціональні характеристики, ціну і доступність, а також зернові крохмалі – рисовий і сорговий [33].

Для заміни рисового борошна в безглютеновому хлібі групою фахівців (М. Kim зі співавторами) досліджено ефективність застосування крохмалів кукурудзяного, картопляного та тапіокового. Доведено доцільність їх використання для поліпшення якості хліба, найкращі результати отримано в разі заміни 30 % рисового борошна картопляним крохмалем [34].

Дослідження М. Raciulli зі співавторами довели ефективність застосування сировини, присутність якої дозволяє корегувати кислотність тіста. Так, в рецептурі безглютенового хліба запропоновано включати кукурудзяний крохмаль, а також 15, 20 або 25 % каштанового борошна з урахуванням кількості молочнокислих бактерій та дріжджів, рН та титрованої кислотності каштанового борошна. Каштанові борошняні кислоти покращують об'єм хліба, зменшу-

ють твердість крихти та знижують рН, але не впливають на ріст дріжджів та цвілевих грибів протягом 7 днів зберігання хліба [35].

Наразі акцент також робиться на рівень поживності продуктів для хворих на целиацію, оскільки вуглеводи, білки та ліпіди часто вживаються в незбалансованому співвідношенні, а споживання деяких основних поживних речовин зазвичай недостатньо. Тому особливим сировинним ресурсом для виробництва безглютенових сортів хліба вважають харчові волокна. Як правило, чим вище кількість харчових волокон в тісті, тим більшою є кількість води, необхідної для отримання тіста заданої консистенції. У виробництві безглютенового хліба кількість води, яка використовується для приготування тіста, часто є практично такою ж (або вище), як загальна кількість сухих рецептурних інгредієнтів. Критичним є термін зберігання такого хліба внаслідок наявності в рецепті великої кількості крохмалю та борошна різного походження, що неминуче визначає збільшення швидкості черствіння продукту.

Волокна можуть відігравати позитивний вплив на якісні параметри безглютенового хліба. Лушпиння подорожника *Psyllium* (псиліум) є загальною назвою для кількох членів рослинного роду *Plantago*, насіння яких використовують для комерційного виробництва гумі-речовин. Псиліум розвиває «слабку гелеву» мережу, яка захоплює вуглекислий газ, утворений під час бродіння, внаслідок чого, збільшує вміст газу та об'єм хліба. Такий хліб є стабільним при різних рівнях рН та температури та схожим на глютенний. Тому Zandonadi зі співавт. запропоновано псиліум на заміну глютену у безглютеновому тісті [36].

Встановлено, що розчинне волокно *Psyllium* може відігравати центральну роль у розвитку безглютенового хліба, а також у його здатності до утворення плівки та виявляти протизапальний ефект, який він має внаслідок високої здатності до водозв'язування [37]. Його технологічний вплив та функціональні властивості можуть бути посилені в присутності інших добавок.

Метою дослідження групи італійських вчених С. Carra, М. Lucisano, М. Mariotti було вивчення впливу різної кількості клітковини з різних джерел (псиліуму, цукрового буряку) на якість безглютенового тіста та хліба [38]. Що

стосується добавок псиліуму та добавок харчових волокон цукрового буряку, вони здатні покращити технологічні характеристики безглютенового тіста. При цьому псиліум відіграє центральну роль у розвитку структури хліба, як при бродінні тіста, так і при випіканні. Одночасно автори рекомендують ретельно модулювати вологість тіста, оскільки це може визначити надмірне збільшення жорсткості хліба, якщо відповідний обсяг води не доданий до рецептури.

Групою вчених з Аргентини (L. S. Sciarini зі спів.) досліджено вплив доданих волокон на властивості безглютенового тіста (суміш з рисового борошна, маніокового крохмалю, активного соєвого борошна) та технологічну якість хліба, а також на засвоюваність *in vitro* білків та крохмалю. Застосовано два види волокон, а саме розчинні (інулін) та нерозчинні волокна (із зерна вівса та резистентний крохмаль IV типу) на рівні 5 та 10 % заміщення борошняної суміші. Встановлено посилення щільності тіста при додаванні нерозчинних волокон і зменшення – при застосуванні інуліну. Включення нерозчинних волокон зменшує питомий об'єм хліба [39].

Загалом, нерозчинні волокна, як правило, знижують технологічну якість тіста та споживчу якість хліба, тоді як розчинні волокна мають позитивний вплив. Підтвердженням цього є результати досліджень Martinez M. M. та співавт. [40], які повідомили про те, що розчинні волокна (нутріоза і полідекстроза) пом'якшують консистенцію тіста, сприяють збільшенню об'єму тіста при бродінні та дозволяють отримати більш якісний хліб, ніж контрольний хліб без добавок. За їхніми даними, з іншого боку, целюлоза (нерозчинне волокно) призводить до зниження якості хліба. С. Сарра та співавт. [41] встановлено, що розчинні волокна від псиліуму відіграють центральну роль у розвитку безглютенового хліба, а також його здатності до формування плівок та ефективного затримування черствіння.

Хоча в літературі є також певні суперечності. Так, F. Ronda, та ін. [42] встановили укріплення безглютенового хліба за додавання розчинних β -глюканів з вівса та ячменю (які мають різні середні молекулярні розміри) і виявили загальне зменшення питомого об'єму та утворення більш твердої

м'якушки через додавання волокна, хоча було показано, що певний вплив чинять молекулярна маса та структура β -глюканів.

Вплив додавання волокон (на рівні 5 та 10 % заміщення) на властивості тіста та технологічну якість безглютенового хліба, а також на засвоюваність *in vitro* білка та крохмалю представлено та проаналізовано в роботі авторів з Асоціації дослідників і технологів Індії [43]. Доведено, що розчинні волокна (інулін) зменшували, а нерозчинні волокна (з вівса та крохмалю резистентний стійкий типу IV) збільшували твердість тіста. Включення нерозчинних волокон зменшувало питомий об'єм хліба. Засвоюваність білка та крохмалю зростала при додаванні волокна при 5 %, а потім зменшувалась після подальшого підвищення рівня [43].

Одна з груп добавок, які задовольняють потребу у формуванні в'язкопружних властивостей тіста – це гідроколоїди [33, 44, 45]. Вони є водорозчинними полісахаридами з різною хімічною структурою, яка залежить від типу і забезпечує широкий діапазон техніко-функціональних властивостей. Гідроколоїди широко використовуються в якості структуруючих агентів для імітації в'язко-пружних властивостей клейковини. Ці інгредієнти, як правило, використовуються в якості замітника глютену через їх здатність до загущення, високі водозв'язувальні і гелеутворюючі характеристики. Вони здатні контролювати реологію водної фази, стабілізувати структуру емульсій, пін, суспензій та багатофазних систем [26, 46]. Гідроколоїди збільшують об'єм тіста, стабілізують його пінну структуру за рахунок збільшення в'язкості, флокуляції та коалесценції. Гідроколоїди також запобігають впливу водної фази на пінну структуру, покращуючи стійкість рідини в плівках, що оточують пухирці газу [47]. Гідроколоїди здатні істотно вплинути на поведінку тіста, навіть якщо вони присутні в дуже невеликих кількостях [48, 49, 50].

Безглютенові види хліба містять, в основному, активну крохмалисту складову, отже, клейстеризація крохмалю є одним з визначальних у формуванні якості хліба. Цей процес відбувається ефективно, коли вода присутня в достатній кількості, тому що дуже часто безглютенове тісто має більшу схожість до

рідкого. Крім того, присутній на початковому етапі випікання клейстеризований крохмаль вносить значний вклад в консистенцію тіста [51].

Використання гідроколоїдів із загусниками або стабілізаторами, такими як гуміарабік, карбоксиметилцелюлоза або гуарова камедь відкриває суттєві перспективи у створенні альтернативних безглютенових продуктів, що не поступаються за якістю таким, що містять клейковину. Як правило, нейтральні гідроколоїди менш розчинні, в той час як поліелектроліти мають більшу розчинність. Проте, динаміка гідратації залежить від багатьох інших чинників.

Карбоксиметилцелюлоза, гуарова і ксантанова камеді розчинні в холодній воді. Карагенан, камедь ріжкового дерева і значна кількість альгінатів потребують гарячої води для ефективної гідратації. Вода утримується у міжмолекулярних і внутрішньо-молекулярних порожнечках та через утворення водневих зв'язків. Оскільки ця взаємодія зумовлена водневими зв'язками, то залежить від температури, тиску та формування кластерів води [52].

Гумі та загусники в основному використовуються в безглютеновому хлібі з різних причин, в тому числі для драглеутворення, загущення і розвитку структури [53, 54]. Вони знаходяться у вигляді полісахаридів і/або білків, що походять з різних джерел насіння, плодів; рослинні екстракти, морські водорості та мікроорганізми [55]. Ксантанова камедь не здатна утворювати гелі, але її поведінка як псевдопластичної рідини впливає на реологічні характеристики безглютенового тіста [56]. Це дозволяє певною мірою імітувати властивості клейковини в пшеничному тісті [57], покращувати сенсорне прийняття хліба. Висока водоутримуюча здатність ксантану зумовлена наявністю гідроксильних груп. Карбоксиметилцелюлоза підвищує в'язкість тіста, підвищує еластичність тіста, покращує структуру і об'єм хліба [58]. Такий ефект пояснюється підвищенням водопоглинальної здатності борошна за додавання полісахариду.

Характеристики тіста та хлібної м'якушки залежать від виду борошняної сировини, вологості тіста, природи та кількості гідроколоїду [59]. Додавання гідроксіпропілметилцелюлози (ГПМЦ), К-карагенану та гуарової камеді різного походження в кількості 1,0...1,5 % сприяє збільшенню об'єму та терміну

придатності при зберіганні через підвищення здатності до водопоглинання. Мікрофотографії тіста доводять утворення безперервної матриці між крохмалем і ГПМЦ [60]. Ксантанова камедь і карбоксиметилцелюлоза (в кількості 5...20 г/кг) поліпшують якість безглютенового хліба на основі рисового борошна. Збільшення концентрації карбоксиметилцелюлози призводить до покращення пористості м'якушки [61]. Додавання 1,0 % натрієвої солі карбоксиметилцелюлози (Na КМЦ) у рецептуру позитивно впливає на реологічні властивості тіста на основі рису [62].

Додавання кальцію та казеїнату натрію має вплив на якість рисово-гречаного хліба, подібний до ефекту Na КМЦ. Навіть за різного механізму впливу, всі ці речовини значно знижують твердість тіста, послаблюючи його на початку нагріву і зменшуючи пік в'язкості. Така модифікація поведінки тіста зумовлює утворення м'якої, еластичної м'якушки з великими порами [63]. Результати досліджень реологічних властивостей тіста з каштанового борошна, отримані іспанськими вченими R. Moreira, F. Chenlo та M. D. Torres [64], стосуються додавання в тісто арабської камеді, Na КМЦ, гуарової камеді та трагакантової смоли в різних концентраціях (до 2,0 %). Реологічні властивості тіста при змішуванні та під час тестування на нагрівання-охолодження були істотно модифіковані. Відмічено зростання температури клейстеризації крохмалю [64].

Гідроколоїди утворюють певний ряд за впливом на еластичність тіста і стійкість його до деформації – «ксантанова камедь>пектин> Na КМЦ >агароза> β -глюкан». Об'єм хліба збільшується з додаванням усіх гідроколоїдів, за винятком ксантану [58]. В разі часткової заміни в безглютеновому тісті кукурудзяного крохмалю на крохмаль з тапіоки і препарати резистентного кукурудзяного крохмалю призводить до подовження терміну зберігання хліба [65].

Реологічні властивості безглютенового тіста при змішуванні і нагріванні-охолодженні значно змінюються за додавання таких добавок, як гуміарабик, Na КМЦ, гуарова камедь і трагакант. Випробувані гідроколоїди мають підвищений рівень адсорбування вологи та модифікують процеси клейстеризації і ретроградації крохмалю [66]. Встановлено ефективний вплив ксантану, гуару,

камеді плодів ріжкового дерева, агару, метилцелюлози, Na КМЦ, ГПМЦ та сумішей (ксантан та гуар, ксантан та камедь ріжкового дерева) на пористість безглютенового хліба [67]. За ефективністю впливу на еластичність та стійкість до деформації рецептур безглютенового тіста, гідроколоїди утворюють порядок – «ксантанова камедь» Na КМЦ > пектин> агароза» [58]. Доведено взаємодію між ГПМЦ (в кількості 2...4 г/100 г борошна) і рисовим борошном, яка позитивно впливає на реологічні властивості безглютенового хліба [68]. Але за підвищення рівня гідратації тіста вплив гідроколоїдів на реологію тіста зменшується. Добру сумісну дію на в'язко-пружні властивості безглютенового тіста демонструє комбінація Na КМЦ і ГПМЦ [69].

Ірландські вчені А.-S. Nager та К. Elke [70] доводять, що ефект гідроколоїдів на безглютенові модельні системи різниться залежно від використаної борошняної сировини. Так, ГПМЦ позитивно впливає на об'єм хліба з теффі та кукурудзяного борошна, але негативно – у рисовому хлібі, тоді як для гречаного хліба не змінюється. Додавання ксантану негативно впливає на вихід хліба. Застосування ГПМЦ також зменшує властивості крохмалю теффі, гречаного, кукурудзяного та рисового хліба.

В дослідженнях А. Mansberger зі співавторами [71] показано глибину розуміння потенціалу застосування арабіноксиланів у безглютенових борошняних продуктах. Завдяки своїй функціональності в пшеничному або житньому хлібі доведено, що арабіноксилан може фізично та поживно покращувати якість безглютенового хліба. Дане дослідження вперше показує потенціал застосування арабіноксиланів волокна кукурудзи.

Згідно з дослідженням [72], камедь з крес-салату та ксантанова камедь збільшують вміст вологи та питомий об'єм безглютенового хліба. Гідроколоїди шляхом утворення товстого шару впливають на стійкість утворених вуглекислим газом пор в тісті та хлібі. Під час зберігання відсоток великих пор зменшувався, але частка невеликих пор була стабільною. Гідроколоїди добре зберігають воду і, отже, свіжість хліба без глютену [72]. Сучасний огляд тенденцій по

застосуванню гідроколоїдів в технологіях безглютенового хліба наведено в роботі [73].

Важливим функціональним компонентом рецептури безглютенового хліба є ферментні препарати. Парадигма сучасної ферментативної модифікації безглютенового хліба спрямовані на зміну структури тіста шляхом гідролізу, окислення або зшивання, що призводить до поліпшення структури м'якушки, якості свіжого хліба, а також зумовлює подовження терміну його зберігання [74, 75]. Зшивання функціональних білків безглютенового борошна під дією трансглютамінази доведено в багатьох роботах [76, 77, 88].

Корейські вчені M. Shin, D. Gang та J. Song [78] досліджували вплив трансглютамінази та білків (сироватковий білок, казеїнат та соєвий білок) на якість хліба з використанням воскового рисового борошна.

Додавання гуарової камеді та мікробіальної трансглютамінази призводить до більшої стійкості безглютенового тіста до процесу змішування. Сформована мережа білків стає подібною структурі, що утворена в присутності клейковини. Додавання трансглютамінази має позитивний ефект на вихід тіста та утримання вологи в хлібі після випікання. Негативний вплив трансглютамінази на питомий об'єм хліба може бути нівельований додаванням гуарової камеді [79].

Досліджено також амілолітичні ферменти, які здатні зменшити ретроградацію амілопектину (а значить і черствіння) під час зберігання хліба [80]. Додавання арабіноксиланів зменшувало пікову в'язкість і ретроградацію крохмалю. Лаказа не мала суттєвого впливу на реологічні властивості та якість хліба [81].

Білки відіграють вирішальну роль у визначенні структури багатьох продуктів харчування, в тому числі безглютенового хліба [82]. Через їх відмінні функціональні властивості, протеїни тваринного походження широко досліджені і використовуються в харчових системах. Деякі тваринні білки мають відмінні функціональні та органолептичні властивості, але, на жаль, вони тягнуть за собою більш високу вартість виробництва [83]. Кількість рослинного протеїну, який відкидається і, отже, не використовується до повного потенціалу, дорівнює загальній кількості тваринного білка, що виробляється у всьому світі. Ін-

шим важливим аспектом розгляду є вартість виробництва. Виробництво тваринного білка в 10 разів дорожче, ніж рослинного. Як наслідок, за останнє десятиліття кількість досліджень функціональних властивостей рослинних білків суттєво зросли.

На жаль, функціональність рослинних білків часто є недостатньою через їх низьку розчинність у водному середовищі, яка є найпоширенішою у харчових продуктах, зокрема, хлібобулочних. Ферментативний гідроліз сильно підвищує розчинність білків і змінює їх функціональні властивості. Авторами [84] надано сучасну інформацію про розчинність, водо- та жирозв'язувальну здатності, гелеутворення, спінення та емульгуючі властивості гідролігатів рослинних білків та обговорено, яким чином ці властивості впливають на контрольований ферментативний гідроліз.

Білки з різних джерел (соя, горох, яечний білок та казеїн та ін.) можуть бути додані до основних безглютенових композицій [85, 86, 87]. Білки призводять до збільшення модуля пружності шляхом зшивання білкової мережі, посилення кольору, смаку та аромату через реакцію Майєра, поліпшення структури за допомогою покращання гелеутворення та спінювання [89]. Додавання протеїнів (соевого ізоляту, яєчного білка) призводить до збільшення виходу хліба, поліпшення структури м'якушки та покращенню сенсорних характеристик виробів [90]. Крохмально-білкові взаємодії можуть впливати на клейстеризацію крохмалю та його подальшу ретроградацію, тобто, на якість хліба та термін зберігання. Посилення запаху та смаку свіжого хліба, а також підвищення активності протеаз та амілази спостерігаються в підкисленій матриці [91]. Це пояснюється збільшенням заряду білкової макромолекули, що призводить до сприятливої взаємодії розчинників та полегшення розпаду білка, що може запобігти утворенню мережі [92-95].

Дослідники з Німеччини [96], посилаючись на те, що про вплив підкислення безглютенового хліба, збагаченого білками, не повідомляється, взяли до уваги внутрішньо- і міжмолекулярні взаємодії між екзогенними білками та молекулами крохмалю, що відповідають за структуроутворення тіста, характерис-

тики хліба та залежать від рН тіста. Встановлено [96], що внесення білків з тваринного джерела призводить до різної поведінки відповідно до типу білка, дозування та підкислення. Збільшення вмісту білка знижує рН тіста та підвищує загальну титровану кислотність, а також зменшує вплив додавання кислоти на кислотність тіста. Вважаємо, що це є яскравим проявом амфотерності білків.

Тісто з додаванням альбумінів має значно більшу температуру желатинізації порівняно з іншими інгредієнтами в тісті, тоді як рослинні білки (ізолят білків гороху та ізолят соєвого білка) призводять до зменшення ентальпії желатинізації. Автори зробили загальний висновок, що додавання кислоти значно покращує колір, об'єм та текстуру (інструментально-вимірні) білково-збагаченого безглютенового хліба на основі рисового крохмалю [96].

Огляд [97] спрямований на висвітлення функціональності альтернативних білкових компонентів, які можуть бути використані для розвитку безглютенових продуктів як функціонально, так і дієтично. Існує величезна можливість включення білків з різних джерел (молочні продукти, зернові та бобові) для покращення харчового профілю продуктів, що не містять глютену, на додаток до структурних та текстурно-формуєчих властивостей. Зокрема, до кола харчових протеїнів, що використовуються при розробці безглютенових продуктів, відносять такі: соєвий протеїн ізольований, гороховий білковий ізолят, ізолят білків молока, ізолят білка з рису, сироватковий білок, яєчний білок, білок зеїн, білок дріжджів, казеїн, альбумін, кафірін, карубін та ін.

Зеїн – це запасний білок зерна кукурудзи, основна білкова частка його ядра. Зеїн підрозділяють на чотири фракції на основі їх диференційної розчинності: α , β , γ та δ -зеїн. В роботі [98] досліджено роль не ковалентних взаємодій у формуванні в'язко-пружного матеріалу із зеїну. Дослідження відобразили концепцію про те, що здатність зеїну утворювати в'язко-пружний матеріал може бути пов'язана з не ковалентними взаємодіями білків з низькомолекулярною масою, а не з хімічними та фізичними взаємодіями білкових комплексів надзвичайно високої молекулярної маси, що зустрічаються в клейковині. Автори дійшли висновку, що будь-яка модифікація протеїнів зеїну, добавок або моди-

фікацій самих білків для посилення цих взаємодій може покращити здатність зеїну формувати таку масу – як окремо, так і в присутності ко-білків.

Додавання невеликих кількостей високомолекулярного глютеніну (ВМГ) до зеїну викликає зміни у в'язко-пружних властивостях [99]. Показано, що включення ВМГ збільшує екстенсивну в'язкість зразків гліадіну та зеїну, що свідчить про те, що реологічні властивості зеїну можуть бути покращені при додаванні ВМГ. Ця інформація відкриває шлях для майбутніх досліджень щодо розвитку глютену шляхом регулювання в'язко-пружних властивостей тіста. Автори [100] дійшли висновку, що зеїн не може самостійно імітувати властивості глютену, але гідроколоїди позитивно впливають на структурні та реологічні властивості зеїну. В такий спосіб можна отримати тісто, подібне до пшеничного та хліб з підвищеним об'ємом.

Кафірін також демонструє багатообіцяючі результати щодо розвитку технологій безглютенової продукції [101, 102, 103]. Кафірін (спирт-розчинна проламінова фракція в ендоспермі сорго), становить близько 50 % білка зерна. Враховуючи властивості білків сорго, його слід розглядати як важливу харчову альтернативу глютену. Дослідження кафіріну із зерна сорго показали, що він багато в чому подібний зеїну. Кафірін загалом більш гідрофобний, ніж проламіни пшениці. При нагріванні в киплячій воді кафірін демонструє зменшення здатності поглинати воду за рахунок конформаційних змін білка. Він може посилити білкову мережу композитного тіста [104]. Така властивість може бути використана для розробки безглютенового композитного тіста з в'язко-пружними властивостями. Досліджено вплив різних процедур ізоляції на функціональні можливості зеїну і кафіріну [105]. Таким чином, поглиблене розуміння процедури ізоляції може стати важливою частиною досліджень у найближчому майбутньому та кроком до досягнення глютенopodobних функціональних можливостей кафіріну для приготування безглютенового хліба.

Разом із сироватковим білком для розвитку білкової мережі та модифікації реологічних властивостей рисового тіста доцільно використовувати трансглютаміназу [106]. Додавання казеїнату натрію в композиції, що не містять глю-

тен, крім поліпшення поживної цінності, також позитивно впливає на характеристики скоринки та м'якушки безглютенового хліба [107]. Вивчено вплив казеїну разом з добавками амаранту, кіноа та вівса на реологічні та механічні властивості нестандартного свіжого тальятеле ручної роботи [108]. В роботі [109], присвяченій дослідженню макаронного тіста з рисового борошна, показано, що додавання гуарової камеді та казеїну призводить до полегшення обробки тіста.

Можна впевнено стверджувати, що молочні білки є високо функціональними інгредієнтами, які можуть бути ефективно застосовані у багатьох продуктах харчування і здатні створити мережу [110, 111]. Застосування молочного білка може стати альтернативним рішенням для створення безглютенових продуктів через їх позитивну роль у підвищенні харчової цінності продукту та створенні структури; зміцнити мережу тіста з покращеною текстурою, кольором та зменшенням черствіння [112].

У дослідженні [113] при приготуванні безглютенового хліба була використана мезоструктурована система з часточок сироватки. Ідея використання такого білка ґрунтується на гіпотезі, що структура глютену, який присутній в розвиненому пшеничному тісті, характеризує структуру часточок в мезоскопічному масштабі (довжина від 100 нм до 100 мкм). Поведінка часток суспензій залежить переважно від мезоскопічних властивостей мережі, і така мережа виявляє потужні пружні властивості при малій деформації [114].

Альтернативна концепція розробки безглютенових продуктів – це використання сироваткового білка шляхом заміни глютену мезоструктурованою системою. Основна характеристика даної формули полягає в тому, що сироватковий протеїн та камедь ріжкового дерева структуровані в мезоскопічну суспензію часток білка. Застосування сироваткового білка, а також яєчного альбуміну досліджено для виробництва безглютенових макаронних виробів [115]. Додавання сироваткових білків підвищує однорідність поверхні. Включення білків сироватки може бути цікавим підходом для виробництва пасти без глютену з покращеною якістю готування без застосування хімічних добавок. Додавання

сироваткових білків (5 %) в суміш «борошно-білок» впливає на функціональність рисового борошна з точки зору властивостей пасти [106].

Бобові культури є одним з найважливіших джерел харчових білків. Вони є гарним доповненням як комплементарні білки з незамінними амінокислотами [116, 117]. У більшості досліджень ізоляти соєвих білків використовували в комбінації з гідроколоїдами. Включення цих ізолятів в тісто на основі рису впливає на реологічні характеристики, а також на інші механічні властивості шляхом збільшення модуля пружності, тим самим забезпечуючи підвищену еластичність [106, 118, 119].

Карубін – нерозчинна у воді змішана білкова система, виділена з ембріону бобів ріжкового дерева. Карубін являє собою суміш з великою кількістю білків, які відрізняються за розмірами та ступенем полімеризації та охоплюють молекулярну масу від більш ніж одного мільйона до кількох тисяч [120]. Останнім часом потенціал карубінного білка використовується для поліпшення функціональності продуктів без глютену [117, 120, 121].

У дослідженні [120] високоякісний безглютеновий хліб був вироблений за допомогою борошна з зародків ріжкового дерева та гідроксилпропілметілцелюлози. Також досліджено додавання рибного борошном разом з рисовим борошном при розробці безглютенового хліба [121].

Включення яєчних продуктів у виробництво продуктів, що не містять глютену, широко застосовується, оскільки їх білки мають високу функціональність і можуть бути легко введені в тісто [115, 119, 122, 123]. В одній з нещодавніх робіт досліджено роль текстуруючих білків (яєчного білка та сироваткових білків) при розробці макаронних виробів з рису на основі безглютеноу за відсутності інших добавок [115]. Досліджено функціональність різних білкових ізолятів (ізолят соєвого білка, ізолят білків яблуні, білок яєчного білка, казеїн на реологічні та якісні властивості тіста на основі рису [118].

Білки зазвичай включаються в безглютенові тісто для того, щоб збільшити модуль пружності шляхом перехресного зшивання, підвищити притаманну якість шляхом покращення смаку та аромату, а також поліпшення структури за

допомогою гелеутворення та спінення [119, 124, 125, 126]. Крім того, взаємодія між емульгатором та білком може також покращити міцність тіста та забезпечити краще збереження CO₂ [127].

Мета сумісних досліджень фахівців Таїланду та Австрії [128] полягала у тому, щоб замінити яєчний альбумін білковим концентратом рисових висівок, який є неалергічним, для поліпшення якості безглютенового хліба. Рисові висівки використовували як вихідний матеріал для концентрування препаратів білків з рису за методикою лужно-окисної екстракції. Хліб найвищої якості (за показниками питомого об'єму, пористості) отримано за додавання 2,0 % цього протеїну та комбінації 1,0 % яєчного альбуміну з 1,0 % екстракту рисового протеїну. За наявності в рецептурі хліба екстракту встановлено більш високу ефективність інгібувати черствіння хліба, ніж яєчний альбумін.

Поліпшення якості безглютенового хліба білками плазми крові, концентрованими ультрафільтрацією, та ліофілізованими сахаридами (інулін та сахароза) запропоновано вченими з Аргентини [129]. Додавання білків та інуліну створюють однорідні та менші за розміром пори, що поліпшують текстурні властивості хліба, об'єм його збільшується.

Пропозицією від іспанських вчених є збагачення безглютенового рисового хліба білками сої (в кількості 13,0 %) з використанням 4,0 % структуруючого агента ГПМЦ та допоміжного засобу обробки (1,0 % трансглютамінази). Встановлено позитивні зміни фізичних властивостей тіста та структури хліба [130].

Базуючись на ідеї, що властивості клейковинної мережі принаймні частково виходять з партикулярної структури в колоїдній шкалі, науковці [131] встановлювали можливість створення колоїдної партикулярної структури з не зернового білкового джерела для отримання мережі з в'язко-еластичними властивостями. Ними досліджено, що еластична мережа утворюється з використанням двох різних білків – желатину та сироватки. Змішування крохмалю та желатину сприяє утворенню клейковино-подібної структури тіста.

Оцінено вплив додавання яєць в кількості 20-30 % до маси борошна на якість соргового хліба, а також ефіри моногліцеридів і ацетилвинної кислоти

(ЕМГДАВК) в якості агента проти черствіння на рівні 0,5 % до маси борошна. Сорговий хліб з яйцем мав більший об'єм, ніж контроль, тоді як ЕМГДАВК негативно позначались на цьому показнику [132].

Морські функціональні інгредієнти добре відомі завдяки своєму корисному впливу на здоров'я людини та різноманітності їх наявності. Поінформованість про виявлені білкові молекули, отримані з мідій, сприяє проведенню досліджень у цьому напрямку [133]. Показано, що додавання порошку зелених мідій в макаронні вироби без глютену є доцільним до 5,0 % до маси борошна [134, 135]. Підтверджено ефективність утилізації білкових гідролізатів зелених мідій для збагачення безглютенового хліба. В якості борошняної сировини застосовували гречане, рисове та горіхове борошно у співвідношенні (70:20:10), а гідролізати додавали в діапазоні до 20 % [136]. Оцінено вплив протеїнових ізолятів та концентратів на якість безглютенового хліба за відсутності інших структуроутворюючих агентів, таких як гуарова камедь та пектин. Застосовувані білкові препарати включали альбумін, колаген, горох, люпін та соєві продукти [137]. Додавання різних видів амінокислот та цукру до безглютенового тіста суттєво покращує аромат безглютенового хліба [138].

Узагальнюючи вищевикладене, можна відмітити виключну технологічну та поживну роль білоквісних рецептурних компонентів у складі безглютенових борошняних виробів.

Різниця між білковими ресурсами тваринного або рослинного походження може бути суттєво нівельована шляхом залучення додаткових функціональних добавок або технологічних заходів. Більш того, новітні технологічні підходи (гідроколоїди, крохмаль, білкові ізоляти та ін.) запропоновано реалізовувати відносно будь-яких рецептурних компонентів як ефективні інструменти для підвищення якості безглютенової продукції.

1.4. Напрямки пошуку інноваційних технологічних заходів в технології безглютенових харчових продуктів

Застосування новітніх технологічних підходів є другим важливим напрямом пошукових наукових робіт. Борошно з екструдованої зернової сировини здатне обмежувати дифузію і втрати вологи з хлібної м'якушки та забезпечити взаємодії між крохмалем і білковими макромолекулами. Це сприяє пом'якшенню безглютенової хлібної м'якушки та зниженню кінетики черствіння хліба [139].

В останні роки також була досліджена обробка високого тиску як новий інструмент для підвищення якості безглютенової їжі. Загальновідомо, що високий тиск діє на більшість харчових компонентів (воду, білки та крохмаль) і може бути використаний для зміни функціональних властивостей білків та інактивації ферментів, які в основному відповідають за скорочення терміну зберігання кінцевого продукту [140]. Доведено, що обробка високим тиском тіста або опари може призводити до незадовільних з точки зору об'єму та структури хліба через високу желатинізацію крохмалю [141].

В розвиток вищевказаного, проведені дослідження рисового борошна та кукурудзяного крохмалю, попередньо підданих кондиціюванню для досягнення співвідношення зразку до води як 1:0,5. Це призводить до ефективної модифікації нативної організації крохмалю та реологічної поведінки тіста [142].

Запропоновано як нетрадиційний інгредієнт безглютенового хліба суміш рисового борошна та кукурудзяного крохмалю, підданих обробці високим тиском. Додаткові компоненти безглютенового тіста – протеїни гороху, ГПМЦ, а також оливкова олія, цукор, сіль та пресовані дріжджі [143]. Такий підхід дозволяє помітно загальмувати процес черствіння хліба протягом триденного зберігання. Встановлено, що соргове борошно, піддане ферментації традиційним суданським способом протягом 24 год., виявляє підвищену розчинність білків в кислому середовищі (рН 2...4), підвищену здатність до жирозв'язування, емульгування, а також знижену здатність до зв'язування води та відсутність здатності до піноутворення [144]. Мета дослідження авторів [23] полягала в тому, щоб

застосувати борошно жолудя як природне поживне збагачення безглютенкових хлібобулочних виробів. Введення його в обмежених кількостях зумовило збільшення об'єму хліба та поліпшення характеристик крихти, зменшення ретроградації крохмалю [23].

Термічна обробка є дієвим способом покращення якості хліба, спричиняє денатурацію білків та ферментів борошна. Відомо, що під час процесу термічної обробки відбувається денатурація білка та часткова желатинізація гранул крохмалю, а також збільшення в'язкості тіста [145]. Досліджено вплив термообробки на функціональність соргового борошна в безглютенівому хлібі. Нагрівання борошна при 125 °C протягом 30 хв. призводило до суттєвого зростання питомого об'єму хліба, що пояснюється впливом термічної обробки на властивості крохмалю, в'язкість його колоїдних розчинів [146].

Метою дослідження [147] була оцінка потенціалу гідротермічно очищеного рису та кукурудзяного борошна для одержання попередньо желатинованих суспензій для виготовлення хліба без глютену на основі рисового або кукурудзяного борошна, доповненого борошном з польової квасолі [147]. Обробка проводилася шляхом суспендування борошна (рису або кукурудзи) у холодній дистильованій воді. Застосовували зразки сумішей борошна (за крупністю – як семоліна) «рис:польові боби» та «кукурудза:польові боби» [147].

Автори [148] оцінили здатність зернових для синтезу та зберігання ферментів проліл-ендопептидази та цистин-ендопротеази, які в комбінації здатні до детоксикації імуногенних глютенівих пептидів. Перспективним виявився нутрицевтичний підхід до переносу ферментів ячменю у великих кількостях в ендосперм пшениці для детоксикації імуногенних білків глютену. Такий підхід заснований на молекулярних і клітинних біологічних дослідженнях синтезу, зберігання і використання термостабільної β -глюканази в трансгенних зернах ячменю. Науковці очікують, що невелика частка трансгенних зерен, що містять велику кількість «глютеназ», буде достатньою, щоб детоксифікувати споживаний глютен, і буде ідеальною терапевтичною альтернативою для хворих на целіакію [148].

1.5. Надбання українських вчених щодо удосконалення технологій безглютенових хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів

Дуже потужним є напрямок науково-пошукових робіт, який сформувався в Національному університеті харчових технологій. Значна кількість наукових публікацій в напрямку розробки технології безглютенового хліба представлена академіком Дробот В. І. та її учнями [149, 150, 151, 152, 153]. Так, удосконалено технологію безглютенового хліба з використанням камедей гуару і ксантану для забезпечення структурно-механічних властивостей безглютенового тіста з рисового, кукурудзяного та гречаного борошна. Досліджувані види сировини відрізняються за величиною водопоглинальної здатності, вмістом власних цукрів та газоутворювальною здатністю, що впливає на перебіг біохімічних процесів у безглютеновому тісті та на показники якості готових виробів.

Доведено, що використання жиру та яєчних продуктів в певних кількостях позитивно впливає на органолептичні показники якості безглютенових хлібобулочних виробів. Досліджено вплив масла вершкового та меланжу на показники технологічного процесу та якість безглютенового хліба з кукурудзяного борошна.

Дослідниками наукової школи проф. Дорохович А. М. [154, 155, 156] увагу приділено розробці технологій борошняних кондитерських виробів. Для здобного безглютенового печива запропоновано застосовувати гречане, кукурудзяне та рисове борошно. Доведено, що печиво з рису, картоплі, кукурудзи, сої з жировмісними порошками (сухі вершки, сухе молоко з високим і низьким вмістом жиру) за якістю ідентичне традиційному печиву. Розроблено технологію безглютенових маффінів, а також технологію безглютенового печива на основі цукрози, фруктози, глюкози.

Дослідженнями Дорохович В. В. розроблено технології здобного пісочного печива, кексів, бісквітів, білково-збивних печива та тістечок для хворих на цукровий діабет (із застосуванням низькоглікемічних цукрозамінників), целиакию (із застосуванням аглютенового борошна), цукровий діабет та целиакию (із

застосуванням низькоглікемічних цукрозамінників та аглютенowego борошна) та інше [157].

В роботі проф. Доценко В. Ф. зі співавторами увагу приділено питанню дотримання спеціальних вимог, які повинні регламентувати якість та безпечність безглютенової продукції, в тому числі на підприємствах готельно-ресторанного господарства [158].

Цікаві наукові рішення для удосконалення технології безглютенового хліба запропоновані вченими Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка та Сумського аграрного університету в рамках наукової школи проф. Шаніної О. М. [159, 160, 161, 162, 163]. Доведено ефективність використання безглютенової борошняної суміші сумісно з трансглютаміназою та білковими добавками тваринного походження [161, 162, 163]. Встановлено ефективність сумісного застосування трансглютамінази та колагенвмісних білків, що зумовлює посилення пружно-еластичних та зниження пластичних властивостей, зниження міцності адгезії тіста на основі безглютенових борошняних сумішей. Виявлено закономірності взаємодії колагенвмісних білків в присутності трансглютамінази з білковими речовинами безглютенового борошна та тіста, які виявляються у зростанні інтенсивності коливань груп СН- та СОО-, скелетних коливань бокових ланцюгів білкової макромолекули. Інший напрямок удосконалення і розвитку безглютенової продукції в рамках цієї наукової школи – технологія парового безглютенового хліба [164, 165, 166]. Для поліпшення його структури запропоновано залучати до рецептури безглютенові види борошна з підвищеним вмістом білка (ляне, соргове та ін.) з метою підвищення харчової цінності хліба з одночасним регулюванням структурно-механічних властивостей тіста та хліба.

В розвиток вітчизняної науки щодо безглютенових хлібопекарських продуктів в роботі [167] автором запропонована 100 % заміна пшеничного борошна в рецептурі хліба на борошно кіноа, що призводить до зменшення об'єму виробу, погіршення структури м'якушки. З метою покращення якості продукту

додавали натуральний крохмаль «Hi Maize» з підвищеним вмістом харчових волокон (60 % на суху речовину) у різних співвідношеннях до маси борошно кіноа. З результатів досліджень питомого об'єму виробу, органолептичних показників (колір поверхні та м'якушки, смак, аромат, пористість) оптимальним є введення крохмалю «Hi Maize» у кількості 15 %.

Узагальнюючи вищевикладене, можна відзначити, що за останні десять-двадцять років всесвітнє поширення целиакії (в тому числі за рахунок поліпшення діагностики цього захворювання) дійшло і до українського населення. Цей факт, а також обмеженість харчових продуктів високої якості для дієтичного харчування вказаної групи споживачів посилюють інтерес дослідників до розробки технологій безглютенової продукції, в тому числі хлібних, борошняних кондитерських і кулінарних виробів – як у світі, так і в нашій країні.

1.6. Теоретичні і практичні передумови розробки технології бездріжджового безглютенового хліба

Слід зазначити, що переважна більшість проаналізованих нами наукових робіт стосовно удосконалення технології безглютенового хліба присвячена актуальним питанням його виробництва з використанням дріжджів в якості розпушувачів тіста. Інакше кажучи, реологічні властивості таких тістових мас повинні забезпечувати максимальне збереження пухирців газу протягом усього етапу тістоприготування, а також на першому етапі випікання.

Для аналізу технологічної ролі клейковини та хлібопекарських дріжджів в технології хліба розглянемо узагальнену модель його приготування (рис. 1.1).

Як видно, свій важливий позитивний в технологічному розумінні вплив клейковина чинить протягом всього технологічного процесу, починаючи від замішування тіста і закінчуючи етапом випікання хліба. Утворення організованої просторової мережі глютенівих завитків відбувається завдяки їх набряканню, злипанню та розкручуванню. Цінні пружно-еластичні властивості клейковини забезпечують потрібну ступінь розтягування тіста на етапі бродіння. Вза-

ємопов'язаними також є процеси розпушування тіста та накопичення смако-ароматичних речовин, які зумовлені активністю мікрофлори в тісті.

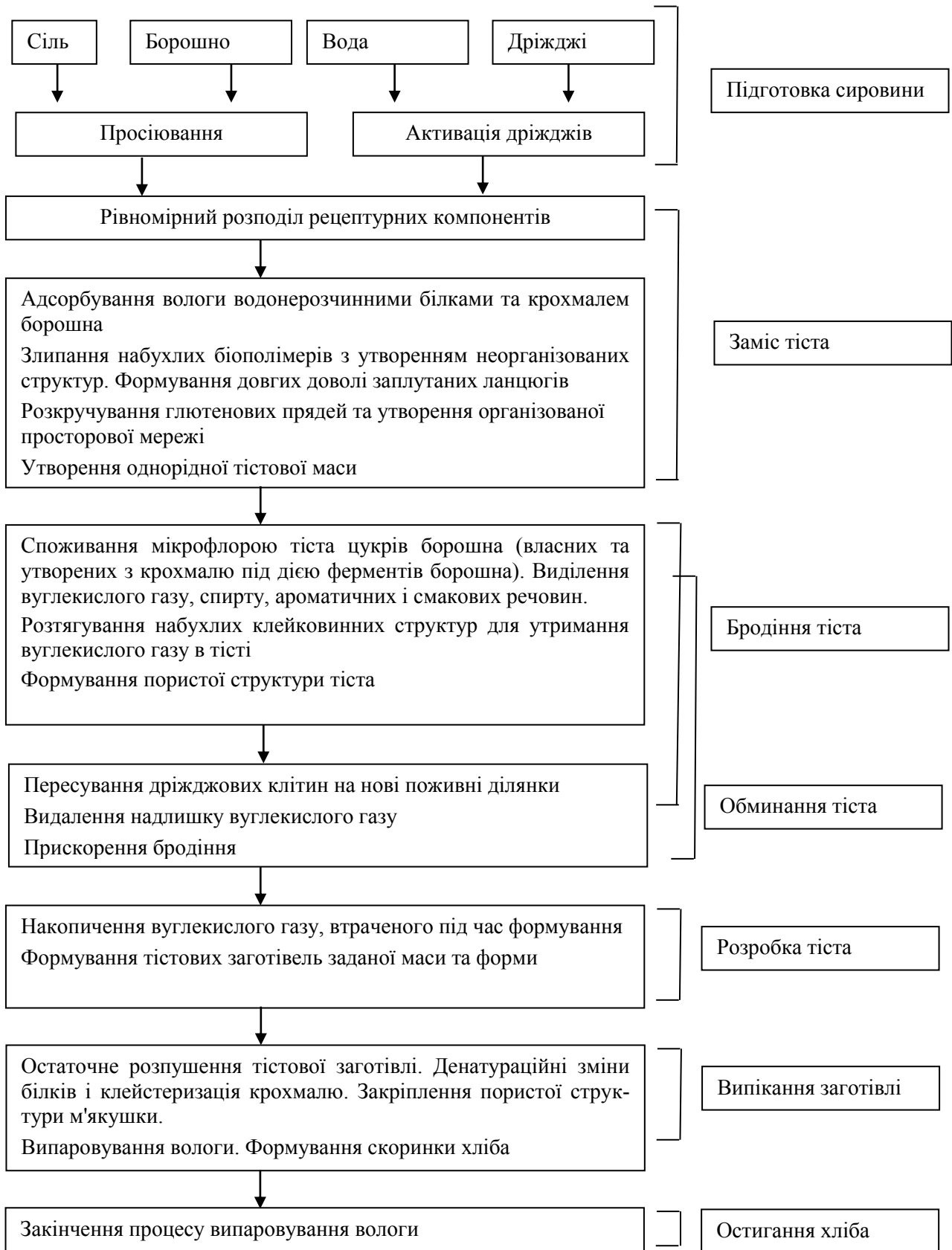


Рис. 1.1. Узагальнена модель приготування пшеничного хліба

Взаємопов'язаними також є процеси розпушування тіста та накопичення смакоароматичних речовин, які зумовлені активністю мікрофлори в тісті. Мікробіологічний спосіб розпушування тіста зумовлює довготривалість окремих технологічних операцій – бродіння, розробка тіста. Тісто повинно мати певні реологічні властивості для утримання вуглекислого газу та збереження пористої структури тіста та м'якушки. Завершальним етапом формування добре розпушеної структури м'якушки хліба є початкова стадія випікання, коли відбувається максимальне збільшення об'єму тіста завдяки інтенсифікації бродіння та проявляється максимальна розтяжність тістової заготівлі.

Визначальною є також роль іншого рецептурного компонента – води. Тільки завдяки її присутності утворюється глютеніва мережа та сприятливе середовище для діяльності дріжджів. Загалом процес утворення пористої структури дріжджового тіста зумовлюється існуючим балансом газотворювальної та газотримувальної здатності тіста, який утворюється сукупністю факторів, а саме – наявністю глютену, активністю мікрофлори, умовами тістотведення (вологість тіста, температура і тривалість бродіння тіста, інтенсивністю механічного впливу на тісто та ін.). В технології безглютенових виробів основною проблемою створення високоякісної хлібобулочної продукції залишається відсутність у борошняній сировині єдиного унікального структуроутворювача – глютену. Через це газотворювальна здатність тіста суттєво погіршується, особливо протягом тривалого бродіння.

Не зважаючи на достатню активність дріжджів в безглютеновому тісті, ефективність такого способу розпушення тіста є дуже низькою. Всі технологічні зусилля при цьому спрямовані на збереження вуглекислого газу під час тістотведення (бродіння, розробки та інше). Інакше кажучи, активне протікання процесу збродження цукрів та утворення вуглекислого газу в безглютеновому тісті практично повністю нівелюється. Його накопичення в тісті є неефективним, оскільки після максимального розтягування тіста під дією утвореного газу відбувається розрив безперервної мережі та, як наслідок, тісто осідає. Усе це

призводить до збільшення втрат сухих речовин тіста, бродіння триває, а газ не утримується.

Використання мікробіологічного (дріжджового) способу розпушення передбачає тривалий процес бродіння. У пшеничному тісті саме довготривалість бродіння зумовлює смак і аромат хліба, а утримання пухирців газу в тісті забезпечує мережа глютену. Проте, за відсутності клейковини бродіння безглютенового тіста протягом чотирьох годин (і менше) є неефективним кроком, а перспективними виглядають короткотривалі способи розпушення тіста.

Вважаємо за необхідне запропонувати іншу технологічну концепцію для виробництва безглютенового бездріжджового тіста. Необхідно забезпечити, по-перше, максимальну піноутворюючу здатність рецептурної суміші, по-друге, максимальну стійкість такої піни протягом нетривалої розробки тіста (розміщення тіста у форми) та на початковому етапі випікання. Тобто, для поліпшення пористої структури бездріжджового безглютенового хліба актуальним є інший, не мікробіологічний спосіб розпушення.

В досліджених нами інформаційних джерелах інформація з цього питання є вкрай обмеженою. В разі відсутності мікробіологічного розпушувача (дріжджів) можна застосовувати ферментовані препарати. Так, для отримання безглютенового хліба автори [168] пропонують застосовувати безглютеновий інокулят в суміші з безглютеновим борошном (1:1), який слід замішувати з водою (у співвідношенні «інокулят + безглютенове борошно» / вода як 100/70). Стадія ферментації триває близько 15 год при кімнатній температурі. Інокулят отримують безпосередньо зі звичайного пшеничного дріжджового тіста, яке витримують в джерельній воді протягом 24 год, щоб частина мікроорганізмів дифундувала із закваски до води. Після цього тісто підсушують та разом з водою, збагаченою мікроорганізмами, додають до безглютенової борошняної сировини. Потім тісто ферментують 24 год при 30 °С. Крок освіження рекомендовано повторювали щодня принаймні п'ять разів. Дане дослідження показує, що з пшеничного збродженого тіста можна отримувати безглютенове тісто, придатне для виробництва хліба без додавання дріжджів або молочнокислих бактерій,

оскільки інокулянт вже містить живі та життєздатні мікробні штами (молочно-кислі та дріжджі). Проте, на наш погляд, називати його бездріжджовим продуктом можливо тільки умовно. Такий спосіб виробництва хліба є спорідненим до такого, коли застосовують закваску або опару. До того ж, однією з перешкод щодо широкого впровадження цієї технології є її трудомісткість та довготривалість.

Для отримання пористої структури хліба без застосування дріжджів можна застосовувати операцію збивання. В цьому напрямку низку робіт опубліковано авторами [169, 170]. Так, запропоновано замішувати тісто з борошна цільнозмеленого зерна пшениці, ферментного препарату «GC-106» в кількості 0,008...0,012 % до маси борошна, 0,18-0,22 % лимонної кислоти, 0,7...1,3 % солі та води питної. Замість тіста здійснюють в два етапи: по-перше, все рецептурні компоненти перемішують у збивальній камері протягом 8...10 хв, при 45...55 °С, по-друге, в камеру подають атмосферне повітря під тиском 0,35...0,45 МПа і здійснюють збивання тіста 6...10 хв. Формують тістові заготовки при робочому тиску, випічку проводять при температурі 250 ± 2 °С. Автори заявляють про збільшення виходу готових виробів, отриманні якісних збитих бездріжджових виробів з високою харчовою і біологічною цінністю, про уповільнення процесу черствіння хліба та інтенсифікації процесу приготування тіста. Аналізуючи таку пропозицію, можна зазначити ускладненість апаратурно-технологічної схеми та застосування в якості зернової сировини зерна пшениці.

Інше спрямування у бездріжджовому хлібопеченні – екструзійні технології. Екструзія часто не використовується для переробки хлібного тіста через високий тиск, який має тенденцію до ущільнення, розриву тіста, що призводить до поганої якості. Проте, завдяки екструзії може бути запропонований дієвий та економічно ефективний підхід до формування хлібопекарської продукції, якщо екструзійні процеси розроблені таким чином, що вони не поставлять під загрозу якість тіста.

Нова технологія, екструзія надкритичної рідини (SCFX), дозволяє безперервно виробляти бездріжджове тісто шляхом включення надкритичної вугле-

кислоти (SC-CO₂). У цьому дослідженні розроблено оптимальне формування тіста, виробництво та випікання. Поєднання вакууму та звичайної випічки визнано таким підходом, що може бути корисним для безперервного виробництва тіста та хліба. Загальна тривалість виготовлення тіста становить менше години і при належному випіканні та обладнанні весь процес може бути безперервним. Автори вважають, що оскільки немає дріжджів, то не виділяється етанол. А це означає відсутність шкідливих летких органічних викидів і відсутність дорогого каталітичного нейтралізатора [171].

На наш погляд, актуальним напрямком досліджень в технології безглютенowego бездріжджового хліба є застосування фізичного (збивання), хімічного (використання хімічних хлібопекарських розпушувачів) способів розпушення тіста або їх комбінацій.

Висновки за розділом 1

Ретельний аналіз сучасної наукової інформації щодо напрямків і досягнень у розвитку технологій безглютенових хлібопекарських продуктів у світі та в Україні дозволяє зробити наступні узагальнення.

1. Безглютенові продукти відіграють дуже важливу роль у профілактичному та лікувальному харчуванні споживачів, що хворіють на целиакію, мають алергію на глютен або непереносимість глютену. Міститься глютен в пшениці, житі, ячменю, а також у ботанічних різновиди і формах пшениці (спельта, камуті, фарро, дурум, булгур, кускус), тритікале, айнкорне. Зростання наразі інтересу до продуктів без глютену зумовлюється значною поширеністю целиакії, яка оцінюється як така, що охоплює щонайменше 0,5...2,0 % населення у більшості європейських країн та США.

2. В Україні виробництво безглютенових виробів у достатньому асортименті та обсягах, порівняно з країнами північної Америки, Європи, Японії та інше, не налагоджене. Асортимент безглютенових борошняних виробів на ринку України формується в основному за рахунок імпортової продукції, яка має досить високу вартість.

3. Базовими інгредієнтами безглютенового хліба є борошно, вода, дріжджі та сіль. Для компенсації відсутньої клейковини, використовують функціональні можливості додаткових рецептурних інгредієнтів (молочні продукти, яйця, білки зернових і бобових, харчові волокна, гідроколоїди, крохмалі та інше), а також новітні технологічні підходи (використання ферментів, застосування високого тиску, проведення гідротермічної обробки, екструдування та пророщування зернової та борошняної сировини, заквашування тіста та інші).

4. Найбільш вживаними в технології безглютенового хліба є такі гідроколоїди, як гуміарабік, карбоксиметилцелюлоза, гуарова камедь, ксантанова камедь, гідроксипропілметилцелюлоза, трагакант та їх різноманітні комбінації. Гідроколоїди, як потенційні замітники глютену, цінують через їх загущувальну здатність, високі водозв'язувальні та гелеутворюючі характеристики, здатність контролювати реологію водної фази та стабілізувати структуру емульсій, пін, суспензій та багатофазних систем. В той же час, потребують подальшого вивчення питання гідратаційних властивостей тіста, як на етапі замішування тіста, так і під час випікання; здатність тіста поглинати вологу на етапі замішування та інше.

5. Харчові протеїни, що використовують у складі безглютенових продуктів, включають соєвий протеїн ізольований, гороховий білковий ізолят, ізолят білків молока, ізолят білка з рису, сироватковий білок, яечний білок, білок зеїн, білок дріжджів, казеїн, альбумін, кафірін, карубін та ін. Білки спричиняють збільшення модуля пружності шляхом зшивання білкової мережі, посилення коричневого смаку та аромату через реакцію Майєра, поліпшення структури за допомогою покращання гелеутворення та спінювання.

6. Надбання українських вчених щодо удосконалення технологій безглютенових хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів поєднують результати досліджень, отримані в рамках наукових шкіл акад. Дробот В. І., проф. Дорохович А. М., проф. Шаніної О.М. та інших науковців.

7. Вважаємо раціональним заміну мікробіологічного способу розпушення тіста під дією дріжджів на користь механічного, хімічного або їх комбінацій. Це

дозволить суттєво скоротити тривалість процесу тістоведення, знизити втрати сухих речовин тіста, які використовуються для живлення дріжджів. Залучення білків тваринного походження та гідроколоїдів в якості функціональних рецептурних компонентів дозволить збалансувати реологічні властивості пористого хлібного тіста. А застосування різноманітної смакоароматичної сировини в рецептурі безглютенових хлібних виробів допоможе компенсувати відсутність смакових і ароматичних речовин, які зазвичай накопичуються під час бродіння у дріжджовому пшеничному тісті.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкти та матеріали досліджень

Об'єктом дослідження є технологія бездріжджових безглютенених хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням в якості структуроутворювачів добавок білкової і полісахаридної природи.

Матеріалами досліджень були: борошно рисове ТМ «World's Rice» згідно з ТУ 15.6-00952737-006-2002; борошно кукурудзяне ТМ «Сквирянка» (виробництво Україна, ТОВ «Сквирський комбінат хлібопродуктів) згідно з ГОСТ 14176-69; борошно гречане ТМ «Сквирянка» згідно з ТУ У 46.22.009-94; борошно вівсяне ТМ «Сто пудов» згідно з чинними нормативними документами; борошно пшонаєне ТОВ «Каскад» згідно з ТУ У 15.8-31680679-002:2007; борошно із сорго ТОВ «Каскад» згідно з ТУ У 15.8-31680679-002:2007; водно-борошняні суспензії, борошняне бездріжджове тісто різного рецептурного складу, безглютенених хліб.

В якості матеріалів досліджень також застосовували: білок «Геліос-11» згідно з ТУ У 15.8 – 13848909-001-2008; концентрат тваринного білка Сканпро Т95 за висновком гігієнічної експертизи №5.03.02-03/53649; крохмаль кукурудзяний сухий ТМ «Август» за ДСТУ 3976-2000; цукор-пісок за ДСТУ 4623:2006; сіль поварена харчова за ДСТУ 3583-89; сода харчова (натрій двовуглекислий) «Еко» за ГОСТ 2156-76; карбоксиметилцелюлози натрієва сіль СМС 6500 за висновком гігієнічної експертизи № 05.03.02-03/110698 та її водні розчини; вода питна за ДСТУ 7525:2014; яйцепродукти за ДСТУ 5028:2008; кефір ТМ «Заречье» за ДСТУ 4417:2005; молоко питне ТМ «Заречье» за ДСТУ 2661:2010; рослинна олія за ДСТУ 4492:2005; оцет столовий 9 % за ДСТУ 2450:2006; сироватка молочна ТМ «Заречье» за ТУ 46.39 України 11-93. Кунжут за ДСТУ 7012:2009; часник сушений за ГОСТ 16729; ванілін за ГОСТ 16599; кориця за ГОСТ 29049, мак харчовий за ДСТУ 7696:2015.

2.2. Методи досліджень сировини, напівфабрикатів та готових виробів

Експериментальні дослідження дисертаційної роботи виконані на базі: лабораторій кафедри технологій переробних та харчових виробництв Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка (ХНТУСГ); лабораторії якості зерна Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН; лабораторії кафедри біохімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна; лабораторії кафедри інноваційних харчових і ресторанних технологій Харківського торговельно-економічного інституту КНТЕУ; науково-технологічного комплексу «Інститут монокристалів» НАН України. Блок схема комплексних досліджень наведена на рис. 2.1.

2.2.1. Методи дослідження сировини

Відбір і підготовку проб сировини для лабораторних досліджень проводили згідно єдиної методики вивчення харчових продуктів за ГОСТ 26668-85 (СТ СЭВ 3013-81), ГОСТ 26669-85 (СТ СЭВ 3014-81), ГОСТ 27668-88 та рекомендацій за [172,173]. Дослідні та контрольні зразки готували з однієї партії сировини. Вологість борошна оцінювали за ГОСТ 9404-88, органолептичні показники – за ГОСТ 27558-87.

Дослідження ІЧ-спектрів здійснювали за допомогою ІЧ-спектрометра UR-20 (Німеччина) в інтервалі коливань від 400 см^{-1} до 4000 см^{-1} . Готували зразки тіста вологістю 50 % (10 г тіста), піддавали їх відлежуванню протягом 30 хв. З кожного зразка тіста відбирали наважку масою 5 г і висушували на приладі Чижової протягом 5 хв. при температурі $160\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розшарування розчинів Na КМЦ досліджували візуальним методом, розташовуючи свіжий приготований розчин у скляному градуйованому циліндрі. Висота розчину дорівнювала 100 мм. Протягом 12 год. фіксували висоту нерозшарованого розчину гідроколоїду (у мм).

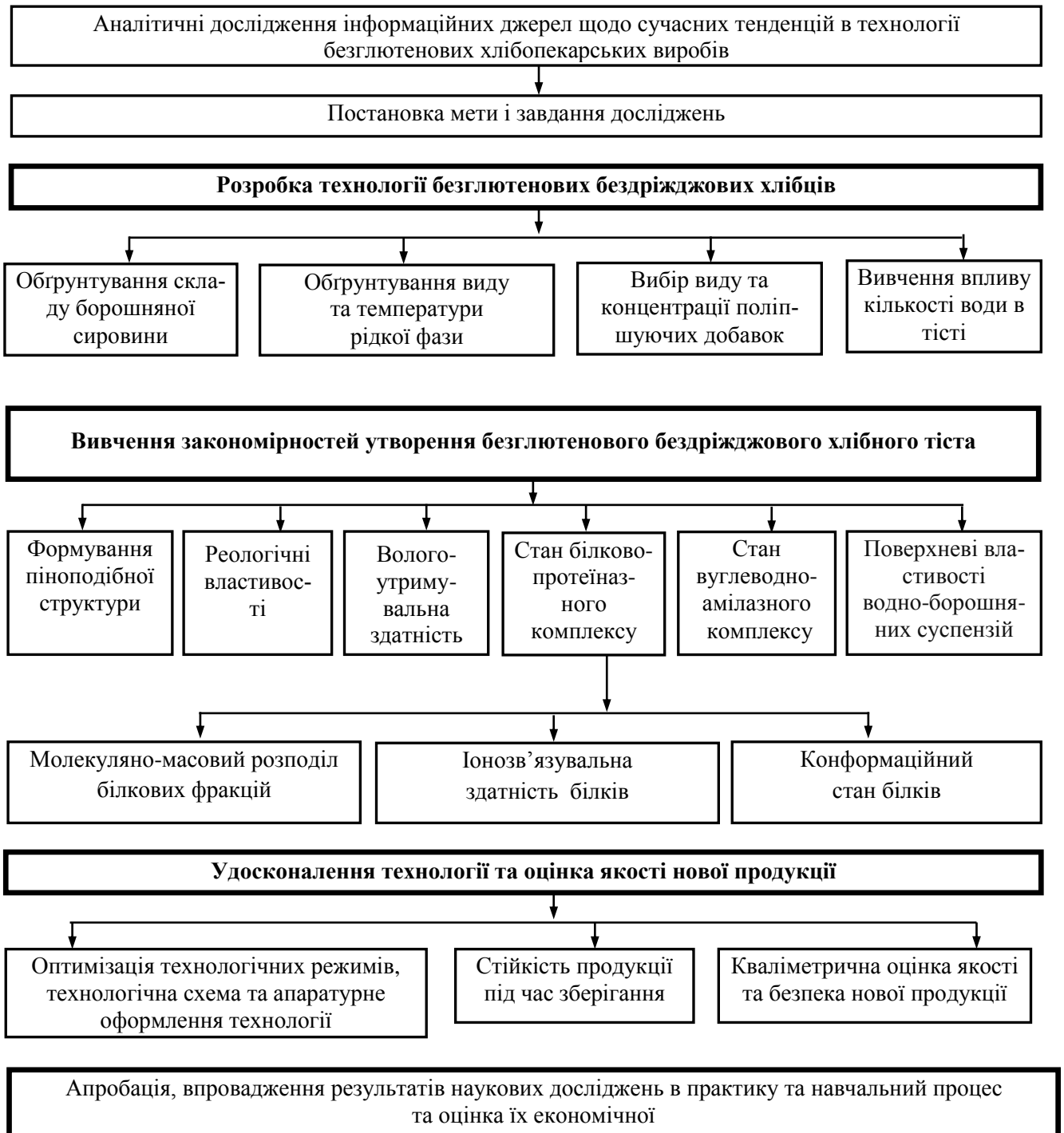


Рис. 2.1. Програма проведення теоретичних та експериментальних робіт

Кількість зв'язаних іонів водню та гідроксильних груп 1 %-вої водно-борошняної суспензії визначали методом потенціометричного титрування, застосованому і описаному в [160].

Процес клейстеризації крохмалю в борошняних сумішах визначали на приладі FallingNumber [173].

Для дослідження поверхневих явищ у водно-борошняних суспензіях на межі розділу фаз (газ-рідина-тверде тіло) застосувати метод лежачої краплі. Готували дослідні зразки водних розчинів або водно-борошняних суспензій з добавками (температура 20 °С), витримували протягом 20 хв. для розчинення водорозчинних речовин борошна.

Потім піпеткою відбирали розчин та розміщали 4 краплі на незмочуваній поверхні (пластик) предметного стола приладу (рис. 2.2). Зразок фотографували за допомогою USB-мікроскопу, під'єданого до комп'ютера (рис. 2.2). Зйомку проводили безпосередньо після розміщення зразка та після 1 хв.



Рис.2. 2. Зовнішній вигляд установки для визначення поверхневих явищ у водних розчинах

Кут змочування визначали кутом нахилу поверхні рідини до змоченої поверхні твердого тіла (рис. 2.3. а). Формостійкість краплі розраховували як співвідношення висоти краплі до її діаметру (рис. 2.3. б).

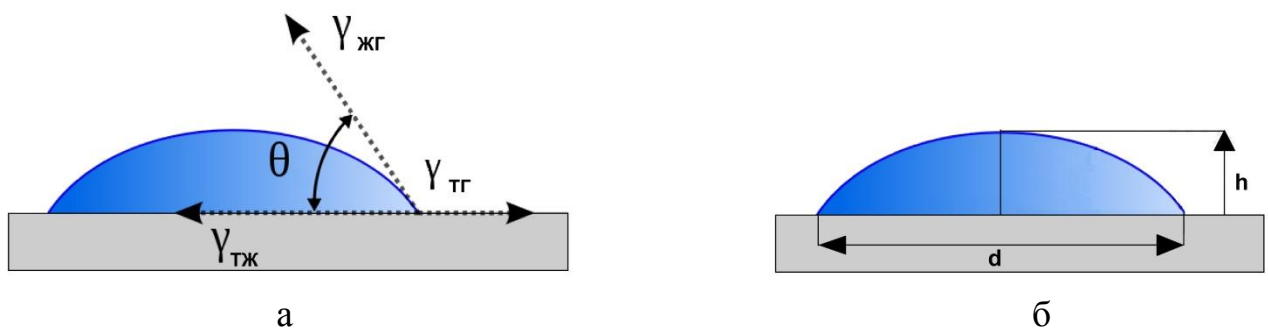


Рис. 2.3. Визначення куту змочування (а) та формостійкості (б) краплі рідини

2.2.2. Методи дослідження напівфабрикатів

Дослідження пінної структури тіста проводили наступним чином. Готували зразок тіста згідно рецептури, виливали порцію тіста в кювету, виготовлену з оптичного скла марки К-8 за технологією УФ склеювання з внутрішнім ро-

зміром 20 мм. Фотографували зразок в режимі макрозйомки. Отримані фото піддавали обробці за допомогою програми Photo M 1.21, розраховуючи кількість та площу пор певного розміру, загальну площу пор, загальну площу тіста, відношення площі пор до загальної площі тіста, відношення загальної площі пор до загальної площі тіста.

Піноутворюючу здатність яєчного білка (ПЗ) і стійкість піни (СП) визначали методом Лур'є [172]: ПЗ як відношення об'єму піни до об'єму розчину перед збиванням, виражене у відсотках; СП як відношення висоти піни після 60-хвилинного вистоювання до первинної висоти, виражене у відсотках.

Визначення загального і білкового азоту проводили мікрометодом К'ельдаля за ГОСТ 10846-91. Для розділення білків різних фракцій за молекулярною масам здійснювали в SDS-ПААГ в системі Лемлі.

Вологоутримувальну здатність тіста під час сушіння визначали ваговим методом на вагах-вологомірі ADGS 50 виробництва фірми «AXIS» (Польща), які відповідають вимогам ГОСТ 24104-88 і зареєстровані в Державному реєстрі засобів виміральної техніки України за номером У1214-06.

Реологічні характеристики тіста вивчали за допомогою напівавтоматизованого текстурометру [176]. Для визначення структурно-механічних показників будували залежність відносної деформації від часу дії напруги $\gamma = f(t)$ (рис. 2.4). Розміри пластинки – 30x50 мм, висота шару досліджуваного зразка – 5 мм, маса деформуючого зусилля – 20 г.

Відносну пружність визначали як відношення початкової деформації зразка до максимальної; відносну пружність – як відношення залишкової деформації до максимальної; від-

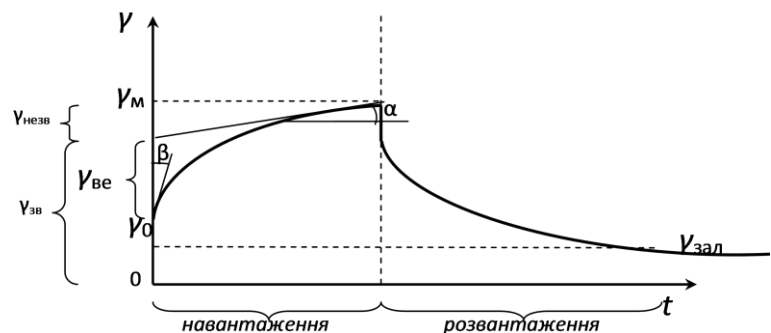


Рис. 2.4. Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги зсуву

носну еластичність – як відношення різниці між максимальною та початковою сумісно з остаточною деформацією до максимальної (у відсотках). Залишкові пластичні деформації течії знаходили, використовуючи розвантажувальну частину кривої. Відносна деформація:

$$\gamma = \frac{k \cdot n}{d}, \quad (2.1)$$

де k – ціна поділки мікроскопа, м; n – число поділок у шкалі мікроскопа; d – товщина зразка, м.

Розділення загальної деформації на зворотну і незворотну проводили шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіку $\gamma = f(t)$ на вісь ординат.

Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної:

$$K_\gamma = \frac{\gamma_{зв}}{\gamma_m}, \quad (2.2)$$

де $\gamma_{зв}$ – величина зворотної деформації; γ_m – величина максимальної деформації.

Піддатливість системи:

$$I = \frac{\gamma_m}{\tau}, \quad (2.3)$$

де I – піддатливість системи, Па⁻¹; γ_m – відносна максимальна деформація.

Умовно миттєвий модуль пружності визначали за формулою:

$$G_{np} = \frac{\tau}{\gamma_0}, \quad (2.4)$$

де G_{np} – модуль миттєвої пружності, Па; γ_0 – відносна умовно-миттєва деформація.

Модуль еластичності:

$$G_{ел} = \frac{\tau}{\gamma_{ве}}, \quad (2.5)$$

де $G_{ел}$ – модуль еластичності, Па; $\gamma_{ве}$ – відносна високоеластична деформація.

2.2.3. Методи дослідження готових виробів

Органолептичну оцінку якості хліба визначали за шкалою оцінки якості, прийнятою в Центральній лабораторії Держкомісії. Вологість хліба визначали в сушильній шафі „Брабендер” за ГОСТ 21094-75. Об’єм готових виробів вимірювали об’ємомірником. Пористість готових виробів оцінювали на приладі Журавльова за ГОСТ 5669-51.

Упік визначали як різницю між вагою тіста і гарячого хліба і виражали у відсотках до маси тіста. Усихання визначали як різницю між гарячим та остиглим хлібом, віднесено до маси гарячого хліба у відсотках. Вихід готових виробів визначали як відношення маси охолоджених виробів до маси борошна, витраченого на вироблення виробів, виражене у відсотках.

Мікробіологічні показники якості хлібобулочних виробів визначали згідно ГОСТ 26670-91, ГОСТ 26972-86.

Масову частку цукру та жиру в готових хлібобулочних výroбах визначали розрахунковим методом за таблицями хімічного складу харчових продуктів [175]. Комплексну оцінку якості виробів проводили із застосуванням методів кваліметрії [176]. Для знаходження коефіцієнтів вагомості використано експертний метод. Комплексну оцінку якості [172] проведено через визначення середньозваженого арифметичного показника

$$K_0 = \sum M_i (m_i \cdot q_i), \quad (2.6)$$

де K_0 – комплексний показник якості; M_i – міжгрупові коефіцієнти вагомості; m_i – внутрішньо-групові коефіцієнти вагомості окремих показників якості; q_i – відносні показники якості.

Переведення абсолютних показників якості у відносні здійснювали з використанням кривої бажаності Харінгтона та вказаними інтервалами показників якості виробів.

Перетравлюваність білкових речовин визначали *in vitro* за методикою Покровського О. О. та Єртанова І. Д.

2.3. Варіанти замісу дослідних зразків тіста

Для реалізації технологічних підходів та розробки регламентів тістове-дення у виробництві безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції розглянемо ключові відмінності функціональної ролі рецептурних компонентів за різних способів розпушення тіста (бродиння, збивання або комбінований) та рецептурного складу тіста (табл. 2.1). Застосовано п'ять основних варіантів замісу бездріжджового тіста з безглютенової борошняної сировини та з добавка-ми, які описано нижче і представлено на рис. 2.5-2.9.

Варіант 1. В якості рідкої фази тіста і джерела тваринного білка запро-поновано застосовувати кефір, який має всі корисні властивості кисломолочних напоїв. Він містить високоякісний тваринний білок, який добре засвоюється, та збагачує тісто молочною кислотою (оскільки відсутня стадія бродиння за тради-ційного способу тістове-дення, протягом якої утворюються органічні кислоти). Це покращує смакоароматичні властивості продукту та забезпечує ефективну взаємодію з двовуглекислим натрієм. В якості борошняної сировини застосова-но безглютенові види борошна.

Таблиця 2.1.

Функціональна роль рецептурних компонентів за різних способів розпу-шення та рецептурного складу тіста

| Компонент та його функці-ональна роль в тісті | Пшеничний дріжджовий хліб (бродин-ня) | Безглютеновий бездріжджовий хліб (збивання) | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---------------------------|-----------------|--------------------|---------------|
| | | 1 вар. | 2 вар. | 3 вар. | 4 вар. | 5 вар. |
| глютен як структуро-утворювач | борошно пшеничне | борошня-на суміш | борошняна суміш, крохмаль | борошняна суміш | | |
| рідка фаза ті-ста | вода | кефір | кефір вода | вода, Na КМЦ* | вода | вода, Na КМЦ* |
| розпушувач | дріжджі | натрій двовуглекислий, яйце куряче | | яйце куряче | яйце куряче, КТБ** | |
| смаковий компонент, поліпшувач | сіль | цукор, сіль | | | | |

Тут: * – СМС 6500 – карбоксиметилцелюлози натрієва сіль,

** – Геліос-11 або Сканпро Т95

Варіант 2. З метою зниження собівартості продукції запропоновано знизити рецептурну кількість кефіру на 50%. На його заміну рекомендовано використовувати воду. Зменшення в'язкості рідкої фази за такої заміни компенсовано включенням в рецептуру крохмалю, а для його клейстеризації застосовано рецептурну кількість води.

Варіант 3. За повного виключення кефіру з рецептури використання двовуглекислого натрію в якості розпушувача є недоцільним. Тому в якості рідкої фази застосовуємо водний розчин Na КМЦ. Це дозволяє підвищити в'язкість тіста (порівняно з водою) та підвищити його піноутворювальну здатність.

Варіант 4. Рекомендовано використання КТБ як технологічно активного рецептурного компонента. Така добавка володіє добрими піноутворювальною та стабілізуючими властивостями.

Варіант 5. Сумісне використання Na КМЦ та КТБ сприятиме покращанню процесу тістоведення безглютенового бездріжджового тіста за рахунок більш розвинутої та стійкої тістової маси.

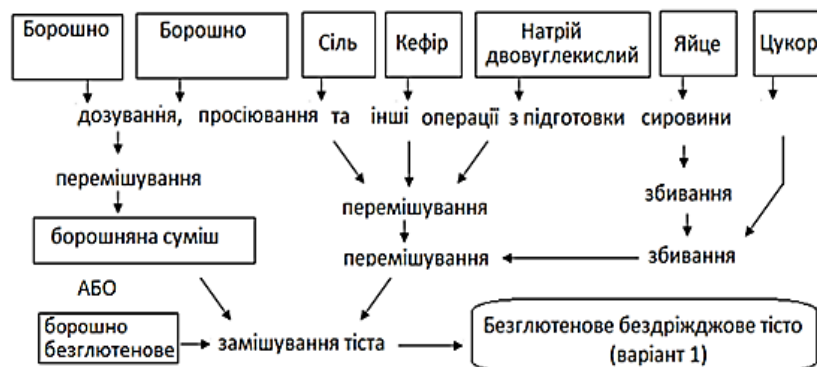


Рис. 2.5. Технологія замісу бездріжджового безглютенового тіста за 1 варіантом

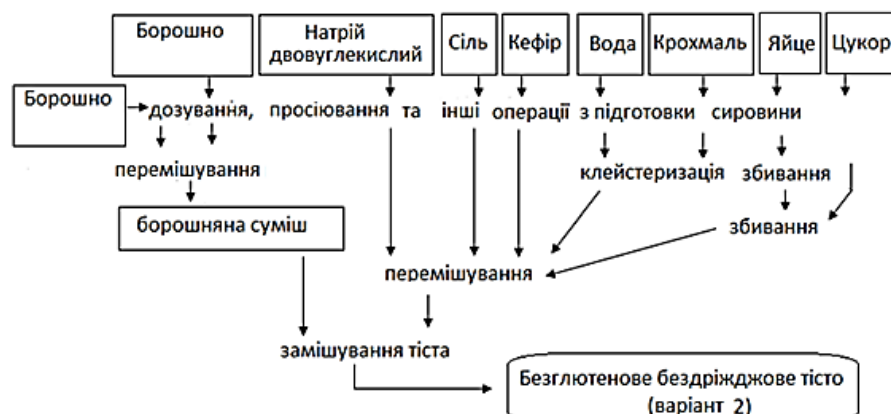


Рис. 2.6. Технологія замісу бездріжджового безглютенового тіста за 2 варіантом

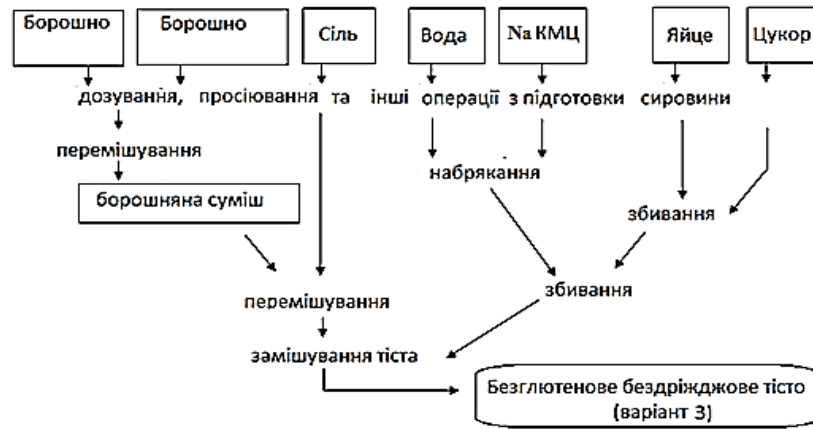


Рис. 2.7. Технологія замісу бездріжджового безглютенового тіста за 3 варіантом

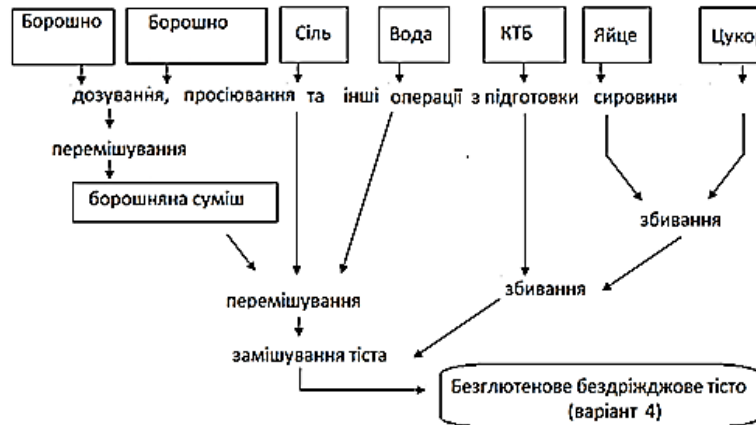


Рис. 2.8. Технологія замісу бездріжджового безглютенового тіста за 4 варіантом

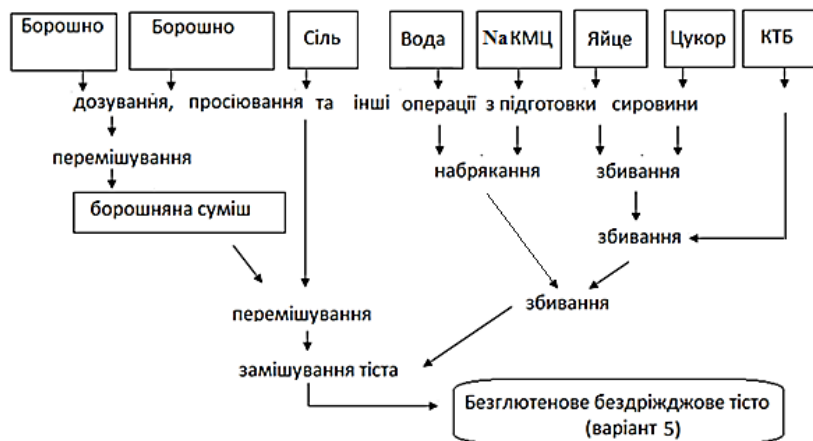


Рис. 2.9. Технологія замісу бездріжджового безглютенового тіста за 5 варіантом

2.4. Методи обробки результатів досліджень

Дисертаційна робота реалізована засобами пакету прикладних програм Microsoft Office (США), а саме MS Word, MS Excel, MS Power Point.

Статистичну обробку результатів проводили загальноприйнятим методом з визначенням середньоарифметичного X_i , середньоквадратичного відхилення окремого результату S та середньоквадратичного відхилення середньоарифметичного S_i . Точність вимірів визначали з надійністю $d = 0,95$. Апроксимацію емпіричних даних проводили за допомогою програмного забезпечення MathCAD і пакета електронних таблиць MS Excel.

Оптимізацію технологічних параметрів приготування хлібобулочних виробів з безглютенового борошна з використанням добавок проводили з використанням методів експериментально-статистичного моделювання (ПФЕ 2³). Вибір факторів оптимізації проводили з використанням методів апріорного ранжування факторів. Перевірку адекватності моделі реальному процесу здійснювали за допомогою критерію Фішера. Отримане рівняння регресії використовували для знаходження оптимальних умов проведення процесу методом «крутого сходження».

Висновки за розділом 2

1. Обрано та охарактеризовано об'єкти досліджень.
2. Обрано методики досліджень для експериментального визначення властивостей та якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції, встановлення впливу рецептурних компонентів та технологічних режимів на властивості бездріжджових безглютенових хлібців.
3. Обрано методи здійснення оптимізації технологічних режимів виробництва бездріжджових безглютенових хлібців.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ

Пошук технологічних рішень здійснюємо із застосуванням інструментів системного аналізу як загального методу наукових досліджень (рис. 3.1).

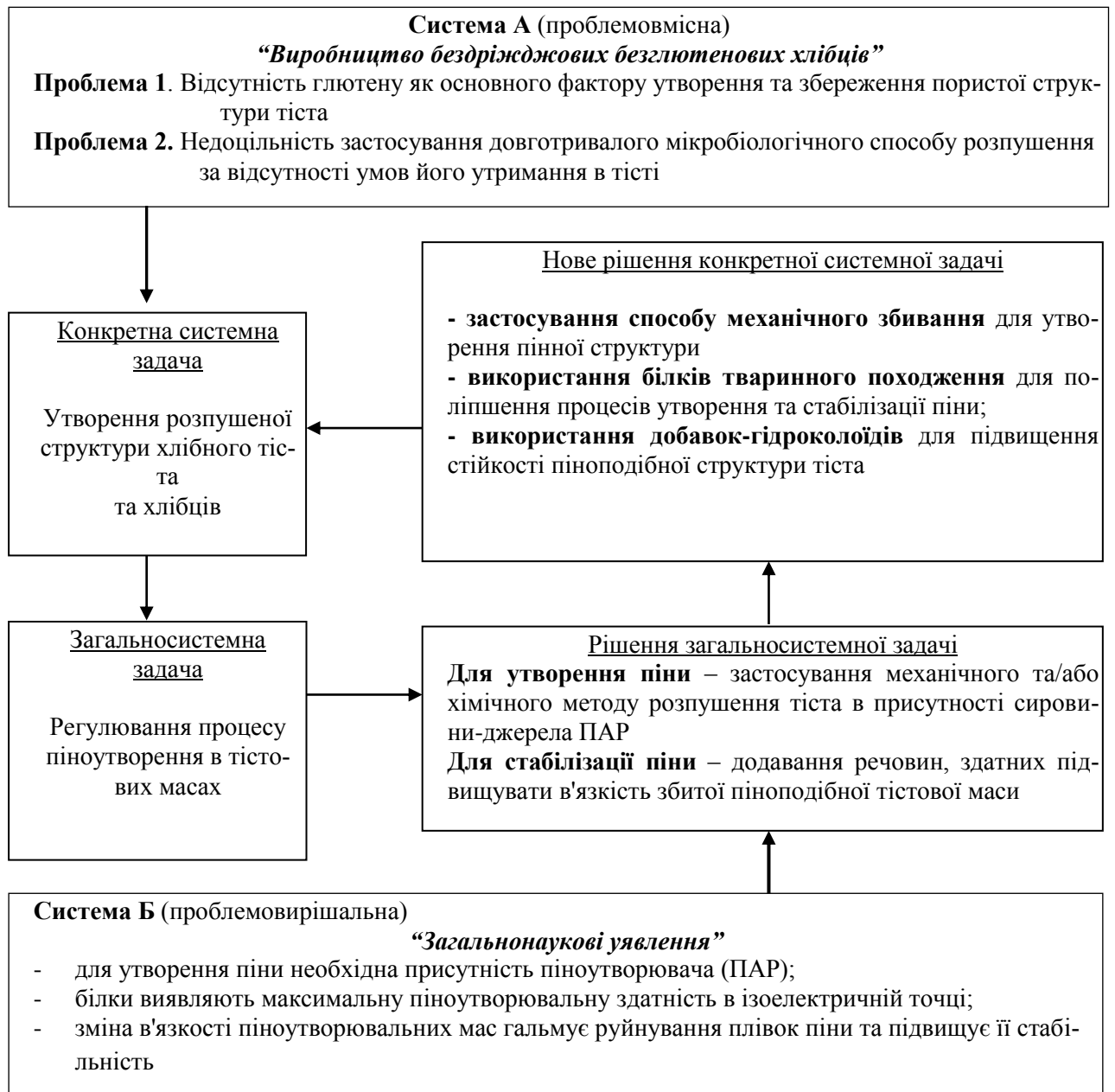


Рис. 3.1. Алгоритм вирішення конкретної системної задачі регулювання структурно-механічних властивостей бездріжджового безглютенового тіста

Наразі на практиці застосовують два основних способи збивання харчових пін: 1) шляхом тривалого механічного струшування (збивання) в присутно-

сті піноутворювача; 2) шляхом насичення маси повітрям при надлишковому тиску. З метою спрощення процесу тістоведення обираємо перший спосіб – механічне збивання. Проте, враховуємо, що для його ефективного здійснення потрібна значна кількість яйцепродуктів і цукру. Хоча це є прийнятним для більшості кондитерських борошняних виробів, проте, є недоречним в технології хлібопекарського виробництва (за виключенням здобних булочних виробів).

Тому, вважаємо за доцільне використовувати добавки – Na КМЦ (карбоксиметилцелюлози натрієву сіль) та концентрати тваринних білків. Крім того, пропонуємо застосовувати комбінований спосіб піноутворення – механічно-хімічний, де в якості хімічного розпушувача рекомендуємо двовуглекислий натрій.

3.1. Обґрунтування складу борошняної сировини

Борошно і вода є важливими рецептурними компонентами хліба, масова частка яких в рецептурі є найбільшою. Тому першочерговим завданням було обґрунтування складу борошняної сировини та рідкої фази безглютенового бездріжджового тіста.

Об'єктами дослідження обрано безглютенові види борошна – рисове (Б_{рис}), кукурудзяне (Б_{кук}), гречане (Б_{греч}), соргове (Б_{сорг}), просяне (Б_{прос}), вівсяне (Б_{вівс}). В якості рідкої фази тіста застосовували кефір із вмістом жиру 1,0 %, в якості розпушувачів – гідрокарбонат натрію. Дослідні зразки готували з однієї партії сировини. Вологість тіста у всіх зразках дорівнювала 60 ± 1 %. Борошно просіювали та ретельно перемішували, просіювали інші сипкі рецептурні компоненти. Замість тіста передбачав збивання меланжу в присутності 4 % цукру протягом 5-6 хв. Окремо збивали кефір, 2,4 % солі та 1,6 % двовуглекислого натрію. Збиту гомогенну масу перемішували зі збитою ячно-цукровою масою. Утворену суміш перемішували з борошняною сумішшю і розміщували у форми для випікання. Випікали за температури 170 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджували.

Аналізували вплив борошняної сировини на формування органолептичних і фізико-хімічних властивостей продукції. Результати представлені в табл. 3.1-3.2 та на рис. 3.2.

Таблиця 3.1.

Органолептичні показники ББХ

| Показники | Характеристика виробів з різних видів борошна | | | | | |
|---------------|--|------------------|---|---------------------|---|---|
| | Б _{рис} | Б _{кук} | Б _{греч} | Б _{сорг} | Б _{прос} | Б _{вівс} |
| Стан поверхні | гладка, без тріщин і дефектів | | на поверхні наявні поодинокі тріщини | | | |
| Колір | білий | жовтий | коричневий | темно-коричневий | блідо-коричневий | блідо-сірий |
| Стан м'якушки | пропечений, еластичний, не крихкий | | пропечений, не досить розвинена пористість, крихкий | пропечений, крихкий | пропечений, вологий на дотик, нерівномірна пористість з пустотами | не пропечений, вологий, не рівномірна, щільна пористість, липкий, з ознаками «закалу» |
| Смак та запах | Властивий даному виду виробів з легким присмаком та ароматом, притаманним застосованому виду борошна | | | | | |

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники ББХ

(n=5, p≤0,05)

| Показники | Характеристика виробів з різних видів борошна | | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Б _{рис} | Б _{кук} | Б _{греч} | Б _{сорг} | Б _{прос} | Б _{вівс} |
| Вологість виробу, % | 61 | 59 | 61 | 59 | 61 | 61 |
| Пористість м'якушки, % | 58 | 61 | 43 | 57 | 48 | 35 |
| Питомий об'єм, см ³ /100 г | 245 | 247 | 237 | 250 | 241 | 207 |
| Товщина скоринки, мм | 1 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 |
| Упік, % | 15 | 13 | 16 | 17 | 17 | 16 |
| Усушка, % | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 |

Встановлено, що використання різних видів борошна суттєво впливає на певні органолептичні показники якості хліба, зокрема колір, стан поверхні і м'якушки хліба. Зміну кольору м'якушки (за виключенням хліба з вівсяного борошна), а також смакові та ароматичні відмінності можна вважати позитивним проявом специфічних властивостей борошняної сировини, що дозволяє урізноманітнювати асортимент готової продукції. Щодо стану скоринки та м'якушки, то найкращі результати отримано в разі застосування рисового та кукурудзяного борошна.

борошна. Так в дослідних зразках $B_{\text{рис}}$ та $B_{\text{кук}}$, у порівнянні з $B_{\text{греч}}$, $B_{\text{сорг}}$, $B_{\text{прос}}$, $B_{\text{вівс}}$, спостерігається найвища пористість (58 та 61 % відповідно), в інших зразках цей показник варіює в межах до 43 %.

Таким чином, в ході лабораторних випікань доведено доцільність застосування як борошняної суміші, так і будь-якого одного виду борошна. Через прояв специфічних властивостей окремих видів безглютенового борошна, що призводять до зниження якості готової продукції (блідо-сірий колір м'якушки (з вівсяного борошна), наявність характерного присмаку (з просяного борошна), недостатня розпушеність м'якушки (з гречаного, просяного, вівсяного борошна), доцільно розробляти та вживати засоби технологічної корекції. Ефективними інструментами ми вважаємо регулювання вмісту та виду рецептурних компонентів (рідкої фази, добавок білкової та полісахаридної природи та ін.) та технологічних параметрів (температура замісу тіста, температура випікання та ін.).

Для подальшого обґрунтування технології ББХ в якості основних компонентів борошняної сировини нами обрано рисове та кукурудзяне борошно.

На наступному етапі досліджень аналізували роль складу борошняної суміші на основі рисового та кукурудзяного борошна у формуванні органолептичних властивостей продукції. Результати представлені на рис. 3.3, табл. 3.3-3.4.

Органолептичні показники ББХ на основі борошняної суміші дали змогу визначити оптимальне співвідношення рисового та кукурудзяного борошна. Так, в дослідних зразках на основі борошняних сумішей 50/50 та 70/30 відповідно спостерігаються найкращі колір (кремово-жовтий та світло-жовтий), стан м'якушки (еластична, пропечена, рівномірно пориста).

Фізико-хімічні показники доводять, що найкращі значення пористості, питомого об'єму та виходу готових виробів відмічаються у зразків на основі борошняних сумішей зі співвідношенням $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ як 50/50 та 70/30. Таким чином, вважаємо, що основою борошняної суміші можна рекомендувати рисове борошно в кількості 50-70 % із додаванням кукурудзяного борошна відповідно 50-30 %.

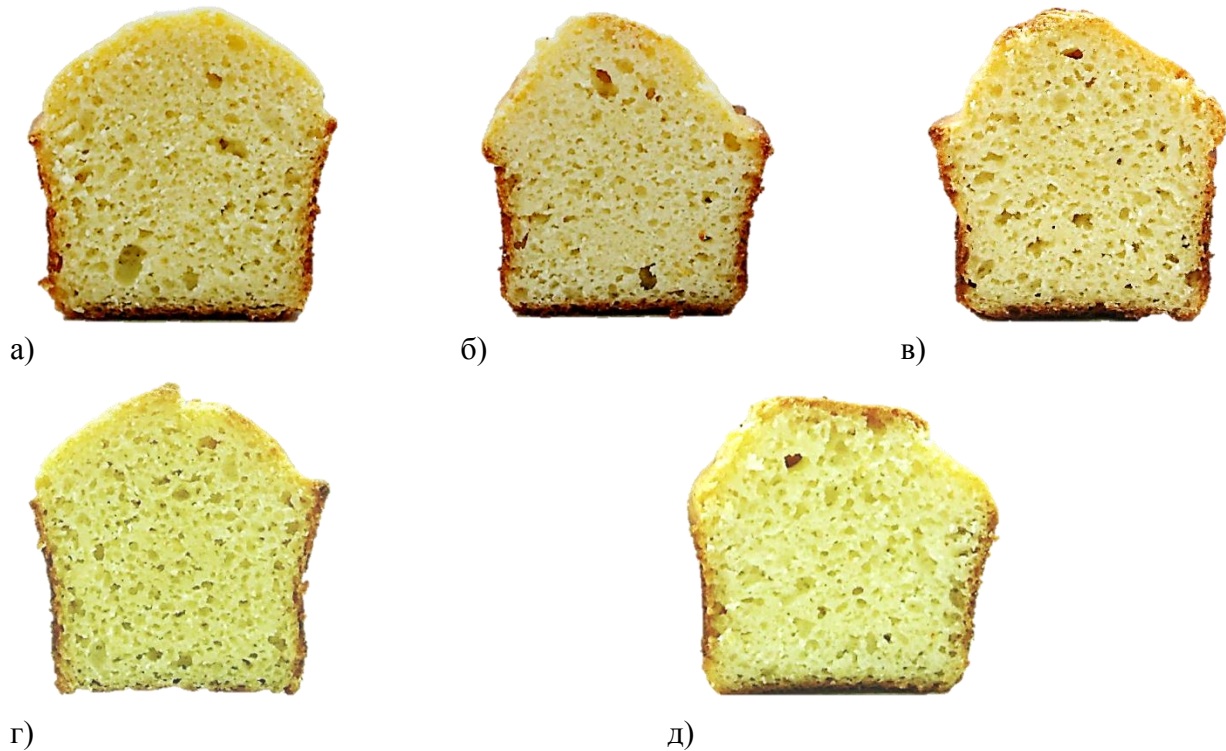


Рис. 3.3. Зовнішній вигляд (переріз) БХ зі складом борошняної суміші (Б_{рис}/Б_{кук}): а) 10/ 90; б) 30/70; в) 50/50; г) 70/30; д) 90/10

Таблиця 3.3

Органолептичні показники БХ на основі борошняної суміші

| Показники | Співвідношення борошна рисового до кукурудзяного у складі суміші, у % | | | | |
|---------------|--|--|---|---|---|
| | 10/90 | 30/70 | 50/50 | 70/30 | 90/10 |
| Стан поверхні | поверхня гладка, без крупних тріщин і дефектів | | | | |
| Колір | жовтий | жовтий | кремово-жовтий | світло-жовтий | світло-жовтий |
| Стан м'якушки | пропечений, нерівномірна пористість з пустотами, без «закалу» | пропечений, еластичний, не крихкий, без «закалу» | пропечений, консистенція ущільнена, дрібна пористість, без «закалу» | пропечений, еластичний, рівномірна пористість, без «закалу» | пропечений, не досить еластичний, вологий на дотик, рівномірна пористість, без «закалу» |
| Смак та запах | Властивий даному виду виробів з легким присмаком та ароматом, притаманним застосованому виду борошна | | | | |

Фізико-хімічні показники ББХ на основі борошняної суміші

(n=5, p≤0,05)

| Показники | Співвідношення борошна рисового до кукурудзяного у складі суміші, у % | | | | |
|---------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 10/90 | 30/70 | 50/50 | 70/30 | 90/10 |
| Вологість виробу, % | 59 | 60 | 59 | 60 | 61 |
| Пористість м'якушки, % | 57 | 58 | 60 | 61 | 59 |
| Питомий об'єм, см ³ /100 г | 228 | 249 | 250 | 250 | 248 |
| Товщина скоринки, мм | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1 | 1 |
| Упік, % | 13 | 14 | 15 | 15 | 17 |
| Усушка, % | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |

3.2. Обґрунтування складу та температури рідкої фази безглютенового тіста

Склад, кількість і температура рідкої фази тіста відіграють важливу роль у формуванні якості хліба, в тому числі безглютенового. Найбільш розповсюдженим рідким рецептурним компонентом у складі хлібного тіста є вода. У деяких сортах хліба (з підвищеною харчовою цінністю або для дитячого харчування) використовують молоко, сироватку, кефір, фруктові та овочеві соки та ін. Враховуючи особливості обраних нами способів розпушення, склад і стан рідкої фази тіста дозволять вирішити низку технологічних завдань. По-перше, рідка фаза – це зв'язуючий компонент для утворення безперервної мережі тіста. По-друге, властивості рідкої фази активно впливають на процес утворення піни та її утримання в тісті. Крім того, це важливий смаковий компонент рецептури хліба, оскільки бродіння тіста не передбачено, що зумовлює знижену кількість ароматичних і смакових речовин в бездріжджовому тісті з традиційним дріжджовим. З цих міркувань нами обрано наступні види рідкої сировини: кефір з вмістом жиру 1,0 %, нормалізоване молоко 2,5 %, молочна сироватка, вода питна. За основу застосовано перший варіант замісу тіста, проте, вид рідкої фази змінювався. Органолептичні та фізико-хімічні показники безглютенових бездріжджових виробів приведено в табл. 3.5-3.6, зовнішній вигляд виробів наведено на рис. 3.4.

Таблиця 3.5

Органолептичні показники ББХ з використанням різної рідкої фази тіста

| Якісний показник хліба | Вид рідкої фази тіста | | | |
|------------------------|---|--|--|------------------------------------|
| | кефір | молоко | сироватка | вода |
| Стан поверхні | поверхня гладка, без крупних тріщин і дефектів | з крупними тріщинами, з незначними дефектами | з мілкими тріщинами і дефектами | поверхня гладка |
| Колір | жовтий | світло-коричневий | темно-жовтий | жовтий |
| Стан м'якушки | пропечена, рівномірна пористість без пустот, без «закалу» | пропечена, еластична, не крихка, без «закалу», з пустотами | пропечена, консистенція ущільнена, дрібна пористість, без «закалу» | пропечена, нееластична, безпориста |
| Смак та запах | приємний, ніжний | ніжний, солодкуватий | легкий кислуватий | присутній смак соди |

Таблиця 3.6

Фізико-хімічні показники ББХ з використанням різної рідкої фази тіста

(n=5, p≤0,05)

| Показник | Вид рідкої фази тіста | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|-----------|------|
| | кефір | молоко | сироватка | вода |
| Вологість виробу, % | 59 | 57 | 56 | 57 |
| Пористість м'якушки, % | 61 | 56 | 53 | 51 |
| Питомий об'єм, см ³ /100 г | 250 | 210 | 200 | 176 |
| Товщина скоринки, мм | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,7 |
| Упік, % | 13,9 | 16,8 | 17,3 | 16,1 |
| Усушка, % | 1 | 2 | 3 | 2,2 |



кефір

молоко

сироватка

вода

Рис. 3.4. Зовнішній вигляд (переріз) БХХ з використанням різної рідкої фази

Як рідка фаза, кефір виявив найкращі властивості – пористість м'якушки на ньому правильна, притаманна хлібним виробам, смак та запах приємні та

ніжні. За використання молока, помітно покращується смак і запах виробів, проте, м'якушка помітно темніша і менш розпушена. З додаванням сироватки розпушеність виробу краща порівняно зі зразком на молоці, проте, гірша, ніж на кефірі. Найгіршими виявились зразки на воді – м'якушка нерозпушена, пористість та об'єм хліба низькі, з'являється присмак соди (зумовлюється відсутністю кислого середовища в тісті).

За результатами спробних лабораторних випікань пористість, питомий об'єм і вихід виробів зменшуються, а упік збільшується в ряду «кефір>молоко>сироватка>вода». Використання кефіру забезпечує найкращі фізико-хімічні та органолептичні показники порівняно з іншими сировинними компонентами в якості рідкої фази тіста.

Поясненням отриманих результатів є низька ефективність хімічного розпушувача в присутності води або молока, а також низька в'язкість рідкої фази, за виключенням кефіру.

Очевидно, що в разі застосування більш дешевого сировинного компоненту, як вода, потрібно застосовувати поліпшувачі, які здатні ефективно зв'язувати воду в тісті з утворенням колоїдних розчинів та мати виражену піноутворювальну здатність.

Іншим важливим чинником, здатним суттєво вплинути на фізико-хімічні та колоїдні процеси в тісті, є температура. Зазначимо, що в дріжджовому хлібному тісті її величина зумовлена, в першу чергу, впливом на активність дріжджових клітин та створенням оптимальних умов бродіння.

В разі виключення дріжджів із рецептури тіста ми вважали доцільним відпрацювати наступні температурні режими: від 20 °C до 45 °C з кроком 5 °C. Результати спробних лабораторних випікань та досліджень органолептичних і фізико-хімічних показників наведені в табл. 3.7-3.12 та в Додатку А1. Як видно з рисунків в додатку А1, температура рідкої фази чинить суттєвий вплив на стан м'якушки.

Найкращі результати отримано в інтервалі температур 25-30 °C – пористість дрібна та рівномірна. Зі зниженням температури до 20 °C, а також при 35-

45 °С структура м'якушки характеризується нерівномірною пористістю, наявністю дуже великих пор і навіть пустот. Припускаємо, що це пов'язано зі зміною емульгуючої та піноутворюючої здатності кефіру та яєць за різної температури суміші.

Таблиця 3.7

Органолептичні показники ББХ на кефірі за різної температури

| Показник | Температура рідкої фази при замішуванні | | | | | |
|---------------------|---|------------------------|----------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 45°C |
| Стан поверхні | без великих тріщин і підривів | | | | незначні підриви корки | |
| Колір | жовтий | темно-жовтий | кремово-жовтий | жовтий | світло-коричневий | коричневий |
| Пористість м'якушки | крупні нерівномірні пори | дрібні рівномірні пори | | середні нерівномірні пори | | крупні нерівномірні пори |
| Смак та запах | смак та запах ніжний, без сторонніх | | | | | |

Аналіз зразків з використанням молока (табл. 3.8) вказує на те, що зміни температури чинять менш суттєвий вплив на якість виробів – майже всі зразки мають переважно дрібні та нерівномірні пори. Втім, зі зростанням температури молока якість хлібців поліпшується; найкращі результати відмічено за температури 35-45 °С.

Таблиця 3.8

Органолептичні показники ББХ на молоці за різної температури

| Показник | Температура рідкої фази при замішуванні | | | | | |
|---------------------|---|---|------------------------|------|-------------------|-------------------|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 45°C |
| Стан поверхні | тріщини, нерівномірний підйом | без тріщин та підривів, правильна форма | | | | |
| Колір | жовтий | | темно-жовтий | | світло-коричневий | |
| Пористість м'якушки | забита пористість | | дрібні рівномірні пори | | | нерівномірні пори |
| Смак та запах | приємні запах і смак, без сторонніх | | | | | |

Близькі залежності відмічено при змінах температури сироватки, застосованої в якості рідкої фази тіста (табл. 3.9). З підвищенням температури від 20 до 45 °С виявляється тенденція зростання об'єму хлібців та поліпшення розпушеності м'якушки, особливо в інтервалі 35-40 °С.

Таблиця 3.9

Органолептичні показники ББХ на сироватці за різної температури

| Показник | Температура рідкої фази при замішуванні | | | | | |
|---------------|---|------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 45°C |
| Стан поверхні | без підривів та тріщин, нерівна | | з підривами та тріщинами, нерівна | | гладка, без підривів та тріщин | |
| Колір | темно-жовтий | | темно-коричневий | | від світло-жовтого до жовтого | |
| Стан м'якушки | забиті пори | | | рівномірні пори | | нерівномірні пори |
| Смак та запах | без сторонніх, кислуватий, приємний | | | | | |

В разі підвищення температури води (табл. 3.10) пористість, стан поверхні найкращі за температури 40 °С. Фізико-хімічні показники бездріжджових безглютенових хлібців за різної температури (20...45 °С) рідкої фази тіста (на кефірі, молоці, сироватці, воді) наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.10

Органолептичні показники ББХ на воді за різної температури

| Показник | Температура рідкої фази при замішуванні | | | | | |
|---------------|---|---|--|---|--|--|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 45°C |
| Стан поверхні | поодинокі бокові підриви скоринки | | дрібні тріщини на поверхні, без підривів | | без крупних тріщин та підривів | |
| Колір | жовтий | | | | | |
| Стан м'якушки | Рівномірна дрібна пористість, без пустот та ознак закалу. | Без пустот, погано розвинена пористість | Присутні пустоти, не розрихлені ділянки м'якушки | Дрібна пористість, без пустот, присутні ознаки закалу | Добре розвинена пористість, без пустот та ознак закалу | Рівномірна дрібна пористість, без пустот та ознак закалу |
| | М'якушка пропечена, не липка та не волога на дотик | | | | | |
| Смак та запах | без сторонніх, приємні | | | | | |

Узагальнення результатів даного етапу дослідження дозволило зробити висновок про суттєвий вплив, який чинить вид рідкої фази та її температура на якість готової бездріжджової безглютенової продукції.

За обраною схемою тістотворення як рідку фазу можна рекомендувати кефір за температури 25...30 °С.

Таблиця 3.11

Фізико-хімічні показники ББХ за різної температури рідкої фази тіста

(n=5, p≤0,05)

| Показник | Значення показника за температури рідкої фази | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 45°C |
| Кефір | | | | | | |
| Пористість, % | 58 | 61 | 62 | 57 | 56 | 57 |
| Питомий об'єм, см ³ /100г | 260 | 278 | 283 | 255 | 250 | 254 |
| Вологість, % | 57,1 | 57,2 | 56,5 | 57,0 | 56,1 | 56,4 |
| Упік, % | 16,3 | 16,4 | 17,1 | 16,7 | 17,4 | 17,3 |
| Усушка, % | 3,2 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,9 | 2,8 |
| Товщина кірки, мм | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Молоко | | | | | | |
| Пористість, % | 52 | 51 | 55 | 57 | 56 | 58 |
| Питомий об'єм, см ³ /100г | 185 | 180 | 218 | 250 | 228 | 255 |
| Вологість, % | 50 | 47 | 47 | 48 | 48 | 48 |
| Упік, % | 17,0 | 17,6 | 17,5 | 17,9 | 18,0 | 18,1 |
| Усушка, % | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 2,0 | 2,0 |
| Товщина кірки, мм | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| Сироватка | | | | | | |
| Пористість, % | 56 | 58 | 61 | 60 | 59 | 57 |
| Питомий об'єм, см ³ /100г | 225 | 262 | 280 | 275 | 268 | 258 |
| Вологість, % | 50 | 50 | 52 | 50 | 50 | 42 |
| Упік, % | 19,0 | 20,1 | 20,3 | 20,5 | 19,4 | 19,2 |
| Усушка, % | 2,1 | 3,0 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 |
| Товщина кірки, мм | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Вода | | | | | | |
| Пористість, % | 51 | 50 | 53 | 56 | 58 | 57 |
| Питомий об'єм, см ³ /100г | 180 | 178 | 202 | 232 | 250 | 247 |
| Вологість, % | 47,8 | 48,8 | 49,2 | 49,2 | 50,4 | 48,2 |
| Упік, % | 16,4 | 16,1 | 16,5 | 16,6 | 16,3 | 16,5 |
| Усушка, % | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,3 | 2,2 |
| Товщина кірки, мм | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |

Застосування молока, сироватки чи води забезпечує знижені показники якості хлібців, хоча підвищення температури дещо поліпшує органолептичні показники, пористість та питомий об'єм.

Тому вважали доцільним дослідити потенційну можливість підвищити якість, використовуючи воду (для більш дешевих соціальних сортів хліба) з одночасним введенням поліпшуючих добавок.

3.3. Вибір поліпшувачів структури безглютенових бездріжджових хлібців

В якості поліпшувачів структури безглютенових бездріжджових хлібців обрано добавки полісахаридної (Na КМЦ – марки СМС 6500) та білкової (КТБ – Геліос-11 та Сканпро Т95) природи. Гідроколоїди застосовували для підвищення в'язкості тіста, стабілізації розподілу інгредієнтів шляхом запобігання осідання та руйнування піни. Вони здатні істотно вплинути на поведінку тіста, навіть якщо вони присутні в дуже невеликих кількостях. Зазвичай концентрація похідних целюлози коливається в межах близько до 1,0 % до маси борошна. Нами для дослідження впливу Na КМЦ на органолептичні показники хлібців обрано інтервал 0,3...0,7 % до маси борошняної сировини.

На першому етапі дослідження за фактор варіювання обрано концентрацію Na КМЦ. Також вважали за необхідне дослідити доцільність одночасного застосування іншого рецептурного компоненту-розпушувача, а саме двовуглекислого натрію. Дослідні зразки готували за третім варіантом тістоповедення без додавання та з додаванням соди. Температура води – 30 °С. Склад борошняної суміші – «Б_{рис}/Б_{кук}» як 70/30. Результати спробних лабораторних випікань представлені в табл. 3.12 та на рис. 3.5. Як видно, використання Na КМЦ в концентраціях 0,3-0,5 % є доцільним. Об'єм хліба збільшується до 222...236 см³/100 г порівняно з контролем 202 см³/100 г, або на 10...15 %. Як доводять експериментальні дані, сумісне застосування Na КМЦ та соди є недоречним, оскільки призводить до надмірного розпушення структури м'якушки та послаблення її каркасу.

Таблиця 3.12.

Фізико-хімічні показники ББХ з додаванням соди та Na КМЦ

(n=5, p≤0,05)

| № зразка | Вид і концентрація добавки | Питомий об'єм, см ³ /100 г | Упік, % | Усушка, % |
|----------|----------------------------|---------------------------------------|---------|-----------|
| 1 | 0,3 % Na КМЦ з содою | 214 | 15,0 | 4,4 |
| 2 | 0,3 % Na КМЦ | 222 | 15,0 | 2,9 |
| 3 | 0,5 % Na КМЦ з содою | 220 | 12,5 | 2,9 |
| 4 | 0,5 % Na КМЦ | 236 | 12,5 | 2,9 |
| 5 | 0,7 % Na КМЦ з содою | 203 | 10,0 | 2,8 |
| 6 | 0,7 % Na КМЦ | 198 | 11,3 | 2,8 |

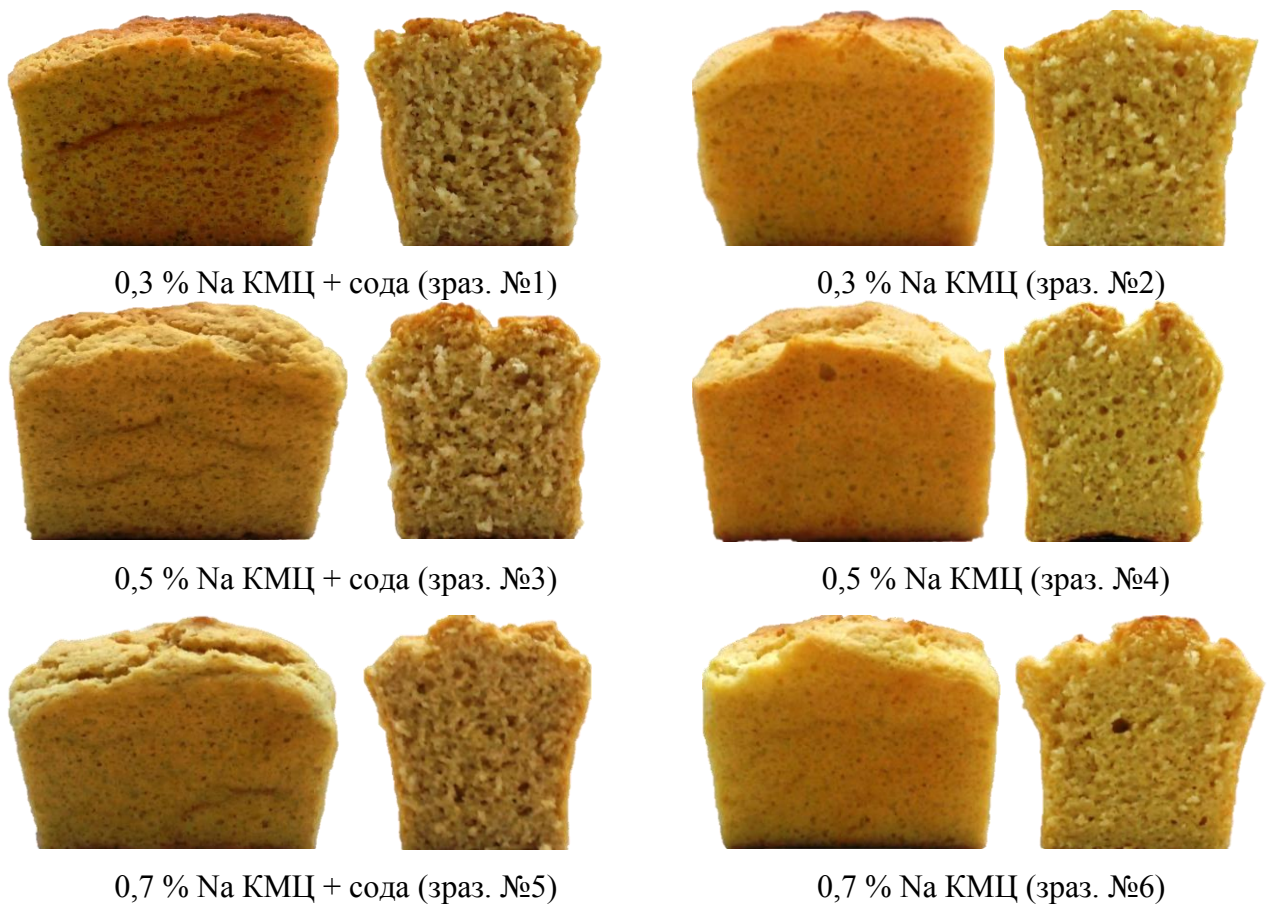


Рис. 3.5. Зовнішній вигляд (переріз) ББХ з додаванням соди та Na КМЦ.

Безперервна мережа тіста розривається, частина газу втрачається, питомий об'єм знижується. Крім того, помітно темнішає колір м'якушки, а на боковій поверхні хлібців утворюються складки. Концентрацію 0,7 % Na КМЦ також вважаємо надмірною, оскільки це призводить до певного погіршення структури хлібців.

Результати дослідження впливу концентратів тваринних білків на показники питомого об'єму та висоти зразків (без Na КМЦ та при застосуванні 0,5 % Na КМЦ, температура води – 30 °С) наведені на рис. 3.6.

Детальний аналіз залежностей вказує на позитивний вплив добавок тваринних білків на структурно-механічні властивості хлібців. Зокрема, поліпшується питомий об'єм хлібців, більшою мірою – без застосування Na КМЦ. Це пояснюється підвищеною гідратаційною здатністю Na КМЦ та її здатністю збільшувати вологоутримувальну здатність тіста.

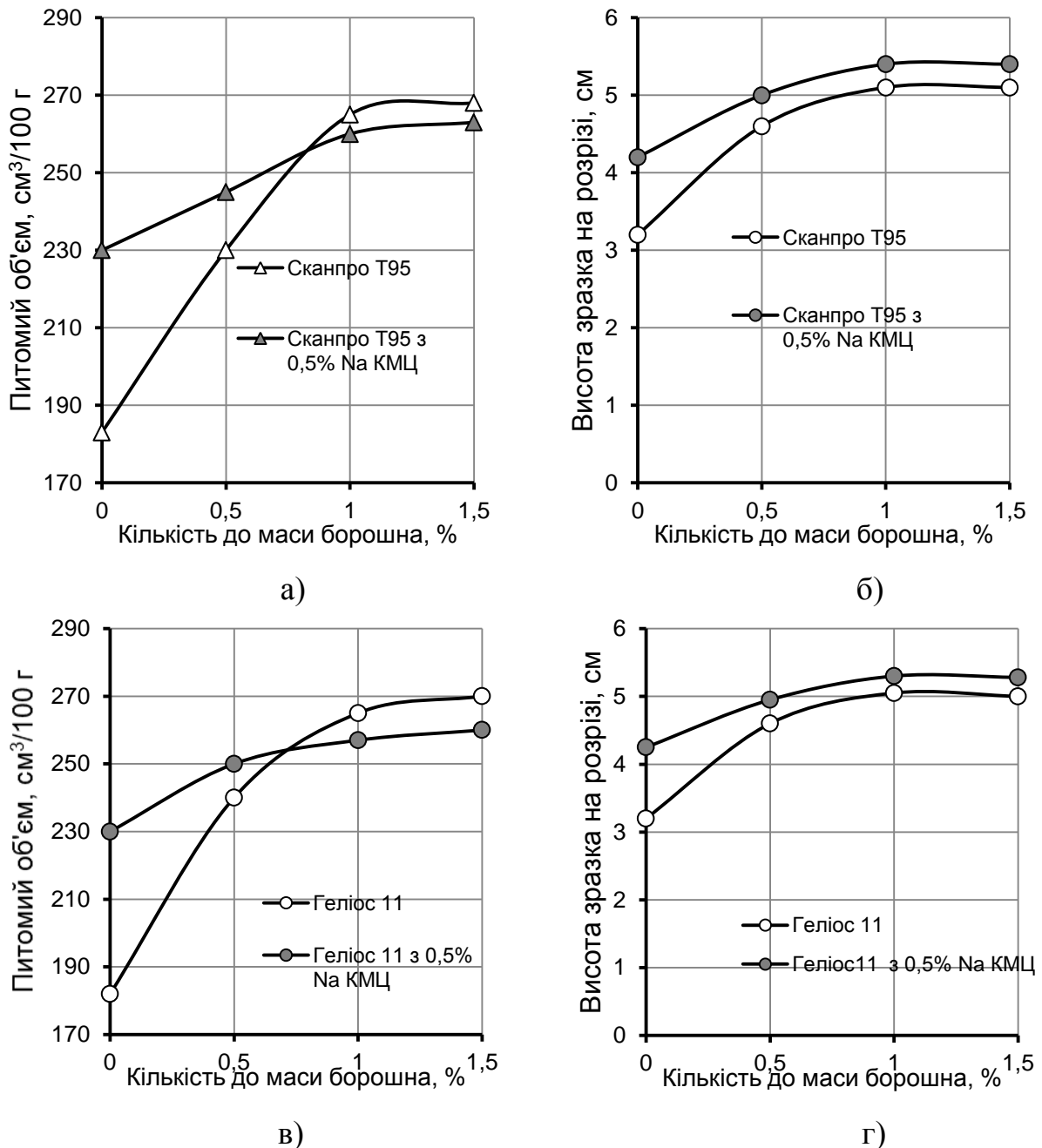


Рис. 3.6. Питомий об'єм та висота зразків хлібців залежно від концентрації тваринних білків (без Na KMC та при застосуванні 0,5 % Na KMC)

Тому навіть при більш високих показниках об'єму виробів (підтвердженням є факт, що висота виробів є максимальною за додавання КТБ разом з Na KMC) маса їх також дещо збільшується, але показник питомого об'єму зменшується (криві «КТБ+Na KMC» на графіках розташовані нижче, ніж криві «КТБ»). Зазначимо, що відмінності між цими показниками є дуже незначними. Проте, сумісне застосування добавок помітно змінює структуру хлібців – вона стає більш пружною і менш крихкою при нарізанні та жуванні. Для застосуван-

ня КТБ в якості поліпшувачів безглютенового бездріжджового тіста слід обмежувати їх концентрацію в межах 0,5...1,0 % до маси борошна (більш високі концентрації призводять до незначного погіршення структурно-механічних властивостей м'якушки, а також є недоцільними з економічної точки зору).

Досліджено також вплив концентрації Na КМЦ на питомий об'єм та висоту зразків (без КТБ та при застосуванні 1,0 % КТБ). Інтерпретувати отримані дані можна наступним чином:

– при застосуванні концентратів тваринних білків разом з Na КМЦ виявляються аналогічні тенденції незалежно від виду добавки, а саме – збільшення концентрації гідроколоїду сприяє зростанню питомого об'єму хлібців та їх висоти на перерізі, якщо концентрація Na КМЦ не перевищує 0,5 %. В подальшому структура виробів незначно погіршується – об'єм та висота зменшуються;

– добавка Геліос-11 має дещо вищу ефективність порівняно зі Сканпро Т95, однак, така перевага не є суттєвою. Інакше кажучи, будь-яка з досліджуваних добавок може бути рекомендована до практичного використання.

Такий підхід дозволить враховувати наявність сировини на ринку та їх ринкову вартість для отримання хлібопекарської продукції з високою конкурентною здатністю.

3.4. Вивчення впливу кількості води в безглютеновому тісті

Вода є важливим рецептурним компонентом тіста, який зумовлює консистенцію тіста й хліба, бере участь у процесах гідратації біополімерів борошна під час замісу тіста, впливає на протікання біохімічних і мікробіологічних процесів під час бродіння тіста та колоїдних процесів під час випікання виробів.

В технології бездріжджових безглютенових хлібобулочних виробів вміст води в тісті впливатиме на процес піноутворення під час замішування тіста, а також на гідратаційні та колоїдні процеси тощо. Особливістю такого тіста є специфічна здатність безглютенових видів борошна до водопоглинання та водоутримання. Відомо, що безглютенові види борошна відрізняються підвищеною (порівняно з пшеничним борошном) здатністю до водопоглинання [163,

164]. Потужні гідрофільні властивості виявляють також рецептурні компоненти, а саме яйцепродукти, КТБ, Na КМЦ.

Тому, вважали за необхідне дослідити вплив кількості води в тісті на структурно-механічні та органолептичні показники хлібців. В якості досліджуваних зразків готували наступні види рисово-кукурудзяних хлібців (рис. 3.7), на 100 г борошняної сировини: а – 100 г рідкої фази (вода та столовий оцет), в якості розпушувача – натрій двовуглекислий, варіант замісу тіста – № 1, проте, замість кефіру – 0,9 % водний розчин оцту; б, в, г – 100 г, 125 г та 140 г води відповідно, в якості розпушувачів 1,0 % Геліос-11 разом з 0,5 % розчином Na КМЦ, варіант замісу тіста – №5, температура води – 30 °С.

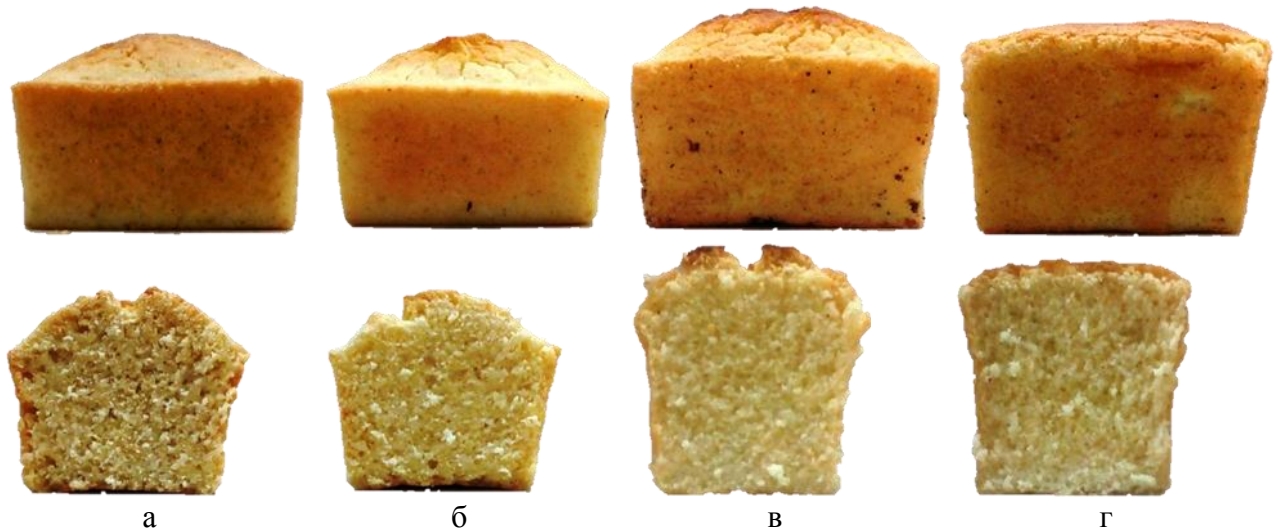


Рис. 3.7. Зовнішній вигляд та переріз рисово-кукурудзяних хлібців з додаванням різної кількості води (а,б – 100 %, в – 125 %, г – 140 %)

Порівняння зразків 3.7 а та 3.7 б свідчить, що застосування Na КМЦ разом з КТБ практично «не працює», якщо вологість тіста не збільшити. А підвищення рецептурної кількості води на 25 % (зразок 3.7 в) зумовлює дуже суттєве збільшення об'єму виробу. Проте, подальше підвищення вологості тіста рекомендувати не можна, бо погіршується зовнішній вигляд виробів (зразок 3.7 г). Фізико-хімічні показники вказаних вище зразків наведені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Фізико-хімічні показники ББХ за різної рецептурної кількості води в тісті
(n=5, p≤0,05)

| Показник | Особливості рецептури зразка | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------|------------|
| | рис. 3.7 а | рис. 3.7 б | рис. 3.7 в | рис. 3.7 г |
| | вода, оцет | вода | | |
| | 100 % | 100 % | 125 % | 140 % |
| | двовуглекислий натрій | 1,0 % Геліос-11, 0,5 % Na КМЦ | | |
| Питомий об'єм, см ³ /100 г | 197 | 189 | 295 | 287 |
| Товщина скоринки, мм | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 1,1 |
| Упік, % | 13,7 | 14 | 17,5 | 18,7 |
| Усушка, % | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,6 |

Зміни фізико-хімічних показників хлібців мають кореляцію з органолептичними показниками – зі зростанням вологості тіста питомий об'єм виробів помітно зростає, найбільшою мірою у зразка з вмістом води 125 %. Подібні тенденції відмічено для показників упіку та усушки – вони були тим більші, чим вищим був вміст води в тісті.

Висновки за розділом 3

1. Обґрунтовано доцільність виключення мікробіологічного способу розпушення на користь механічного та комбінованого в технології ББХ.

2. Із застосуванням інструментів системного аналізу знайдено нове рішення конкретної системної задачі утворення і стабілізації пінної структури бездріжджового безглютенового тіста. Обґрунтовано доцільність використання механічного збивання для утворення пінної структури, застосування білків тваринного походження для поліпшення процесів утворення та стабілізації піни, а також введення добавок-гідроколоїдів для підвищення стійкості піноподібної структури тіста.

3. Основою рисово-кукурудзяної борошняної суміші рекомендовано співвідношення (70...50):(30...50). За результатами спробних лабораторних випікань пористість, питомий об'єм і вихід виробів зменшується, а упік збільшується в ряду «кефір > молоко > сироватка > вода». Застосування кефіру в якості рідкої

фази тіста рекомендовано за температури 25...30 °С, для інших видів сировини (молоко, сироватка, вода) – за температури 35...40 °С.

4. Додавання розчину Na КМЦ (СМС 6500) в концентрації 0,5 % призводить до збільшення питомого об'єму хліба на 10...15 %. Сумісне застосування Na КМЦ та двовуглекислого натрію (соди) є недоречним, бо призводить до надмірного розпушення структури м'якушки та послаблення її каркасу. Додавання Na КМЦ разом з КТБ (Геліос-11, Сканпро Т95) в кількості 0,5...1,0 % до маси борошна сприяє подальшому поліпшенню питомого об'єму хлібців – до 300...310 см³/100 г або на 50...55 %. Збільшення кількості Na КМЦ (0,7 % та вище) або КТБ (1,5 % та вище) зумовлює зниження показника питомого об'єму хлібців за рахунок зростання ваги зразка через високу вологоутримувальну здатність добавок.

5. При сумісному застосуванні Na КМЦ та КТБ вологість тіста потрібно збільшувати (рецептурна кількість води складає 125 % до маси борошна). Подальше підвищення вологості тіста рекомендувати не можна, бо погіршується зовнішній вигляд виробів.

Результати досліджень, викладених в цьому розділі, опубліковані в роботах [180-181].

РОЗДІЛ 4

ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ БЕЗДРІЖДЖОВОГО БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБНОГО ТІСТА

Дослідженнями, результати яких наведено в розділі 3, ґрунтовно доведено ефективність запропонованого алгоритму, покладеного в розробку технології бездріжджових безглютенових виробів прийнятної для споживачів якості. Запропоновані рецептурні компоненти та технологічні режими дозволяють виключити дріжджі як головний рецептурний компонент хлібного тіста та довготривалу стадію бродіння як визначальний технологічний етап тістотворення. Отриманий технологічний ефект потребує чіткого наукового обґрунтування. Для його встановлення нами розглянуто взаємозв'язок між рецептурними компонентами і властивостями тістових мас та утворенням піноподібної структури безглютенових бездріжджових хлібобулочних виробів (рис. 4.1).

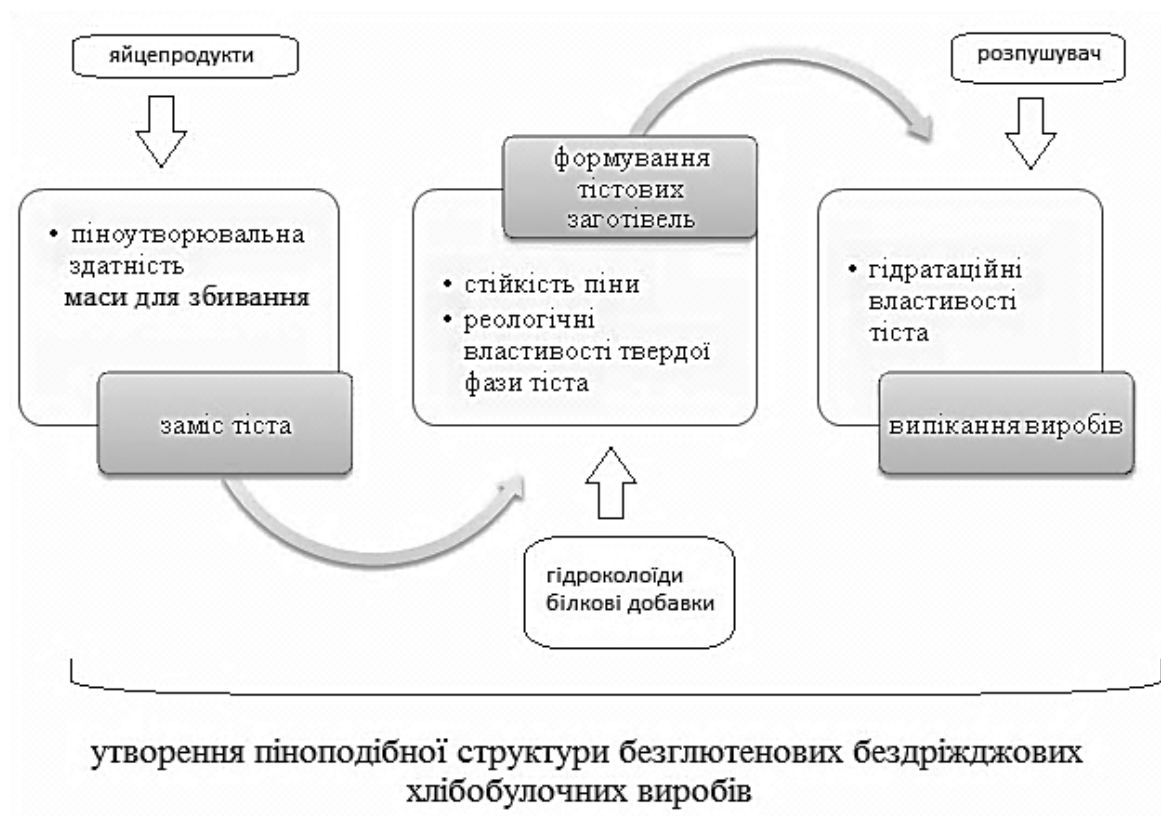


Рис. 4.1. Взаємозв'язок між рецептурними компонентами і властивостями тістових мас та утворенням піноподібної структури ББХ

З урахуванням цього на наступному етапі дослідження вивчали: піноподібну структуру бездріжджового безглютенового тіста та його реологічну поведінку в умовах деформації; водоутримувальну здатність безглютенового борошна в присутності добавок; стан білково-протеїназного комплексу безглютенового борошняного тіста; конформаційний стан білків різної борошняної сировини за додавання добавок; іонозв'язувальну здатність білків; стан вуглеводно-амілазного комплексу безглютенового борошна; поверхневі властивості водно-борошняних суспензій в присутності добавок.

4.1. Формування піноподібної структури бездріжджового безглютенового тіста

У фізико-хімічному розумінні піна являє собою двокомпонентну систему «газ-рідина». В процесі утворення піни відбувається потужний розвиток поверхні розділу рідкої і газоподібної фаз. Сила поверхневого натягу завжди прагне максимально скоротити загальну поверхню розділу.

В тістовій піноподібній масі борошняний компонент активно поглинає вологу з рідкої фази, що міститься в піні. Це приводить до розриву плівок пор з наступним їх зливанням у пори більш великих розмірів. Звідси утворення неоднорідної пористості в готових виробах, приготовлених на основі борошна.

При виробництві традиційного пшеничного хліба, коли суміш «борошно-вода» перетворюється на тісто, глютен утворює в'язко-пружну мережу, здатну захоплювати та зберігати газовані бульбашки. Стан аерації тіста відразу після змішування має величезний вплив на текстуру хліба. А газована архітектура тіста регулюється різними фізичними принципами, пов'язаними з формуванням піни та зі стабілізацією.

Специфіка виробництва бездріжджового безглютенового тіста шляхом збивання полягає в тому, що отримана пінна структура піддається небажаним зовнішнім впливам, що приводять до зниження її стійкості.

До таких факторів варто віднести перемішування збитої суміші з борошном і розміщення тіста у форми. В таких умовах важливо не тільки одержати

пінну систему з заданими характеристиками, але й зберегти їх протягом технологічного процесу. Відповідно до цього, на наш погляд, важливо комплексно дослідити піноутворювальну здатність та стійкість піни до руйнування структури.

На першому етапі дослідження вивчали піноутворювальну здатність (ПУЗ) та стійкість піни (СП) модельних систем – на основі яєчного білка за додавання Na КМЦ та КТБ (Геліос-11). Перш, ніж розпочати експериментальні випробування, необхідно було обґрунтувати умови використання розчину Na КМЦ протягом певного часу дослідження. Для цього проводили визначення розшарування розчинів різної концентрації протягом 12 год зберігання (за умови потенційного терміну зберігання такого розчину на виробництві протягом однієї робочої зміни). Результати наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Стійкість розчину Na КМЦ до розшарування протягом зберігання

| Тривалість зберігання, год | Висота не розшарованого розчину Na КМЦ, мм, за концентрації | | | |
|----------------------------|---|------------|------------|------------|
| | 0,1 % | 0,3 % | 0,5 % | 0,7 % |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | 97 | 98 | 100 | 100 |
| 5 | 70 | 93 | 99 | 100 |
| 6 | 42 | 89 | 98 | 100 |
| 7 | 15 | 85 | 97 | 100 |
| 8 | 15 | 81 | 96 | 100 |
| 9 | 15 | 77 | 96 | 99 |
| 10 | 15 | 74 | 96 | 99 |
| 11 | 15 | 71 | 95 | 99 |
| 12 | 15 | 68 | 95 | 99 |

Як видно з даних табл. 4.1, стійкість колоїдного розчину залежить від терміну його зберігання та концентрації сухої речовини в розчині. Відмічено таку залежність: чим вище концентрація розчину, тим вище його стійкість до розшарування. Так, 0,1 %-вий розчин Na КМЦ здатний не розшаруватись протягом 3 год, а 0,7 %-вий - протягом 8 год. Нами застосовано 0,5 %-вий розчин, який гарантовано зберігається упродовж 4 год. Отже, можна рекомендувати

приготування розчину Na КМЦ в умовах виробництва двічі на зміну (протягом 8-годинної роботи) або тричі (протягом 12-годинної роботи).

Збивання яєчно-цукрової маси в технології ББХ є однією з окремих операцій, у результаті якої утворюються система, що являє собою кондитерську піну. Згідно варіантів 1 та 2 (розділ 3) передбачено збивання яєць з цукром, варіантів 3, 4 та 5 – збивання з добавками (Na КМЦ та КТБ).

На утворення густої піни позитивно впливає поверхнева активність полярних молекул яєчного білку, а помітну стабілізуючу дію має присутній у суміші цукор. В результаті навколо повітряних пухирців утворюються тверді плівки, що зміцнюють стійкість піни. Підсилює відзначений ефект зростаюча при додаванні цукру в'язкість рідини.

Слід зазначити, що на відміну від традиційної кондитерської піни (наприклад, при приготуванні бісквітного напівфабрикату, де кількість цукру є значно вищою), в рецептурі хлібців його кількість значно нижче. Тому питання ефективного піноутворення є надзвичайно актуальним.

Поряд з рецептурними компонентами на обсяг піни та її дисперсність, на піноутворюючу здатність і стійкість піни вплив чинять тривалість збивання і швидкість обертання робочих органів. Зі збільшенням часу збивання обсяг піни також збільшується; швидкість збивання прямо пропорційна дисперсності піни. Нами обрано традиційний режим (спочатку на низьких, а потім на високих обертах) збивання піни.

Запропоновані добавки в технології безглютенового хліба призначені поліпшувати властивості білкових речовин борошна за відсутності клейковинних білків. Для вивчення їх дії досліджували вплив кількості КТБ на піноутворювальну здатність та стійкість піни яєчного білка без добавок та з додаванням 0,5 %-го розчину Na КМЦ (в кількості 10 % від маси яєчного білка) при фіксованих режимах збивання та температурі 20 °С. Одночасно досліджували ПУЗ та СП для модельної системи «яєчний білок + вода» (в кількості 10 % від маси яєчного білка). Зазвичай додавання близько 10 % води до маси яєчного білка призводить до поліпшення піноутворювальної здатності тіста. Тому саме таку кіль-

кість обрано для контрольного зразка, аби нівелювати вплив води та довести конкретний вплив добавки Na КМЦ.

Для підтвердження ефективного впливу Na КМЦ, очікували поліпшення показників ПУЗ і СП в системі «ячний білок+ 0,5 %-вий розчин Na КМЦ» порівняно із зразком «ячний білок + вода». Експериментальні дані представлені на рис. 4.2. Графіки показують, що додавання Геліос в концентраціях від 0,5 до 1,5 % сприяє підвищенню піноутворюючої здатності (ПУЗ) яєчного білка, проте, вплив має екстремальний характер, а саме: в кількості до 1,0 % добавки піноутворювальна здатність зростає – на 10-15 %, при збільшенні кількості Геліос-11 до 1,5 % показник ПУЗ знижується до значень контролю.

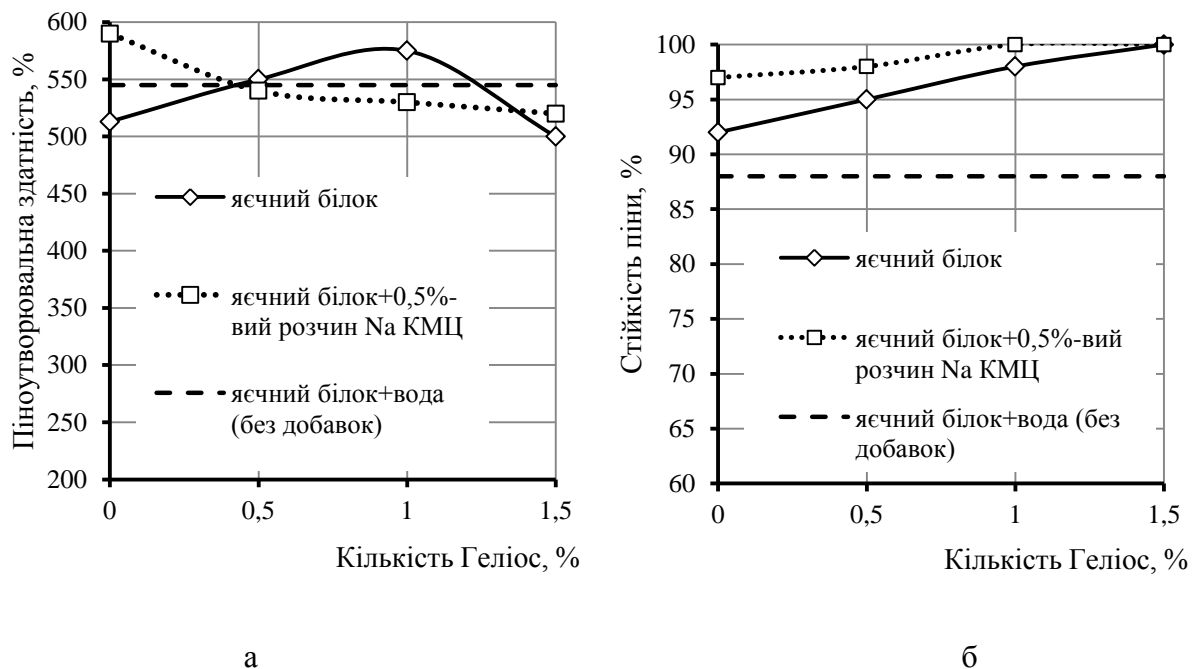


Рис. 4.2. Вплив кількості КТБ (Геліос-11) на піноутворювальну здатність (а) та стійкість піни (б) яєчного білка без добавок та з додаванням 0,5 %-го розчину Na КМЦ (10 % від маси яєчного білка).

В присутності 0,5 %-го розчину Na КМЦ вплив Геліос-11 на ПУЗ змінюється на протилежний – показник поступово знижується зі збільшенням кількості добавки Геліос-11, сягаючи ПУЗ 520 % (що дорівнює 88 % від значення контролю (яєчний білок з 0,5 % Na КМЦ)). Стійкість піни покращується за додавання Геліос-11 окремо та в присутності Na КМЦ, наближаючи значення до 100 % при 1,0 % Геліос та 0,5 % Na КМЦ. Пояснити тенденцію зниження ПУЗ

яєчного білка можна підвищенням густоти маси для збивання через здатність обох добавок (На КМЦ та КТБ) загущувати розчини. Оскільки певне розрідження колоїдного розчину яєчного білка (наприклад, за додавання 10 % води) ПУЗ системи підвищується, сягаючи 545 % порівняно з нативним білком – 500%; хоча стійкість піни знижується при цьому до 88 %).

На наступному етапі дослідження визначали кількісну оцінку якості піноподібної структури тіста. Зразки тіста готували згідно варіантів, запропонованих у розділі 3, та розташовували у скляних кюветах. Методом макрофотографування фіксували візуальну структуру. Кількість та розмір пор визначали із застосуванням програми Photo M 1.21. Зовнішній вигляд зразків тіста представлено на рис. 4.3 та в Додатку А2, результати їх математичної обробки – на рис. 4.4 та в Додатку А3. Аналіз свідчить, що в присутності будь-якої добавки структура піни/тіста змінюється, а саме: зменшується кількість великих пор (близько 1 мм або більше) – майже в четверо.

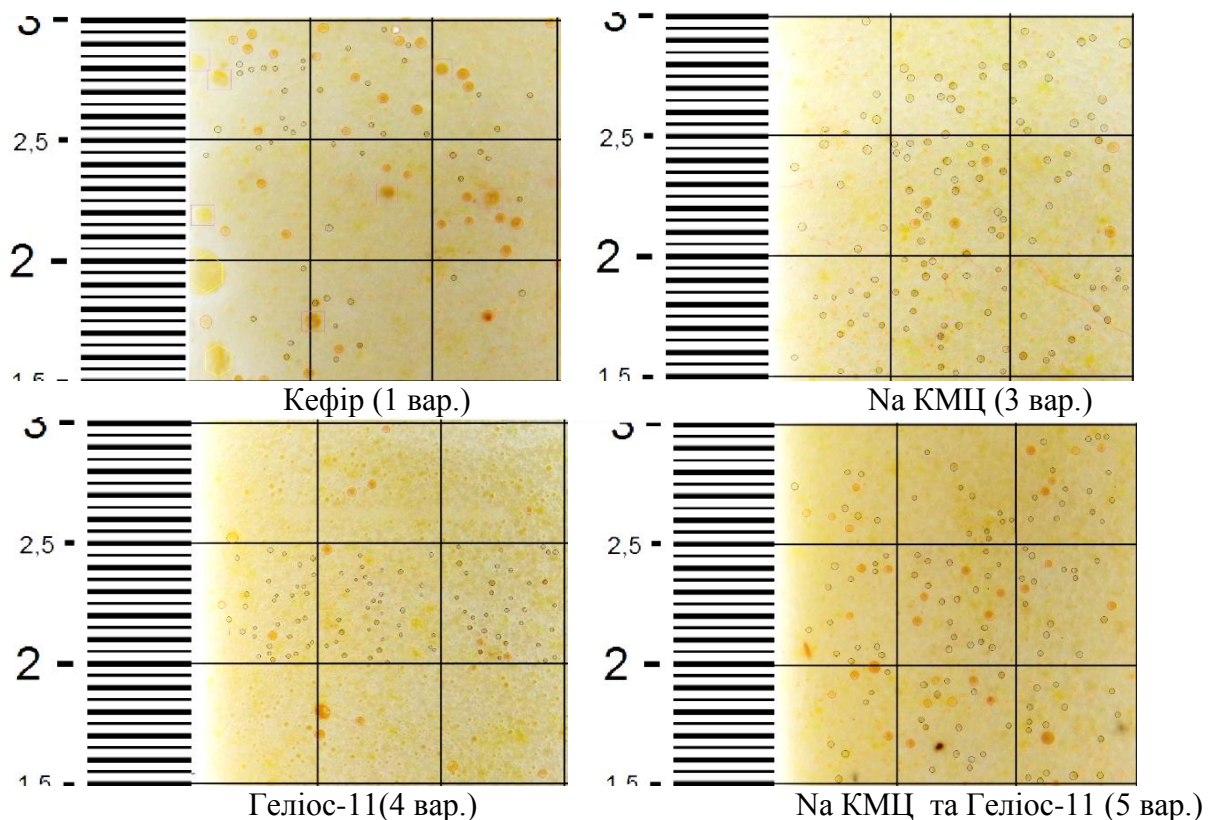


Рис. 4.3. Зовнішній вигляд (фрагменти) дослідних зразків безглютенового бездріжджового тіста (на основі рисово-кукурудзяної борошняної суміші у співвідношенні 70/30), виготовлених за різними варіантами замісу тіста

Так, загальна площа великих пор розміром 0,7...1,5 мм у зразка тіста за варіантом 1 (без добавок) дорівнює 15,36 мм² в полі зору, а у дослідних зразків варіант 3 та 5 складає 3,69 та 2,94 мм² відповідно, варіант 4 дорівнює нулю. Одночасно суттєво зростає кількість дрібних і дуже дрібних пор (менше 0,5 мм), найбільше – у зразка з додаванням Геліос-11 (варіант 4). Отримані дані корегують з даними щодо піноутворювальної здатності, яка є найбільшою за додавання Геліос-11 (рис. 4.2, а). Вищевикладене свідчить, що запропоновані добавки для поліпшення безглютенового бездріжджового тіста, сприяють поліпшенню пористості піноподібної структури, утворюючи дрібнопористу рівномірну піну. Вказаний вплив зумовлений здатністю добавок покращувати піноутворювальну здатність та стійкість піни до руйнування.

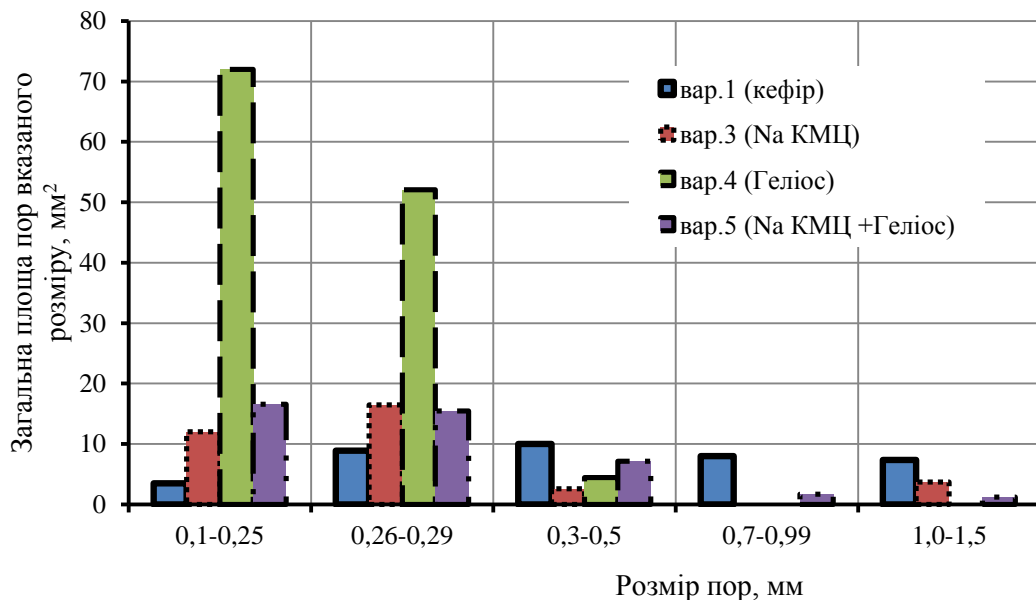


Рис. 4.4. Характеристика пористості бездріжджового безглютенового тіста різного рецептурного складу (варіанти 1, 3, 4 та 5)

Зазначимо, що отримання добре розпушеної структури тіста є першим, але не єдиним технологічним завданням. Важливим також є питання збереження утвореної структури, що зумовлює відповідні реологічні властивості тіста. Тому наступним кроком дисертаційного дослідження було вивчення реологічних властивостей тіста.

4.2. Вивчення реологічної поведінки бездріжджового безглютенового тіста

Реологічні властивості тіста – це комплексний показник, який описує стан і поведінку тіста при замішуванні та протягом всього технологічного процесу [182]. Маючи інформацію, якими є розтяжність тіста, його пружність, водопоглинальна здатність, можна судити про характеристики та якість готового продукту. Корегування цих властивостей дозволяє направлено впливати на такі якісні показники хліба, як об'єм, формостійкість, пористість, що в цілому характеризує кінцеву якість готового продукту.

Щодо пшеничного тіста, не тільки його реологічні показники, такі як розтяжність, еластичність тіста, когезивність та щільність, впливають на хлібопекарські властивості. Активність ферментів є іншим важливим чинником, оскільки серед іншого відповідає за вироблення цукровмісних речовин (амілаза), за протікання протеолітичних процесів (протеаза). На відміну від пшеничного дріжджового тіста, бездріжджове безглютенове тісто отримуємо в інший спосіб – шляхом значного механічного впливу (на стадії збивання) та короткотривалого періоду тістоведення (за відсутності стадії бродіння). Тому чинник ферментативної активності тіста в даному випадку стає незначущим. Водночас реологічні властивості борошняної сировини відіграють виключно важливу роль у формуванні збалансованих технологічних властивостей тіста, зокрема, вирішальними технологічними аспектами є забезпечення газоутворювальної та газоутримувальної здатності тіста.

Метою нашого дослідження було визначити реологічну поведінку бездріжджового тіста з різних видів безглютенового борошна для обґрунтування запропонованого складу борошняних сумішей, поліпшуючих добавок та їх взаємозв'язок з якісними показниками готового хлібопекарського продукту. Об'єктами дослідження обрано тісто з безглютенових видів борошна – рисового ($B_{рис}$), кукурудзяного ($B_{кук}$), суміші ($B_{рис}/B_{кук} = 70/30\%$) на воді та на водному розчині Na КМЦ (0,3, 0,5 та 0,7 %), добавки КТБ (у % до маси борошна) – Сканпро Т95 та Геліос-11. На першому етапі досліджували реологічні властивості бездріжджового безглютенового тіста з рисового, кукурудзяного борошна та їх сумішей на воді та на водному розчині Na КМЦ (0,3, 0,5 та 0,7 %). Враховуючи,

що ці види борошна є найбільш ефективними в технологічному розумінні для безглютенового бездріжджового хліба, тривалість навантаження / розвантаження було зменшено до 20 / 20 ×60 с, маса навантаження – 20 г. На меті було зменшити вплив чинника активності ферментів в тісті, оскільки тривалість процесу тістоведення за такою технологією не перевищує 20-30 ×60 с. Вважаємо, що протягом такого часу активність ферментної системи борошна суттєво не впливає на реологічні властивості тіста.

Криві навантаження / розвантаження зразків тіста наведені в додатку А4, а результати їх обробки в табл. 4.2...4.3.

Таблиця 4.2

Вплив концентрації Na КМЦ на деформаційні показники тіста

(n=5, p≤0,05)

| Склад | Деформація, од. пр. | | | | | Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної |
|------------------------------|---------------------|-------------|-------------|----------------|--------------------------|---|
| | загальна | зворотна | незворотна | умовно-миттєва | відносна високоеластична | |
| Б_{рис} | 2,35 | 0,28 | 2,07 | 0,12 | 0,16 | 0,12 |
| Б _{рис} +0,3%Na КМЦ | 2,47 | 0,47 | 2,00 | 0,20 | 0,27 | 0,19 |
| Б _{рис} +0,5%Na КМЦ | 2,11 | 0,43 | 1,68 | 0,21 | 0,22 | 0,20 |
| Б _{рис} +0,7%Na КМЦ | 2,15 | 0,56 | 1,59 | 0,25 | 0,31 | 0,26 |
| Б_{кук} | 1,38 | 0,42 | 0,96 | 0,1 | 0,32 | 0,30 |
| Б _{кук} +0,3%Na КМЦ | 2,24 | 0,54 | 1,7 | 0,17 | 0,37 | 0,24 |
| Б _{кук} +0,5%Na КМЦ | 2,52 | 0,53 | 1,99 | 0,21 | 0,32 | 0,21 |
| Б _{кук} +0,7%Na КМЦ | 2,20 | 0,52 | 1,68 | 0,17 | 0,35 | 0,24 |
| 70/30 | 2,12 | 0,34 | 1,78 | 0,14 | 0,20 | 0,16 |
| 70/30+0,3%Na КМЦ | 2,25 | 0,51 | 1,74 | 0,17 | 0,34 | 0,23 |
| 70/30+0,5%Na КМЦ | 2,14 | 0,5 | 1,64 | 0,15 | 0,35 | 0,23 |
| 70/30+0,7%Na КМЦ | 2,18 | 0,53 | 1,65 | 0,24 | 0,29 | 0,24 |

Як свідчать експериментальні дані, додавання розчину Na КМЦ до рисового борошна незначно знижує податливість системи та пружно-еластичні властивості, тим більше, чим вище концентрація розчину.

Так, модуль еластичності знижується від $4,09 \times 10^{-3}$ Па у контрольного зразка (Б_{рис} без добавок) до $2,11 \times 10^{-3}$ Па в присутності 0,7 % розчину Na КМЦ, модуль миттєвої пружності від $5,45 \times 10^{-3}$ до $2,62 \times 10^{-3}$ Па відповідно. В разі застосування кукурудзяного борошна залежності змінюються іншим чином: податливість тіста зростає (з $2,11 \times 10^{-3}$ до $3,85 \times 10^{-3}$ Па), проте, модуль еластичності зменшується від $2,04 \times 10^{-3}$ Па у контрольного зразка (Б_{кук} без добавок) до

$1,7...1,87 \times 10^{-3}$ Па в присутності Na КМЦ, а також зменшується модуль миттєвої пружності від $6,54 \times 10^{-3}$ до $3,11...3,85 \times 10^{-3}$ Па відповідно. В тісті з борошняної суміші вказані тенденції для різних видів борошна усереднюються – податливість тіста незначно зростає (від $3,24 \times 10^{-3}$ до $3,47 \times 10^{-3}$ Па⁻¹), модулі, що характеризують його пружно-еластичні властивості – зменшуються. А саме, модуль еластичності зменшується від $3,27 \times 10^{-3}$ до $1,87 \times 10^{-3}$ Па, модуль миттєвої – від $4,67 \times 10^{-3}$ до $2,73 \times 10^{-3}$ Па.

Таблиця 4.3

Вплив концентрації розчину Na КМЦ на реологічні показники тіста

(n=5, p≤0,05)

| Склад | Піддатливість, $\times 10^{-3}$, Па ⁻¹ | Модуль еластичності, $\times 10^{-3}$, Па | Модуль миттєвої пружності, $\times 10^{-3}$, Па |
|------------------|--|--|--|
| Б _{рис} | 3,59 | 4,09 | 5,45 |
| 0,3%Na КМЦ | 3,55 | 2,42 | 3,27 |
| 0,5%Na КМЦ | 3,23 | 2,97 | 3,11 |
| 0,7%Na КМЦ | 3,29 | 2,11 | 2,62 |
| Б _{кук} | 2,11 | 2,04 | 6,54 |
| 0,3%Na КМЦ | 3,43 | 1,77 | 3,85 |
| 0,5%Na КМЦ | 3,85 | 2,04 | 3,11 |
| 0,7%Na КМЦ | 3,36 | 1,87 | 3,85 |
| 70/30 | 3,24 | 3,27 | 4,67 |
| 0,3%Na КМЦ | 3,44 | 1,92 | 3,85 |
| 0,5%Na КМЦ | 3,47 | 1,87 | 3,36 |
| 0,7%Na КМЦ | 3,33 | 2,26 | 2,73 |

Припускаємо, що такі зміни пов'язані зі зміною водопоглинальної здатності (ВПЗ) борошняної сировини. Різна борошняна сировина виявляє різну ВПЗ. Так, ВПЗ рисового борошна дорівнює близько 75 %, кукурудзяного – 185 % [184]. А при збільшенні ВПЗ борошна погіршується пластичність тіста з одночасним підвищенням здатності тіста кришитися. Інакше кажучи, реологічні властивості взаємопов'язані зі станом вологи в тісті. З іншого боку, Na КМЦ є добре відомим водозв'язуючим агентом, тому зміна концентрації її розчину суттєво впливає на процеси водопоглинання. Борошно рисове має нижчу ВПЗ (порівняно з кукурудзяним), тому присутність Na КМЦ, посилюючи водозв'язування та пластифікацію, незначно зменшує піддатливість тіста. В кукурудзяному тісті (з більш високою здатністю борошна поглинати та зв'язувати

вологу) додавання Na КМЦ призводить до посилення здатності кришитися, що підвищує максимальну деформацію та податливість тіста.

На наступному етапі досліджували тісто з рисово-кукурудзяної суміші (70/30 %) на воді, на розчині Na КМЦ (0,5 %) та з добавками КТБ (у % до маси борошна) – Сканпро Т95 та Геліос-11. Криві наведені в додатку А4, а результати їх обробки – в табл. 4.4...4.5. Як бачимо, присутність 1,0 % Геліос-11 знижує загальну деформацію, за додавання Na КМЦ – більшою мірою. Очевидно, здатність білкової добавки до драглеутворення попереджує здатність тіста кришитися. Навіть, більш високі кількості білка (1,5 % Сканпро Т95) роблять структуру тіста менш здатною до деформації (рис. А4.5, а; додаток А4), однак, в присутності додатково 0,5 % Na КМЦ ВПЗ борошна зростає настільки суттєво, що втрачається пластичність тіста, в якому утворюється підвищена кількість крихти, а це, в свою чергу, призводить до підвищення загальної деформації тіста, його податливості.

Таблиця 4.4

Вплив білкових добавок в присутності Na КМЦ на деформаційні показники тіста з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$

(n=5, p≤0,05)

| Вид і кількість добавки | Деформація, од.пр. | | | | | Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної |
|-------------------------|--------------------|----------|------------|----------------|---------------------------|---|
| | загальна | зворотна | незворотна | умовно-миттєва | відносна високо-еластична | |
| 1,5 %Сканпро | 1,25 | 0,80 | 0,45 | 0,16 | 0,64 | 0,64 |
| 1,5 %Сканпро,0,5%NaКМЦ | 2,42 | 0,42 | 2,00 | 0,24 | 0,18 | 0,17 |
| 1,0 %Геліос | 1,91 | 0,40 | 1,51 | 0,14 | 0,26 | 0,21 |
| 1,0 %Геліос, 0,5%Na КМЦ | 1,34 | 0,65 | 0,69 | 0,09 | 0,56 | 0,49 |

Таблиця 4.5

Вплив білкових добавок в присутності Na КМЦ на реологічні показники тіста з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$

(n=5, p≤0,05)

| Вид і кількість добавки | Піддатливість, $\times 10^{-3}$, Па ⁻¹ | Модуль еластичності, $\times 10^{-3}$, Па | Модуль миттєвої пружності, $\times 10^{-3}$, Па |
|--------------------------------|--|--|--|
| 1,5 % Сканпро Т95 | 1,91 | 1,02 | 4,09 |
| 1,5 % Сканпро Т95, 0,5% Na КМЦ | 3,70 | 3,63 | 2,73 |
| 1,0 % Геліос-11 | 2,92 | 2,52 | 4,67 |
| 1,0 % Геліос-11, 0,5% Na КМЦ | 2,05 | 1,17 | 7,27 |

Все вищевикладене свідчить про значний вплив процесів поглинання та утримання вологи в тісті на реологічні властивості тіста та формування якості випеченої продукції.

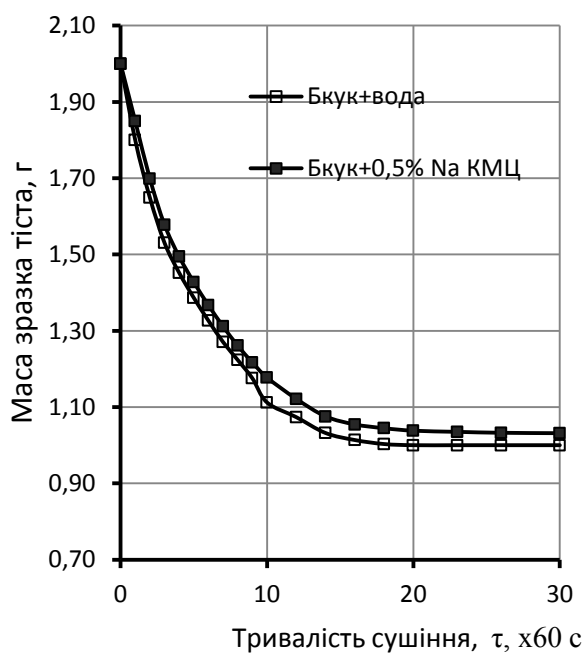
4.3. Водоутримувальна здатність безглютенового борошна в присутності добавок

Гідратаційні властивості рекомендованих нами до застосування поліпшувачів є добре відомими через їхнє широке використання для поліпшення якості харчових продуктів загалом та для покращення якості хліба та подовження терміну його зберігання зокрема. В той же час, нами виявлено вкрай мало даних щодо технологічного потенціалу цих добавок як поліпшувачів бездріжджових безглютенових хлібопекарських виробів. Потребують детального вивчення гідратаційні властивості тіста як на етапі замішування тіста, так і під час випікання. Здатність тіста поглинати вологу на етапі замішування пов'язана з формуванням потрібних реологічних характеристик тістової заготівлі, розглянутих нами в підрозділі 4.2. Здатність утримувати вологу на етапі випікання впливає на якісні і кількісні показники готової продукції, такі, як товщина скоринки хліба, упік та усихання.

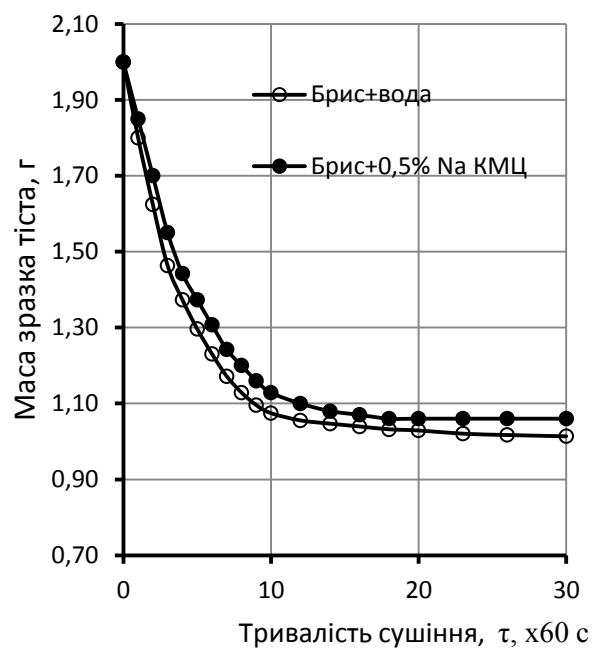
Тому метою досліджень в цьому напрямку було визначення впливу виду борошняної сировини, виду та кількості поліпшувача (На КМЦ, білкових добавок окремо та в присутності На КМЦ) на здатність тіста утримувати вологу під час температурної обробки.

Об'єктами досліджень були наступні види безглютенового борошна: рисове ($B_{\text{рис}}$), кукурудзяне ($B_{\text{кук}}$), суміш ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30\%$) згідно діючої нормативної документації, модельна система – бездріжджове тісто вологістю 50 % (за такої вологості було можливим формувати для сушіння зразок тісто певної форми та розміру). В якості матеріалів досліджень були застосовані 0,5 %-вий водний розчин На КМЦ, білкові добавки, вода питна.

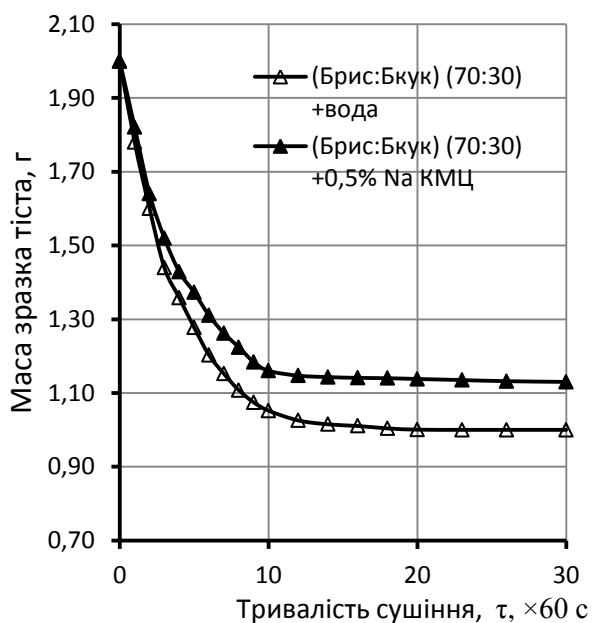
Криві сушіння тіста з безглютенових видів борошна та їх суміші наведено на рис. 4.5, а аналіз стану вільної та зв'язаної вологи в тісті – в табл. 4.6 та на рис. 4.6.



а)



б)



в)

Рис. 4.5. Зміни маси протягом сушіння тіста з різної борошняної сировини: а – кукурудзяне; б – рисове; в – борошняна суміш ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) з додаванням 0,5%-вого водного розчину Na КМЦ

Встановлено, що використання безглютенових видів борошна суттєво не впливає на характер процесу видалення вологи з тіста. Аналіз графічних залежностей вказує на їх експоненціальний характер. Всі зразки тіста протягом перших 10×60 с сушіння втрачають 90...95 % від загальної кількості, що випарилась. Криві сушіння зразків з додаванням Na КМЦ розташовані вище, ніж зразки на воді. Тобто, загальна кількість видаленої вологи зі зразків з добавкою Na КМЦ є нижчою. Це підтверджує статус цієї добавки як водозв'язуючого та водоутримуючого агента.

Зв'язану вологу розглядали як асоційовану воду, зв'язану з вуглеводами, білками та ліпідами хімічними та фізичними зв'язками. Вільною вважали вологу, не пов'язану з полімерами. Дослідження зв'язаної та вільної вологи здійснювали за швидкістю її видалення зі зразка тіста. Аналіз кривих сушіння свідчить, що практично для всіх зразків притаманні дві ділянки різної швидкості втрат маси тіста.

Перша ділянка включає період в перші 10×60 с сушіння, коли швидкість зниження маси зразка була максимальна. Друга ділянка охоплює наступні 20×60 с сушіння (до розрахунку брали період $10 \dots 20 \times 60$ с сушіння, оскільки в період $20 \dots 30 \times 60$ с сушіння маса зразків практично не змінювалась).

Швидкість видалення вільної вологи зі зразків тіста з різного видів борошна коливається в межах $(1,4 \dots 1,6) \cdot 10^{-3}$ г/с; наявність Na КМЦ в тісті дещо зменшує цей показник на $5 \dots 11$ %. Швидкість видалення зв'язаної вологи різко зменшується до $(0,05 \dots 0,18) \cdot 10^{-3}$ г/с (рис. 4.6). Крім вказаних загальних тенденцій, слід відмітити певні відмінності між зразками тіста з різних видів безглютенового борошна. Так, швидкість видалення зв'язаної вологи зі зразків кукурудзяного та рисового тіста в присутності Na КМЦ зростає порівняно зі зразками на воді.

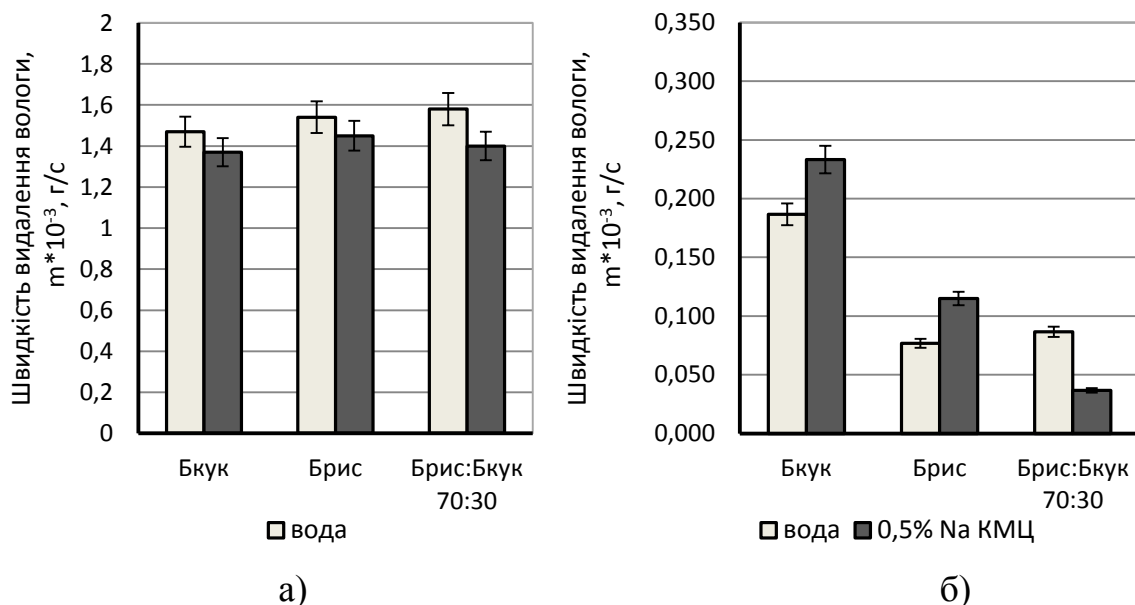


Рис. 4.6. Швидкість видалення вологи зі зразків тіста з кукурудзяного, рисового борошна та їх суміші: а) – вільної; б) – зв'язаної

**Загальна кількість видаленої вологи з безглютенового тіста
з додаванням Na КМЦ**

(n=5, p≤0,05)

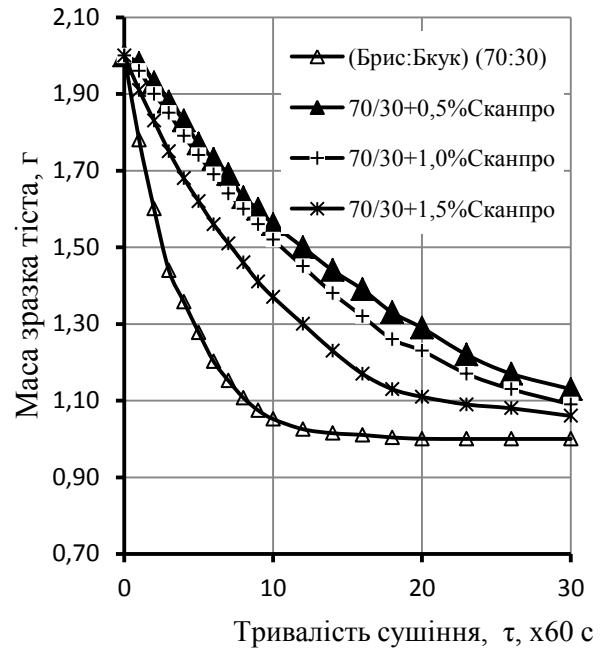
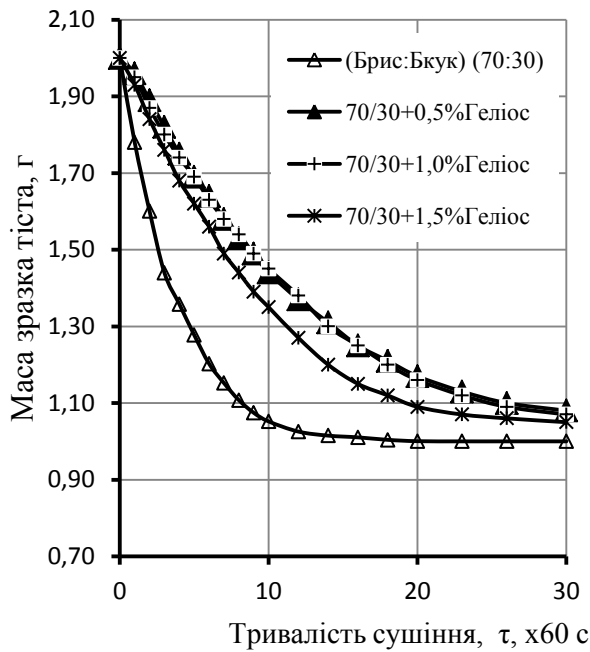
| Склад борошняної сировини | Кількість видаленої з тіста вологи, г, | | | | | |
|--|--|---------|-----------|--------------------------|---------|-----------|
| | загалом | вільної | зв'язаної | загалом | вільної | зв'язаної |
| | за використання в якості рідкої фази тіста | | | | | |
| | води | | | 0,5%-вого розчину Na КМЦ | | |
| Б _{кук} | 1,0 | 0,89 | 0,11 | 0,96 | 0,82 | 0,14 |
| Б _{рис} | 0,97 | 0,93 | 0,04 | 0,94 | 0,87 | 0,07 |
| Б _{рис} /Б _{кук} 70:30 | 1,0 | 0,95 | 0,05 | 0,86 | 0,84 | 0,02 |

Очевидно, це пояснюється більшою часткою зв'язаної вологи. Це зумовлено дією Na КМЦ як загусника та водозв'язуючої добавки. Зразок з борошняної суміші за додавання Na КМЦ характеризується меншою кількістю видаленої вологи – 0,86 г (на воді – 1,0 г), співвідношенням між зв'язаною та вільною вологою 0,02 (в тісті на воді – 0,05), а також нижчою швидкістю видалення вільної вологи – $1,40 \cdot 10^{-3}$ г/с (на воді – $1,58 \cdot 10^{-3}$ г/с) та зв'язаної вологи – $0,037 \cdot 10^{-3}$ г/с (на воді – $0,087 \cdot 10^{-3}$ г/с).

На наступному етапі дослідження вивчено вплив білкових добавок (різного виду та концентрації) окремо та сумісно з 0,5 %-вим розчином Na КМЦ на втрати маси зразків тіста під час їх сушіння. Результати наведено на рис. 4.7...4.8 та рис. 4.9...4.10, а також в табл. 4.7. Встановлено, що використання білкових добавок помітно впливає на характер процесу видалення вологи з тіста. Аналіз графічних залежностей вказує, що експоненціальний характер кривих змінюється, наближаючись до лінійного. Видно, що початкова швидкість видалення вологи гальмується. Крім того, кількість вологи, що видаляється під час сушіння дослідних зразків (з додаванням білків), є меншою порівняно з контрольними зразками (без білків).

Певний вплив має кількість білкової добавки: за використання 0,5...1,0 % КТБ характер зменшення маси зразка та її кількість суттєво відрізняються від контрольного зразка, але додавання 1,5 % КТБ наближає дослідний зразок до контрольного. Це пов'язано зі зменшенням швидкості видалення вільної воло-

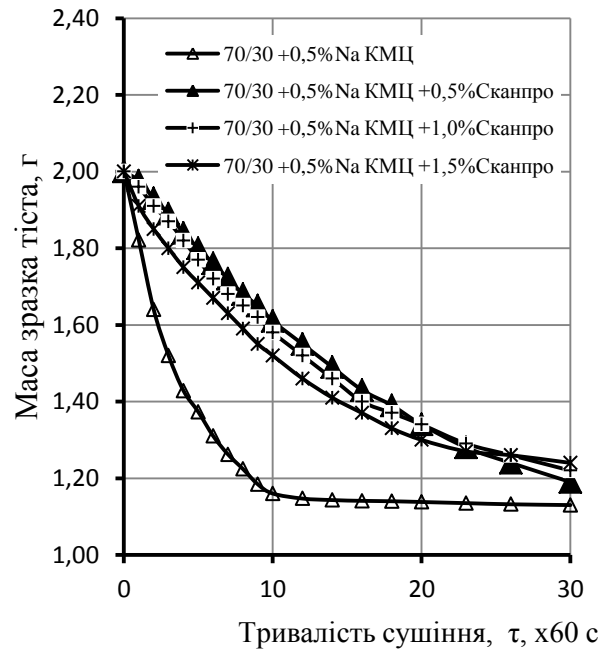
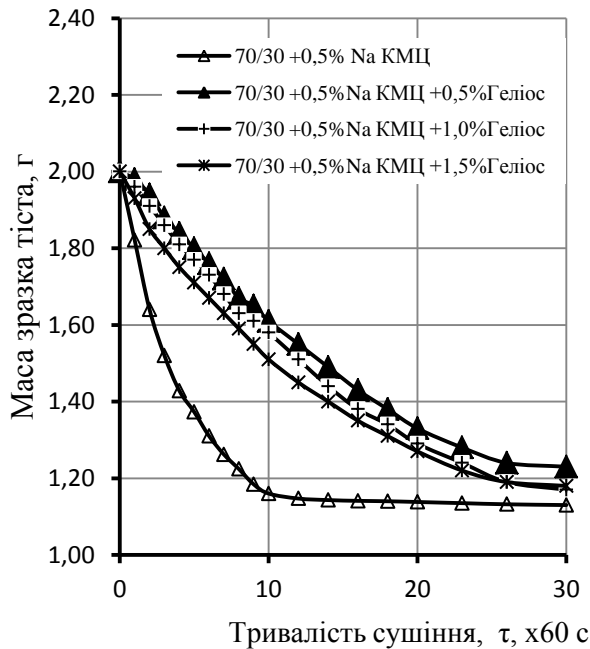
ги зі зразків тіста з добавками – в середньому на 40 % за додавання Геліос-11 та на 50 % за додавання Сканпро Т95.



а)

б)

Рис. 4.7. Зміни маси протягом сушіння тіста з борошняної суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ з додаванням різної кількості Геліос-11 (а) або Сканпро Т95 (б)



а)

б)

Рис. 4.8. Зміни маси протягом сушіння тіста з борошняної суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ з додаванням різної кількості Геліос-11 (а) або Сканпро Т95 (б) в присутності 0,5%-вого водного розчину Na КМЦ

В присутності 0,5 %-го розчину Na КМЦ показники знижуються ще на 15...20 %. Виявлено, що загальна кількість видаленої під час сушіння тіста вологи знижується (порівняно з контрольним зразком без добавок), більшою мірою за додавання Сканпро Т95, ніж Геліос-11; більшою мірою в присутності 0,5 %-го розчину Na КМЦ, ніж без Na КМЦ. В присутності добавок зростає кількість зв'язаної вологи, що є яскравим виявленням специфічних властивостей застосованих добавок зв'язувати вологу.

Усе вищевикладене доводить, що у присутності добавок, здатних регулювати структурно-механічні властивості безглютенового тіста, відбуваються суттєві зміни його гідратаційних властивостей. Проведеними дослідженнями надано подальший розвиток даних авторів [159], які встановили, що в присутності КТБ втрати вологи під час сушіння тіста помітно зменшуються, найпотужніше – в тісті з борошняної суміші рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 1:1.4.

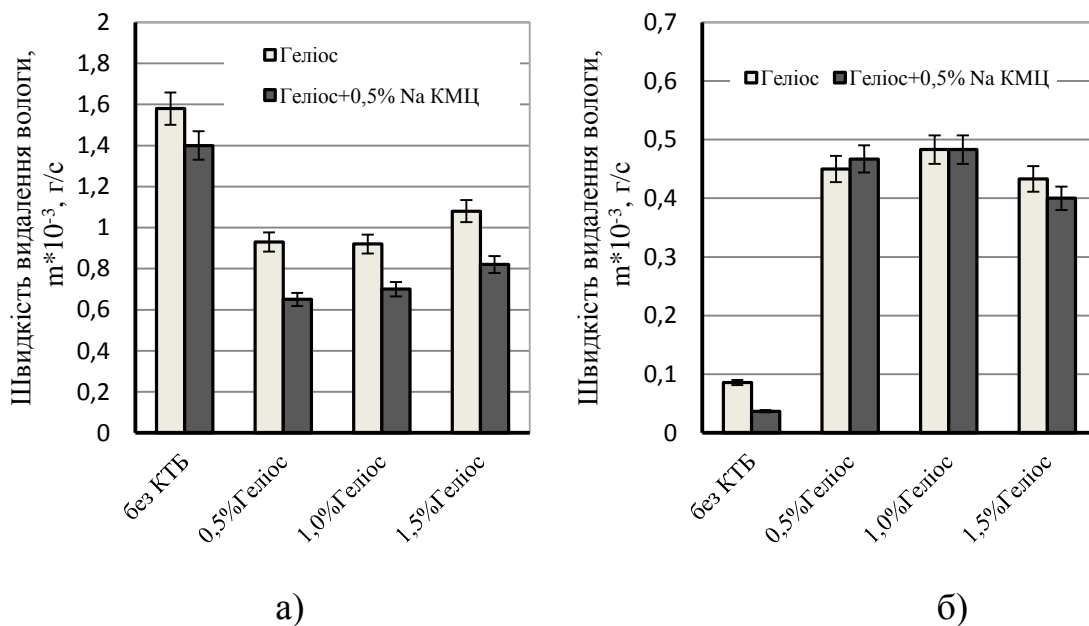


Рис. 4.9. Швидкість видалення вологи зі зразків тіста з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ з додаванням різної кількості Геліос-11: а) – вільної; б) – зв'язаної

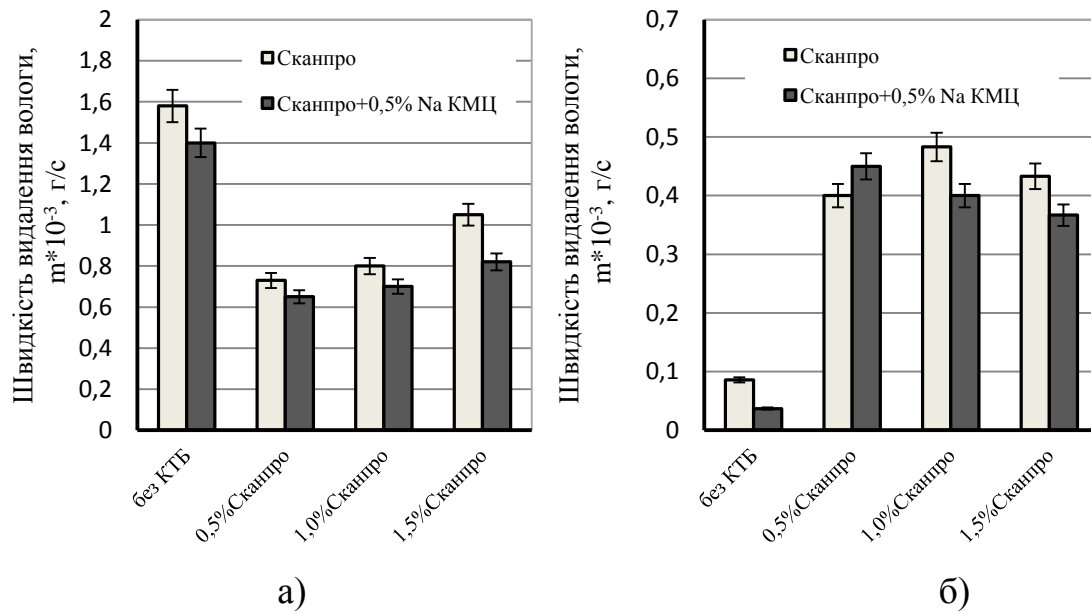


Рис. 4.10. Швидкість видалення вологи зі зразків тіста з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ з додаванням різної кількості Сканпро Т95: а) – вільної; б) – зв'язаної

Таблиця 4.7.

Загальна кількість видаленої вологи з бездріжджового безглютенового тіста ($B_{рис}/B_{кук} = 70/30$) з додаванням Na КМЦ

(n=5, $p \leq 0,05$)

| Вид і кількість білкової добавки | Кількість видаленої з тіста вологи, г, | | | | | |
|----------------------------------|--|---------|-----------|--------------------------|---------|-----------|
| | загалом | вільної | зв'язаної | загалом | вільної | зв'язаної |
| | за використання в якості рідкої фази тіста | | | | | |
| | води | | | 0,5%-вого розчину Na КМЦ | | |
| Без добавок | 1,0 | 0,95 | 0,05 | 0,86 | 0,84 | 0,02 |
| 0,5 % Геліос-11 | 0,92 | 0,56 | 0,27 | 0,67 | 0,39 | 0,28 |
| 1,0 % Геліос-11 | 0,93 | 0,55 | 0,29 | 0,71 | 0,42 | 0,29 |
| 1,5 % Геліос-11 | 0,95 | 0,65 | 0,26 | 0,73 | 0,49 | 0,24 |
| 0,5 % Сканпро Т95 | 0,71 | 0,44 | 0,27 | 0,66 | 0,39 | 0,27 |
| 1,0 % Сканпро Т95 | 0,77 | 0,48 | 0,29 | 0,66 | 0,42 | 0,24 |
| 1,5 % СканпроТ95 | 0,89 | 0,63 | 0,26 | 0,70 | 0,48 | 0,22 |

Припускаємо, що підвищена вологоутримувальна здатність тіста зумовлюється додатковими білок-білковими взаємодіями між різними видами борошна в суміші – кукурудзяним і рисовим. Отримані дані добре узгоджуються з результатами попередніх лабораторних випікань і дозволяють пояснити деяке зниження упіку за введення Na КМЦ та білкових добавок до складу безглютенового бездріжджового хліба на основі борошняної суміші.

4.4. Молекулярно-масовий розподіл білкових фракцій безглютенового борошняного тіста

Білкові речовини борошна та їх властивості мають вирішальне значення у формуванні структури тіста та випеченої продукції. Дослідженню гідратованих клейковинних білків присвячено роботи дуже багатьох авторів. В науковому суспільстві сформувалась думка, що окремі фракції клейковини певним чином зв'язані між собою, а не складають просту суміш [185, 186, 187]. Доведено, що фізичні властивості клейковини визначаються колоїдно-хімічним станом білків, хімічним складом, величиною співвідношення “гліадін/глютенін”, ферментативною атакованістю білків, фізико-хімічними особливостями побудови макромолекул клейковинних білків та утворенням своєрідної просторової структури з білкових макромолекул. Відомо, що середній хімічний склад клейковинних білків є сталим незалежно від реологічних властивостей клейковини, тому причину змінної якості клейковинних білків потрібно шукати у внутрішній структурі макромолекул білка, на різних рівнях його просторової організації, у щільності упакування поліпептидних ланцюгів, у міцності внутрішньо- та міжмолекулярних зв'язків [160, 188, 189, 190].

Питанню вивчення реологічних властивостей тіста з безглютенової борошняної сировини, а також можливості їх регулювання додаванням поліпшувачих добавок присвячено значно меншу кількість наукових робіт. Вони стосуються, зокрема, застосування ферментних препаратів разом з білковими добавками або гідроколоїдів, приготування борошняних сумішей [74, 159, 177, 178, 179, 182].

Метою наших досліджень є вивчення стану білкового комплексу безглютенового тіста з використанням сумісно різних видів борошна та добавок-покращувачів структури. Узагальнення даних проводили, базуючись на експериментальних дослідженнях молекулярно-масового розподілу білкових речовин, даних потенціометричного титрування та інфрачервоної спектроскопії.

Молекулярно-масовий розподіл характеризує полімолекулярність (або полідисперсність) білків. Це виявляється в тому, що будь-який полімер може

бути представлений низкою окремих фракцій, що складаються з макромолекул приблизно однакового розміру. За зміною числа таких фракцій можна отримувати інформацію про можливі взаємодії між білковими макромолекулами сировини.

Досліджували зміни фракційного складу білків борошняного тіста з різною рідкою фазою та видом борошняної сировини. В якості модельних систем розглядали борошно рисове, кукурудзяне та їх суміш 70/30 % відповідно, як рідку фазу тіста обрали воду та кефір. Результати наведено на рис. 4.11...4.13, Додатку А5, табл. 4.8...4.9.

На підставі електрофоретичного розподілу (рис. 4.11) розраховано молекулярну масу кожної смуги індивідуальних білків, а також відсоткове співвідношення відповідно кожній фракції (додаток А5).

Аналіз диференційних кривих молекулярно-масового розподілу на рис. 4.12 свідчить про їх полімодальний характер та про наступні особливості у зразках двох різних видів борошна та їх суміші:

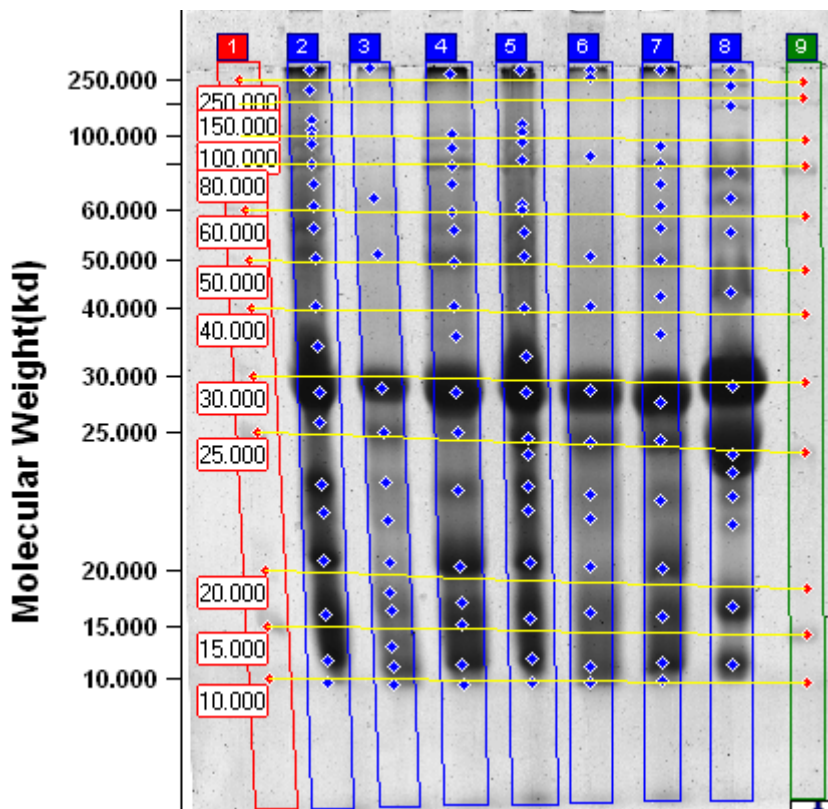


Рис. 4.11. Електрофоретичний поділ білків (10-250 kDa) тіста (зразки 2-7) на воді (зразки 2-4) та кефірі (зразки 5-7):

- 2, 5 – $B_{\text{рис}}$;
- 3, 6 – $B_{\text{кук}}$;
- 4, 7 – $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30;
- 8 – кефір;
- 1,9 – стандарти

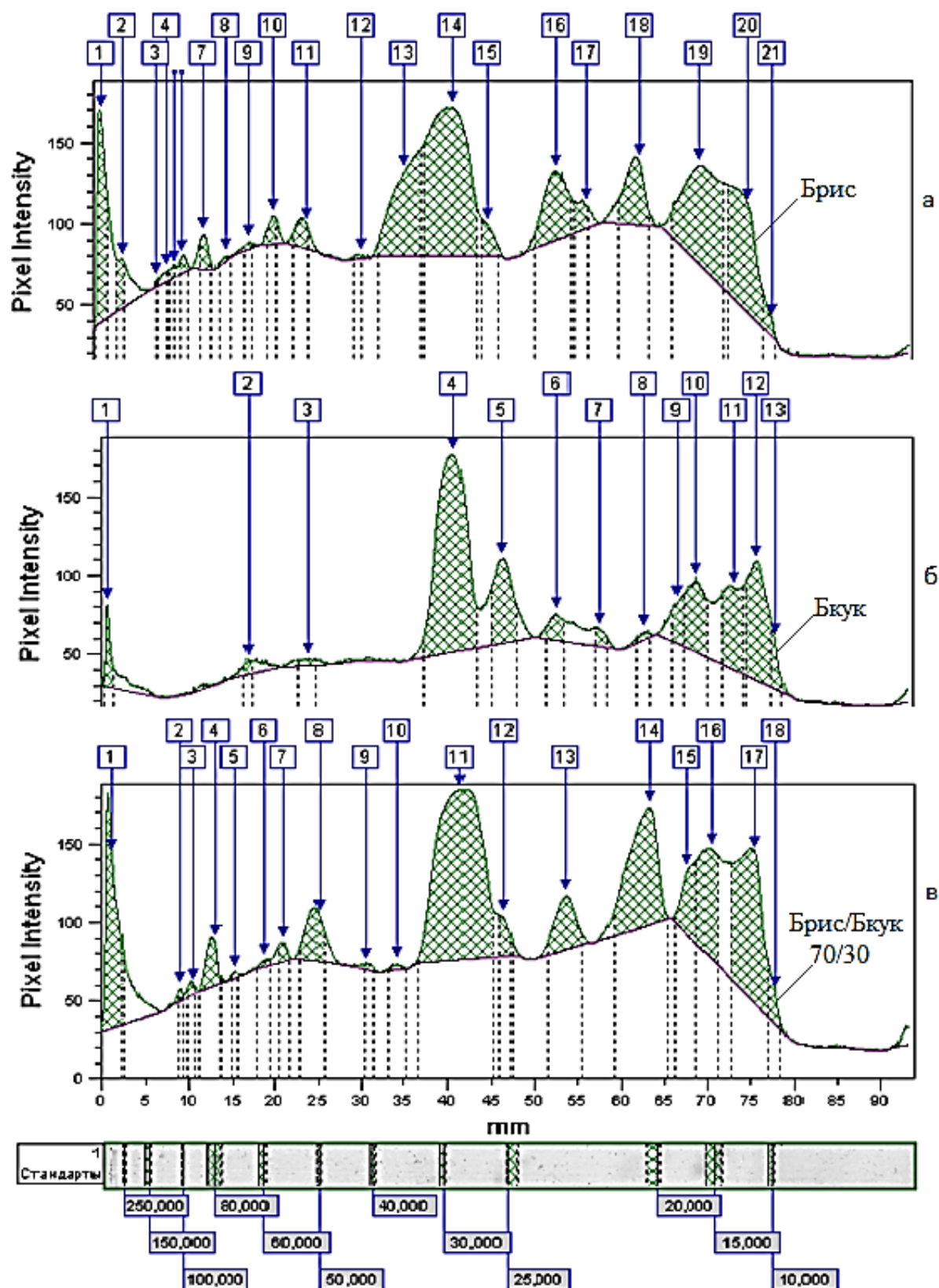


Рис. 4.12. Криві ММР зразків тіста на воді: а – борошно рисове (Б_{рис}); б – борошно кукурудзяне (Б_{кук}); в – суміш Б_{рис}/Б_{кук} = 70/30 %.

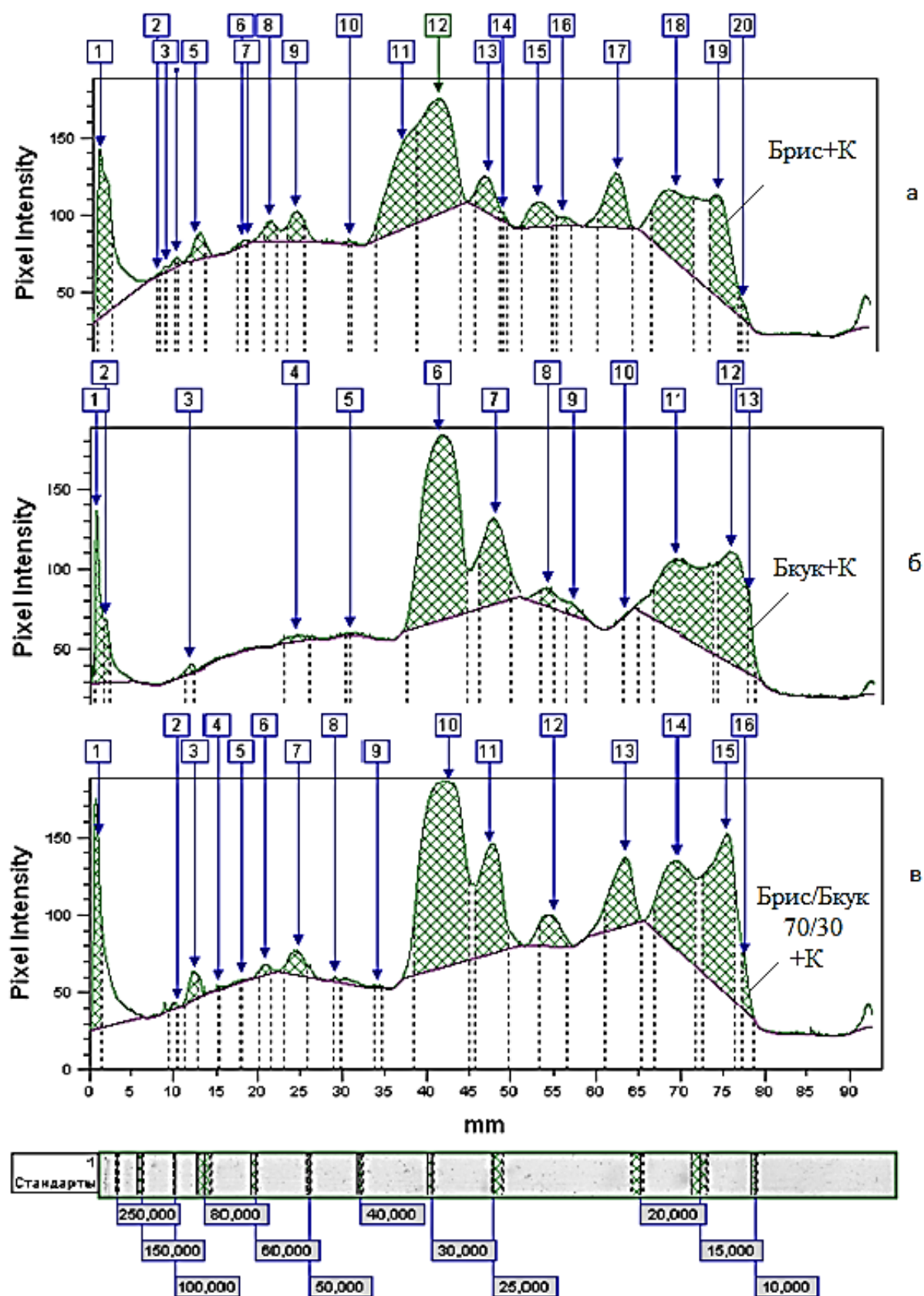


Рис. 4.13. Криві ММР зразків тіста на кефірі (К): а – борошно рисове (Б_{рис}+К); б – борошно кукурудзяне (Б_{кук}+К); в – суміш (Б_{рис}/Б_{кук} = 70/30 + К)

Наявні піки на диференційних кривих ММР зразків тіста з різною борошняної сировиною та рідкою фазою

(n=5, p≤0,05)

| Зразок | Піки на диференційних кривих ММР | | |
|---------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| | до30 kDa | вище 30 kDa до 100 kDa | вище 100 kDa |
| Рідка фаза тіста – вода | | | |
| Б _{рис} | 9, 1; 16,1; 20,4; 22,1; 23,2; 26,0; 28,7; | 34,5; 40,5; 50,6; 56,7; 62,4; 71,6;80,7; 94,4; 99,2 | 108,4; 122,6; 207,5; 296,2 |
| Б _{кук} | 9,4; 11,2; 13,1; 16,6; 18,2; 20,4; 21,9; 23,3; 25,3; 29,1 | 51,5; 65,3 | 303,8 |
| Б _{рис} /Б _{кук} | 9,6; 11,5; 15,5; 17,6; 20,3; 23,2; 25,6; 28,8 | 36,3; 41,0; 50,2; 56,7; 60,1; 71,8; 79,1; 92,8 | 103,8; 283,7 |
| Рідка фаза тіста – кефір | | | |
| Б _{рис} +К | 9,8; 12,2; 16,1; 20,6; 28,9 | 33,3; 40,7; 51,6; 56,5; 61,1; 63,6; 83,2; 96,7 | 106,7; 117,5; 301,4 |
| Б _{кук} +К | 10,1; 11,9; 16,6; 20,5; 23,0; 25,5; 28,4 | 37,0; 43,8; 51,4; 57,4; 63,8; 72,4; 81,6; 94,9 | 304,6 |
| Б _{рис} /Б _{кук} +К | 11,9; 17,9; 22,2; 23,2; 24,1; 24,8; 29,6 | 44,6; 56,7; 67,2; 67,2; 77,4 | 139,5; 224,1; 314,5 |

– Б_{рис} має пік 18, який практично відсутній у Б_{кук} (пік 8) та помітно зростає в суміші Б_{рис}/Б_{кук} 70/30 (пік 14); це вказує на збільшення частки фракції з молекулярною масою близько 20 kDa;

– аналогічна тенденція відмічається для піків 11 (Б_{рис}) та 8 (Б_{рис}/Б_{кук}) для фракції близько 50 kDa;

– дуже помітно збільшується висота піків 4 (79,1 kDa) у зразка суміші порівняно з піком 7 (80,7 kDa) у зразка Б_{рис}, враховуючи, що у зразка Б_{кук} він зовсім відсутній;

– зростає інтенсивність та ширина піку 1, а також відбувається зсув максимуму цього піку в бік меншої молекулярної маси у зразка Б_{рис}/Б_{кук} (283 kDa) порівняно з аналогічними піками Б_{рис} (296 kDa) та Б_{кук} (303 kDa);

– зменшується загальна площа піків 10-12 (суміш) порівняно з $B_{\text{рис}}$ (піки 12-15) та $B_{\text{кук}}$ (піки 4-5), що відповідає молекулярній масі 25..29 kDa.

В присутності кефіру (рис. 4.18) виявлено деякі відмінності, а саме: зростає інтенсивність піків 11, 12 та 13 (в інтервалі 20-25 kDa) у зразка тіста з борошняної суміші порівняно зі зразками з окремих видів борошна; крім того, зростає інтенсивність та відбувається зміщення максимуму піка 1 в бік більших молекулярних мас ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} - 314$ kDa, $B_{\text{рис}} - 296$ kDa, $B_{\text{кук}} - 303$ kDa). Для пояснення вказаних відмінностей порівнювали встановлені дані з результатами аналізу, проведеному в табл. 4.9.

Таблиця 4.9.

Фракційний склад білків тіста з різною борошняної сировиною та рідкою фазою

(n=5, p≤0,05)

| Особливості складу зразка | Білкові фракції (мг білка/ г матеріалу) розчинні | | | |
|---|--|--------|----------|--------|
| | у воді | у солі | у спирті | у лузі |
| Рідка фаза тіста – вода | | | | |
| Борошно рисове | 9,66 | 0,46 | 12,76 | 7,34 |
| Борошно кукурудзяне | 6,56 | 0,31 | 37,45 | 2,7 |
| Суміш $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30 – експеримент | 5,77 | 0,38 | 24,24 | 6,54 |
| Суміш $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30 – розрахунок | 8,73 | 0,42 | 20,17 | 5,95 |
| Відхилення (експ.-розр.) абсолютне | -3,0 | 0,04 | 4,1 | 0,6 |
| Відхилення (експ.-розр.) відносне, % | -51,3 | -9,2 | 16,8 | 9,1 |
| Рідка фаза тіста – кефір | | | | |
| Борошно рисове | 9,64 | 0,31 | 23,15 | 4,24 |
| Борошно кукурудзяне | 7,02 | 0,39 | 38,59 | 4,29 |
| Суміш $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30 – експеримент | 8,69 | 0,30 | 29,10 | 4,16 |
| Суміш $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30 – розрахунок | 8,85 | 0,33 | 27,78 | 4,26 |
| Відхилення (експ.-розр.) абсолютне | -0,2 | 0,0 | 1,3 | -0,1 |
| Відхилення (експ.-розр.) відносне, % | -1,9 | -11,3 | 4,5 | -2,3 |

Додатково розраховували кількість білкових фракцій для суміші (рядок «Суміш $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30 розрахунок»), який ілюструє суму кожної з чотирьох білкових фракцій обох видів борошна, взятих у відповідному співвідношенні (70/30 %), інакше кажучи, коли взаємодія між цими видами борошна виключена. Дані з цього рядка порівнювали з рядком «Суміш $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30 – експери-

мент», коли така взаємодія між білками борошна в тісті з борошняної суміші є можливою. Розходження даних з цих двох рядків свідчить про те, що міжмолекулярні білкові взаємодії відбуваються, тим більші, чим більшим є відхилення (що дозволяє оцінити відносне відхилення).

У зразка тіста з борошняної суміші на воді дуже суттєво зменшується вміст водорозчинної фракції (майже вдвічі) з одночасним зростанням вмісту більш високомолекулярних фракцій, розчинних у спирті та лузі (більш, ніж на 25 %). Інакше кажучи, між білковими макромолекулами (в першу чергу, з низькою молекулярною масою) різних видів борошна в тісті відбуваються взаємодії з утворенням високомолекулярних фракцій.

В разі додавання кефіру в тісто описані вище тенденції виражені більш слабко (зниження вмісту низькомолекулярних фракцій – альбумінової та глобулінової – сумарно дорівнює близько 13 %, а зростання високомолекулярних фракцій – стосується тільки спирторозчинної фракції – зростає на 4,5 %).

Таку різницю можна пояснити, аналізуючи дані з рис. 4.14...4.15, на яких наведено криві ММР для тіста з окремого виду борошна на воді та на кефірі, а також крива ММР власне білків кефіру. Як бачимо, за додавання кефіру в тісто з $B_{\text{рис}}$ пік 1 (рис. 4.14, в) помітно зменшується, а в тісті з $B_{\text{кук}}$, навпаки, зростає (піки 1 та 2 – рис. 4.15, в). Очевидно, більшою мірою відбувається взаємодія між білками борошна та кефіру (які знаходяться в добре гідратованому стані), ніж між білками різних видів борошна (які потрапляють в тісто в сухому вигляді та потребують певного часу для гідратації, що полегшує міжмолекулярні взаємодії у білкових макромолекулах).

Як підтверджують дані, наведені в табл. 4.10, загальний вміст азоту в тіста на кефірі є вищим, що пояснюється наявністю додаткової кількості молочних білків у тісті. При цьому відхилення щодо загальної кількості білкового азоту у зразках тіста з борошняної суміші практично не змінюється (знаходиться в межах допустимої похибки).

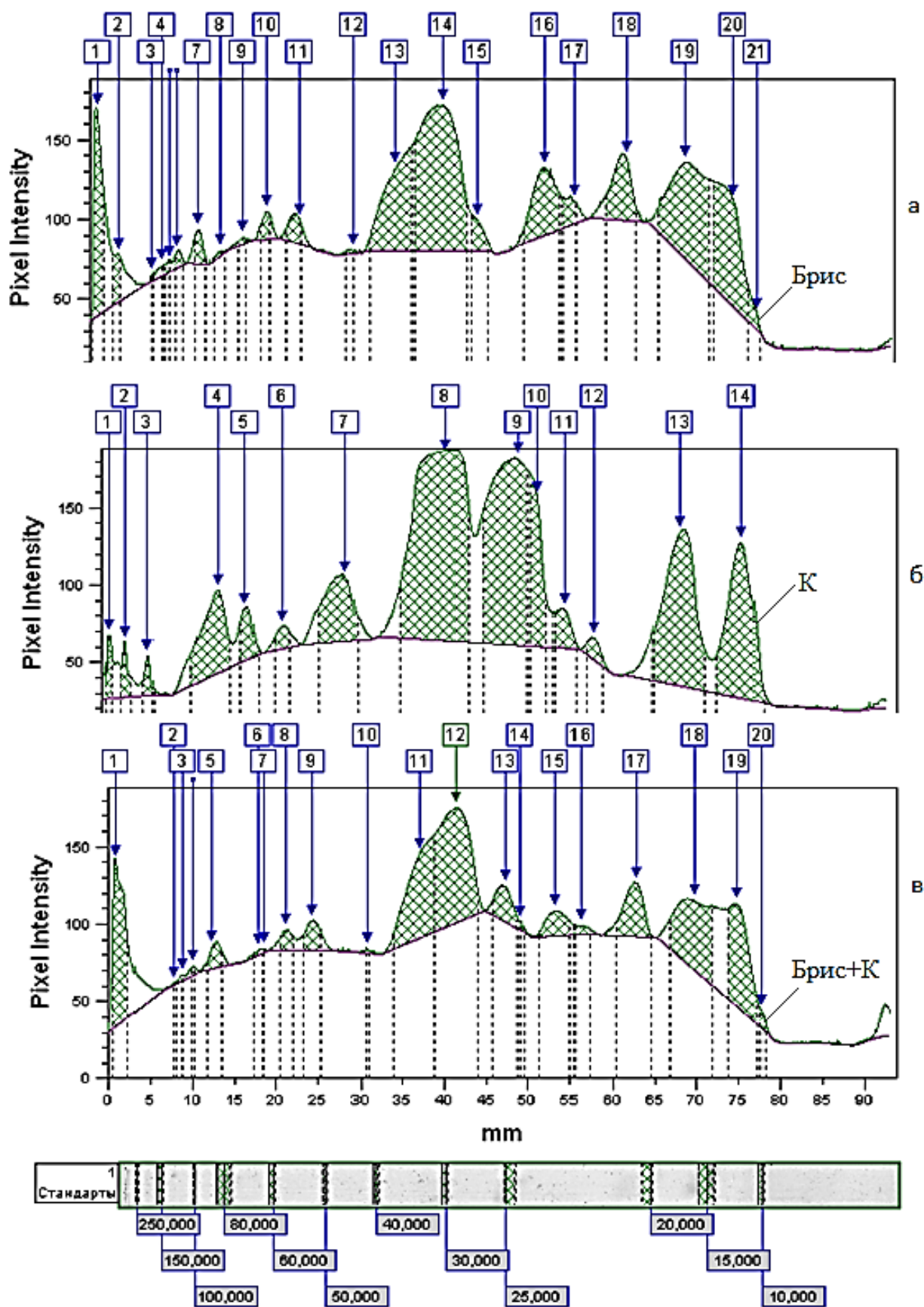


Рис. 4.14. Криві ММР зразків: а – тісто з борошна рисового (Б_{рис}) на воді; б – кефір (К); в – тісто з Б_{рис} на кефірі (Б_{рис}+К)

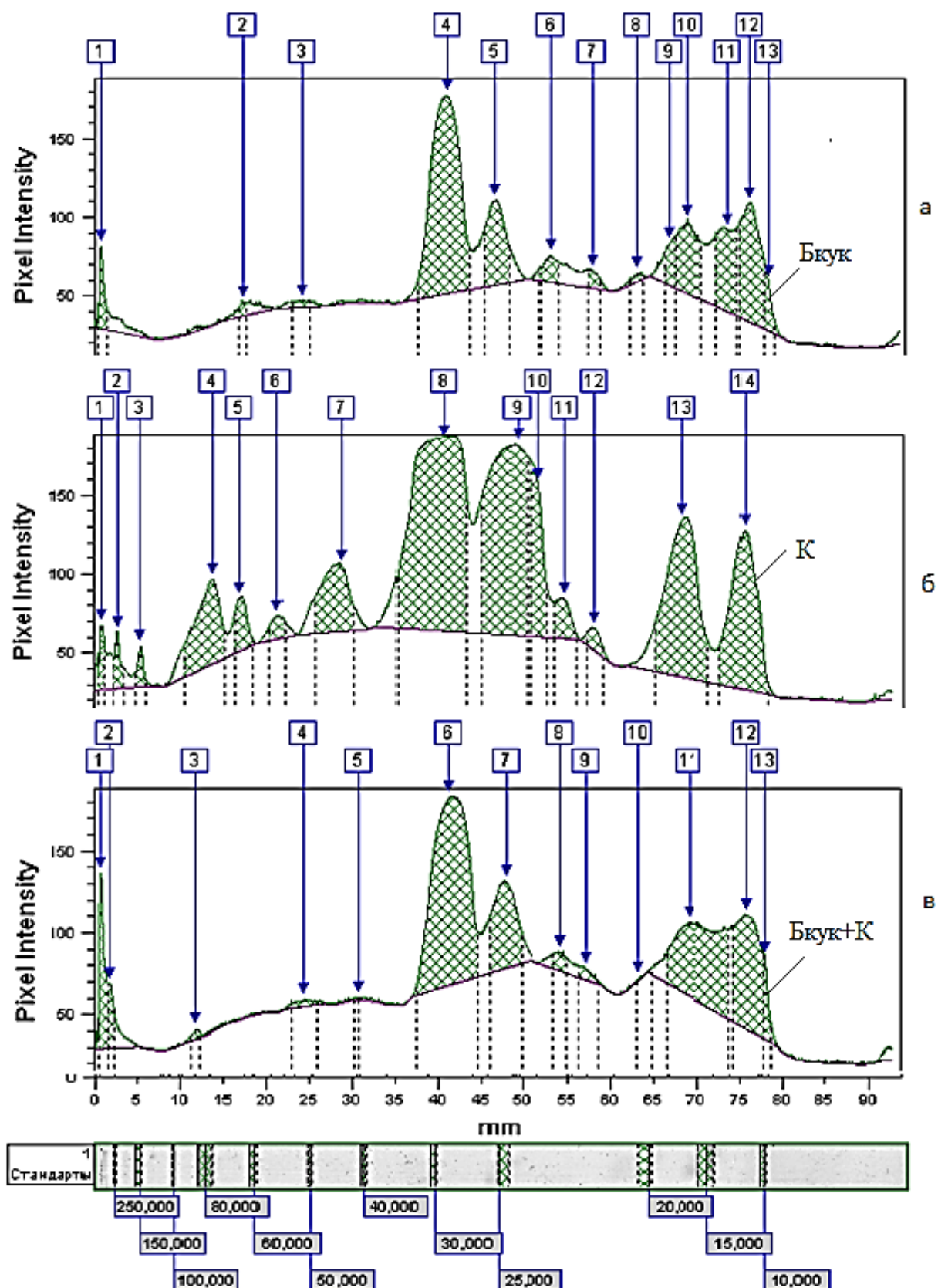


Рис. 4.15. Криві ММР зразків: а – тісто з борошна кукурудзяного ($B_{\text{кук}}$) на воді; б – кефір (К); в – тісто з $B_{\text{кук}}$ на кефірі ($B_{\text{кук}}+K$)

Вміст азоту в зразках тіста з різною борошняної сировиною та рідкою фазою

| Зразок | Вміст азоту, мг/г матеріалу, | | |
|--|------------------------------|-----------|-------------|
| | загального | білкового | залишкового |
| Рідка фаза тіста – вода | | | |
| Борошно рисове | 12,77 | 12,28 | 0,49 |
| Борошно кукурудзяне | 11,79 | 11,05 | 0,74 |
| Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 (експеримент) | 12,52 | 11,79 | 0,74 |
| Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 (розрахунок) | 12,47 | 11,91 | 0,56 |
| Відхилення (експ.-розрах.) абсолютне | 0,04 | -0,12 | 0,17 |
| Відхилення (експ.-розрах.) відносне | 0,35 | -1,03 | 23,65 |
| Рідка фаза тіста – кефір | | | |
| Борошно рисове | 16,25 | 15,43 | 0,81 |
| Борошно кукурудзяне | 15,16 | 14,08 | 1,08 |
| Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 (експеримент) | 15,43 | 14,62 | 0,81 |
| Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 (розрахунок) | 15,92 | 15,02 | 0,89 |
| Відхилення (експ.-розрах.) абсолютне | -0,49 | -0,40 | -0,08 |
| Відхилення (експ.-розрах.) відносне | -3,1 | -2,7 | -9,1 |

Узагальнюючи вищевикладене, можна ґрунтовно стверджувати, що в тісті з безглютенової борошняної сировини відбуваються міжмолекулярні взаємодії між макромолекулами різних видів борошна. Якщо в якості рідкої фази тіста застосовувати кефір, який є джерелом добре гідратованих молочних білків, то взаємодії відбуваються в першу чергу між білками борошна та кефіру. Внаслідок таких взаємодій змінюється молекулярно-масовий розподіл між окремими фракціями білків у тісті з утворенням більш високомолекулярних фракцій.

Власне високомолекулярна фракція білків потребує додаткової уваги та пояснень. Деякі дослідники навіть вважають глютеніни самим важливим детермінантом структури та еластичності тіста, а також якості пшеничного борошна [188]. Подальшими дослідженнями встановлено, що хлібопекарська якість борошна пшеничного має тісний взаємозв'язок із складом субодиниць з молекулярною вагою у діапазоні від 90 до 140 kDa, так званих високомолекулярних

глютенінів (HMW) [189]. У роботах [190, 191] показано, що для англійських пшениць, а також пшениць з інших країн світу значне покращення хлібопекарських властивостей можна одержати оптимізацією складу високомолекулярних субодиниць глютеніну. Як свідчать результати наших досліджень, зростає пік близько 80 kDa (пік 4 зразка $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ 70/30).

Можна припустити, що збільшення частки фракції, подібної високомолекулярним глютенінам пшениці, сприятиме збалансуванню хлібопекарських властивостей безглютенової борошняної сировини у вигляді суміші дослідженого складу. Така трактовка експериментальних даних дозволяє задовільно пояснити особливості прояву властивостей бездріжджового безглютенового тіста з добавками. Якщо висунуті припущення щодо перетворень молекулярно-масового розподілу фракцій білкових макромолекул у присутності добавок є вірними, вони можуть супроводжуватись певними змінами конформаційного стану білків та мають бути підтверджені інфрачервоноспектроскопічним аналізом.

4.5. ІЧ-спектроскопічний аналіз білків різної борошняної сировини та додавання добавок

Інфрачервона спектроскопія – це сучасний і точний метод вивчення будови молекул. Інтерпретація зсувів характеристичних частин і їхньої інтенсивності дозволяє пояснити вплив різних факторів на конформаційні зміни в макромолекулах біополімерів.

З усього випромінювання, яке падає, молекула поглинає випромінювання тільки в тих значеннях довжини хвиль, які можуть змінити її енергетичний стан. Найчастіше для аналізу білків застосовують такі смуги ІЧ-спектрів [192, 193] (рис. 4.16): смуга Амід А – 3300 см^{-1} ; іноді $3100 - 3080 \text{ см}^{-1}$ (Амід В); Амід І – $1700-1600 \text{ см}^{-1}$; Амід ІІ – $1600-1500 \text{ см}^{-1}$; Амід ІІІ – $1350-1570 \text{ см}^{-1}$.

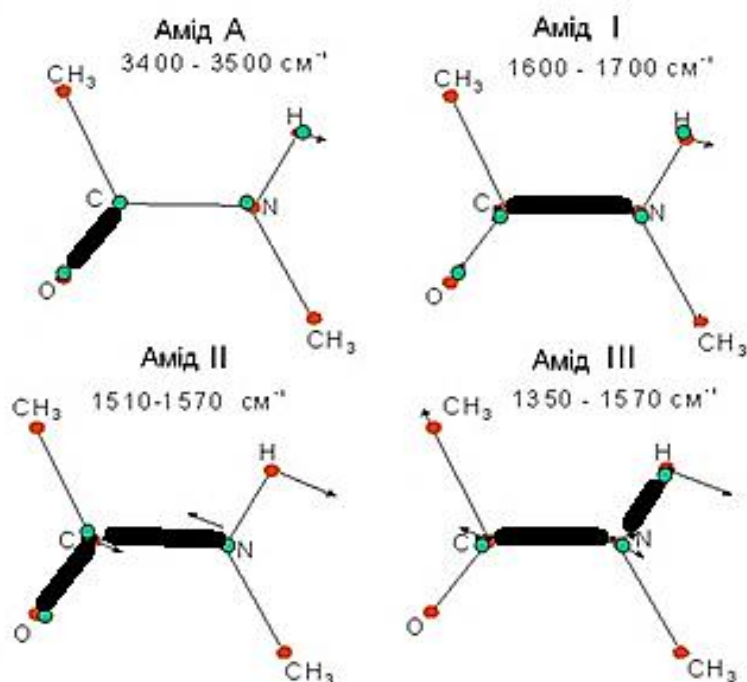


Рис. 4.16. Діапазони частот різних амідних смуг у модельних структурах

Основні положення максимуму смуг поглинання у спектрі води, обрані дослідження, наступні: крутильне $V_L - 780 \text{ cm}^{-1}$; деформаційне $V_2 - 1645 \text{ cm}^{-1}$; складове $V_L + V_2 - 2150 \text{ cm}^{-1}$; валентне симетричне $V_1 - 3450 \text{ cm}^{-1}$; валентне асиметричне $V_3 - 3600 \text{ cm}^{-1}$; обертони $2V_2 - 3290 \text{ cm}^{-1}$ [194].

Об'єктами досліджень були наступні зразки тіста з різних видів борошна: рисового ($B_{\text{рис}}$), кукурудзяного ($B_{\text{кук}}$) та їх суміш. В якості рідкої фази тіста застосовували воду та 0,5%-вий розчин Na КМЦ, а також сироватку молочну (як модельна система молочних білків, подібних білкам кефіру). Для виявлення можливих змін просторової структури білків у присутності Na КМЦ як рідку фазу модельної системи застосовували сироватку для створення умов для набрякання, оскільки при використанні кефіру виникали складнощі. Результати наведені в додатку А6 (в інтервалі поглинання $4000 \dots 400 \text{ cm}^{-1}$).

За даними ІЧ-спектроскопії появи смуги поглинання в області $3550\text{-}3650 \text{ cm}^{-1}$ характеризує наявність незв'язаної ОН-групи. Бачимо, що у даних зразків присутня широка смуга поглинання в інтервалі $3040\text{-}3700 \text{ cm}^{-1}$ з піком поглинання 3435 cm^{-1} . Це вказує на значний внесок у структурну організацію міжмолекулярних водневих зв'язків. За використання $B_{\text{кук}}$ сумісно з сироваткою

і Na КМЦ інтенсивність цієї смуги поглинання суттєво зменшується, тобто зменшується кількість вільних ОН-груп в присутності добавок. Тобто, можна припустити, що взаємодія між борошном і добавками відбувається через водневі зв'язки шляхом зв'язування гідроксогруп.

У зразку з $B_{\text{кук}}$ зменшується смуга поглинання з піком 2925 см^{-1} , одночасно зростає смуга поглинання з піком 1230 см^{-1} , а також з'являється нова – 1440 см^{-1} . Наявність піків в інтервалі $2950...2920 \text{ см}^{-1}$ вказує на асиметричні та симетричні валентні коливання $-\text{CH}_3$ групи разом з валентними коливаннями групи $-\text{C}-\text{H}$.

Для встановлення змін під впливом рідкої фази, нами проведено порівняльний аналіз ІЧ-спектрів тіста на основі $B_{\text{рис}}$ на воді (контроль), сироватці та з додаванням 0,5%-вого розчину Na КМЦ (рис. 4.17).

Найбільш суттєві відмінності відмічено у дослідного зразка, який містить Na КМЦ, порівняно з контролем (тісто на воді). Бачимо, що на ІЧ-спектрі зразка тіста в присутності Na КМЦ порівняно зі спектром контрольного зразка (на воді) спостерігається посилення інтенсивності смуги валентної асиметричної моди V_1 при 3434 см^{-1} , деяке зростання інтенсивності смуги поглинання складової $V_L + V_2$ при 2155 см^{-1} при незмінній смузі поглинання деформаційної моди V_2 при 1645 см^{-1} . При цьому зміщення в бік менших або більших хвильових чисел не відбувається.

Відомо, що ядра атомів молекул на певній відстані від фіксованих положень відносно одне від одного знаходяться у безперервному коливальному стані [194] (рис. 4.18). На нашу думку, це означає, що при майже незмінному деформаційному коливанні збуджуються коливання моди V_1 , тобто рух ядер вздовж напрямку О-Н зв'язків (мода валентних коливань розтягування). Це можна пояснити збільшенням в присутності Na КМЦ кількості гідроксильних груп, які беруть участь в утворенні додаткових водневих зв'язків.

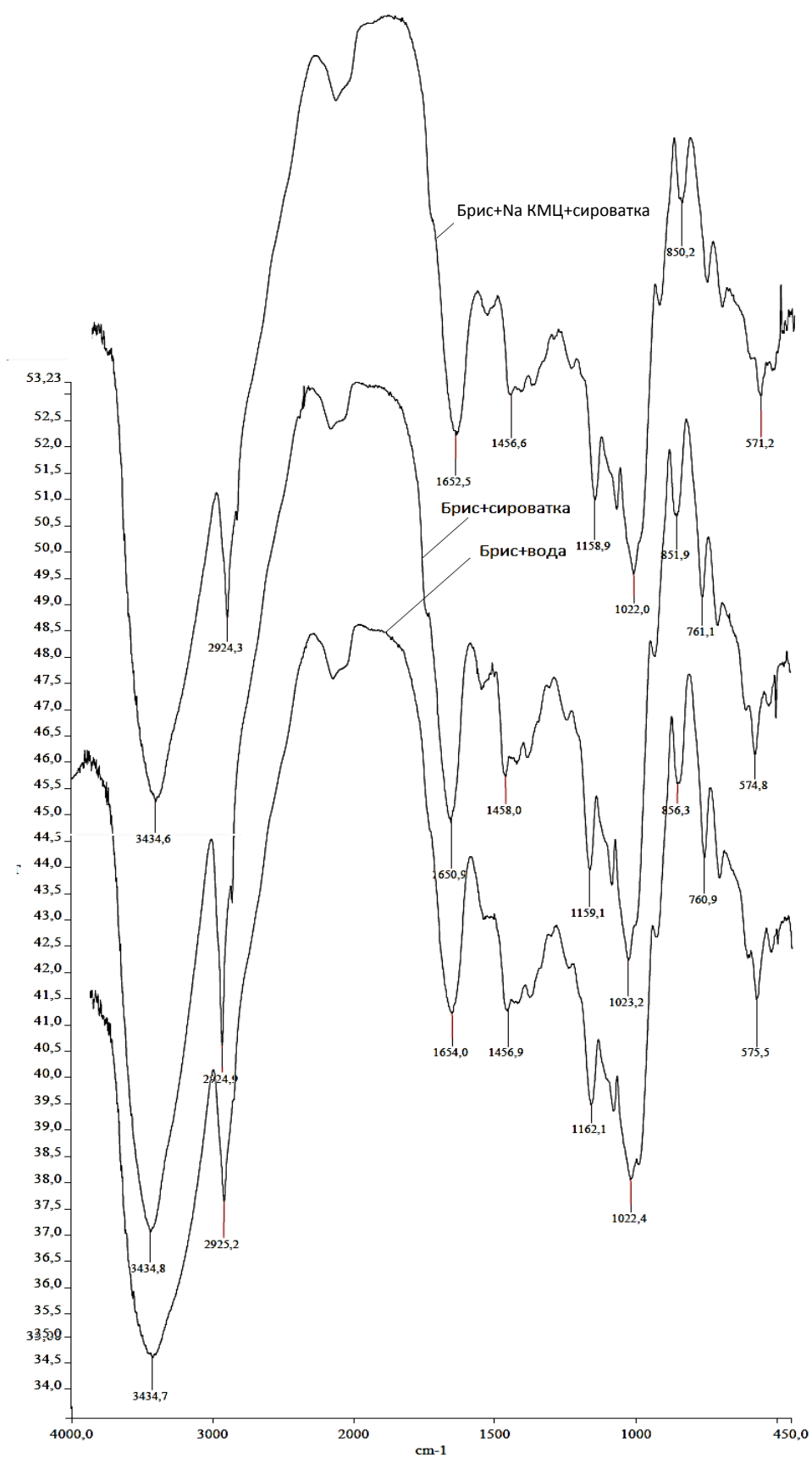
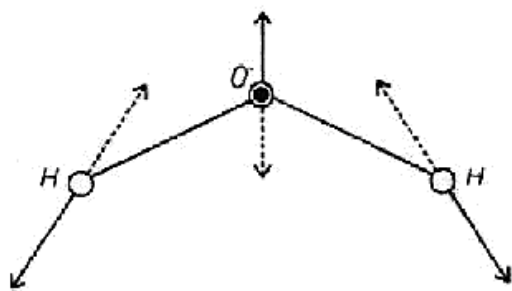


Рис. 4.17. Порівняльний аналіз ІЧ-спектрів тіста з борошна рисового на воді, сироватці та з 0,5%-вим розчином Na КМЦ

Рис. 4.18. Коливання V_1 молекул води [194]

На наступному етапі проведено порівняльний аналіз ІЧ-спектрів тіста з борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші 70/30 без добавок та в присутності КТБ (Сканпро Т95). Результати представлено на рис. 4.19..4.20 та в табл. 4.11. Основні відмінності стосуються піків поглинання, позначених на рис. 4.19 як А, Б, В, Г, Д, Ж та З.

Як видно зі спектрів, пік смуги поглинання Амід А за інтенсивністю є приблизно однаковим для всіх зразків. Широка смуга поглинання в інтервалі $3450...3200\text{ см}^{-1}$ свідчить про наявність міжмолекулярних водневих зв'язків. Зазначимо, що частоту основного максимуму в інтервалі від 3280 до 3310 см^{-1} мають α - і β -форми поліпептидів, а також конформація неупорядкованого клубка білкової макромолекули. Пік поглинання в області $2900...2850\text{ см}^{-1}$ відповідає валентним коливанням С-Н у $-\text{CH}_3$ та $-\text{CH}_2-$, які притаманні напевне боковим радикалам різної природи. Спектри усіх зразків мають інтенсивну смугу карбонільного поглинання (Амід І). Спектральні характеристики смуг Амід І усіх зразків тіста (а саме, ширина цих смуг) дозволяють зробити припущення щодо можливості існування різних молекулярних форм білків (α -спіралей і β -форм).

Детальний аналіз смуги коливання Амід ІІ свідчить, що для зразків тіста з борошняної суміші спостерігається розщеплення цієї смуги на два компоненти – додатково з'являються піки 1542 см^{-1} та 1544 см^{-1} (особливо в присутності КТБ). Це однозначно вказує на утворення паралельного упакування поліамідних ланцюгів та відповідні міжмолекулярні білок-білкові взаємодії. Також у вказаних зразках з'являються смуги поглинання Амід ІІІ, що може бути пов'язано зі скелетними коливаннями бокових ланцюгів за участю кутів типу ССН.

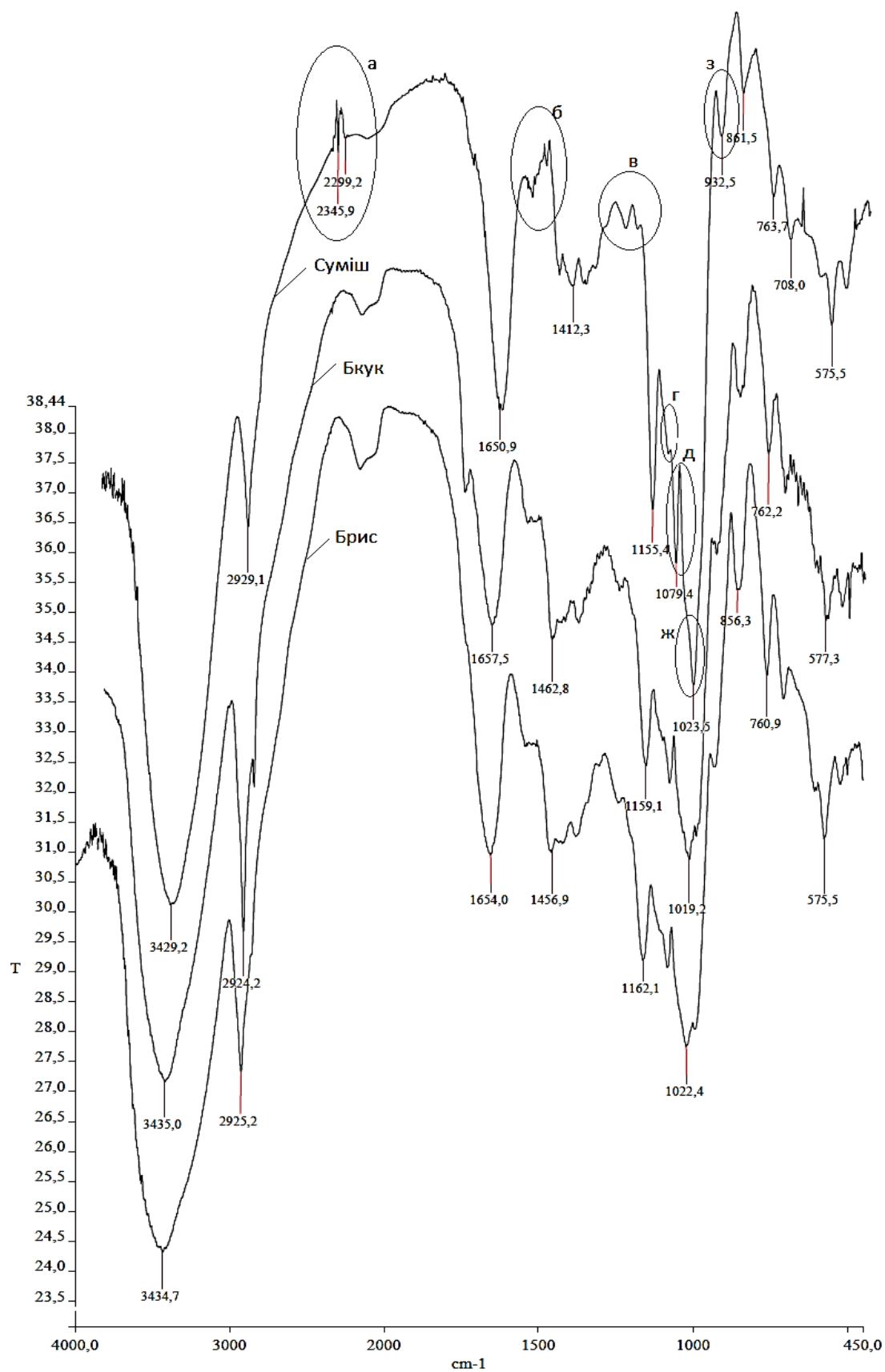


Рис. 4.19. Порівняльний аналіз ІЧ-спектрів тіста з борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$

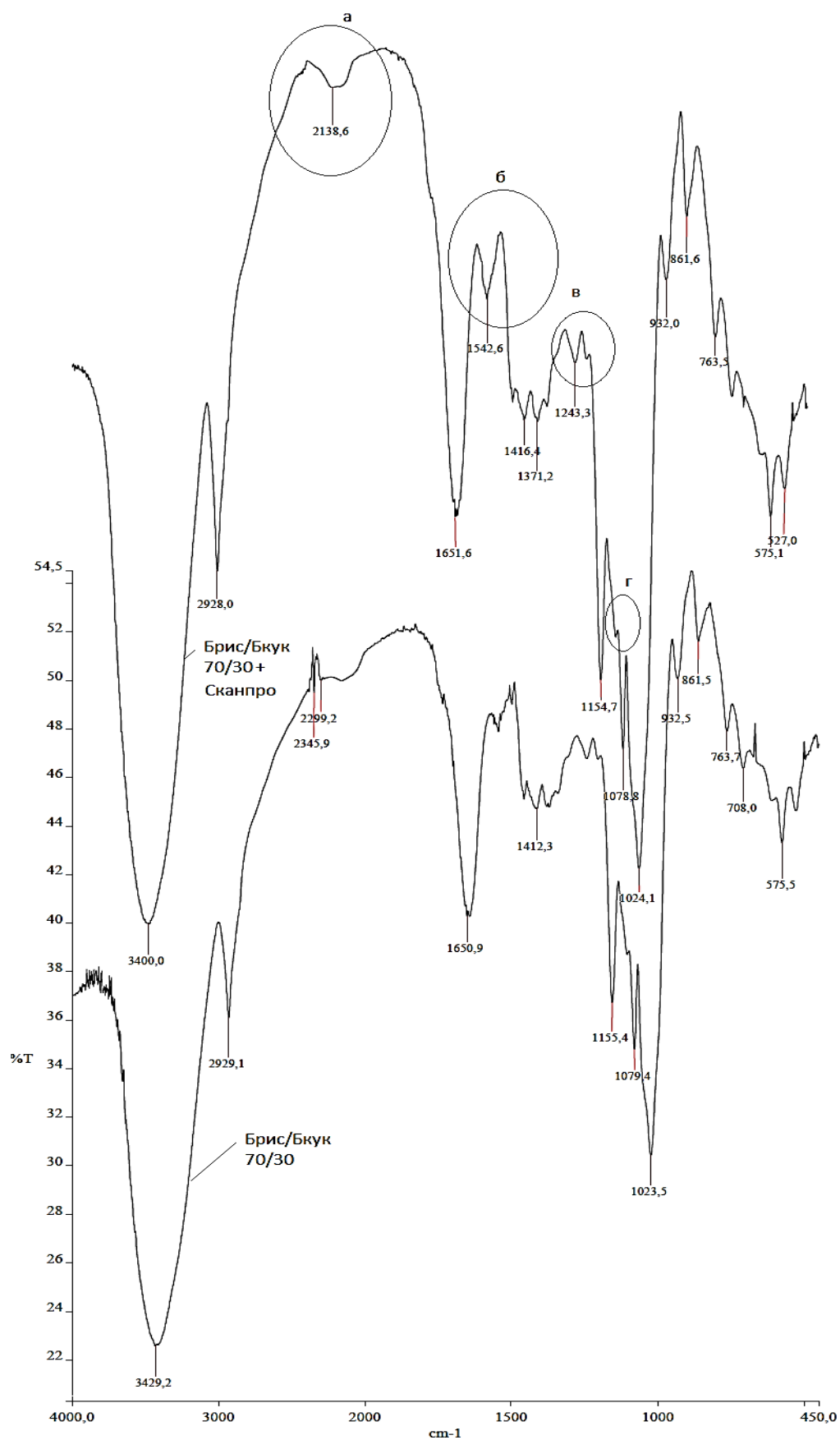


Рис. 4.20. Порівняльний аналіз ІЧ-спектрів тіста з борошняної суміші Б_{рис}/Б_{кук} = 70/30 з додаванням Сканпро Т95

**Дані інтерпретації ІЧ-спектрів зразків тіста з борошна рисового,
кукурудзяного, суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ та з додаванням КТБ**

| Діапазон хвильових чисел смуги поглинання, cm^{-1} | Вид коливання | Положення максимуму поглинання, cm^{-1} | | | |
|---|---------------|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | $B_{рис}$ | $B_{кук}$ | 70/30 | 70/30+ КТБ |
| 3450 Валентні коливання -ОН (сильні) | | 3434 | 3435 | 3429 | 3400 |
| 3400...3300 Амід А | | | | | |
| 2950...2850 Валентні коливання С-Н у -CH ₃ та -CH ₂ - (слабкі коливання) | | 2925 плече | 2924 2853 | 2929 | 2928 |
| 2200...2100 Вода, складове $V_L + V_2$ | | 2155 | 2154 | - | 2138 |
| 1725...1700, коливання RCOOH | | | 1742 1757 1762 | 1738 плече | |
| 1700...1600 Амід І | | 1654 | 1657 | 1650 | 1651 |
| 1575...1480 Амід ІІ | | 1456 | 1462 | 1544, 1417 1379 | 1542, 1416 1371 |
| 1300...1230 Амід ІІІ | | | | 1244 | 1243... |
| 1160 Валентні коливання >C=O та >C=C<O ; деформаційні маятникові >CH_2 ; деформаційні >C-OH ; складно-ефірних сульфатних зв'язків | | 1162 | 1159 | 1155 | 1154 |
| 1030...1100 Ймовірні скелетні коливання пептидної групи | | | 1006 плече | 1104 | 1104 |
| | | 1082 | 1083 | 1079 | 1078 |
| | | 1022 | 1019 | 1023 | 1024 |
| 930 Коливання містку 3,6-ангідро-галактози | | 925 | - | 932 | 932 |
| 850 Коливання містку С-О-S у зв'язку з С-4 | | 856 | 854 | 861 | 861 |

На підтвердження цієї думки – поява піків поглинання 1104 cm^{-1} та посилення інтенсивності піків поглинання 1079 cm^{-1} та 1023 cm^{-1} . Можливо, посилення вказаних змін зумовлює зменшення коливання містку С-О-S (861 cm^{-1}).

Таким чином, встановлені зміни ІЧ-спектрів досліджених зразків тіста можуть бути пояснені двома обставинами: виникненням міжмолекулярних взаємодій між білковими макромолекулами та певним обмеженням рухомості молекул води в тісті. Припущення, що вказані обставини є наявними, підтверджено відмінностями в характері зв'язування іонів білковими речовинами в присутності добавок, наведеними в наступному підрозділі, присвяченому титриметричному аналізу іонозв'язувальної здатності білків.

4.6. Іонозв'язувальна здатність білків

Нами обрано потенціометричне титрування як метод дослідження, найбільш інформаційний і заснований на здатності білків виявляти буферні властивості. Він дозволяє кількісно встановити зв'язані іони (H^+ або OH^-) водно-борошняною суспензією. Нами обрано наступний алгоритм експериментального дослідження. Наприклад, експериментально визначали кількість зв'язаних іонів суспензією борошна рисового та суспензією борошна кукурудзяного. Далі титруванню піддавали водно-борошняну суспензію суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ у співвідношенні 70/30 % і визначали кількість зв'язаних іонів білками обох видів борошна за умови, що взаємодія між ними як складовими борошняної суміші є потенційно можлива. Вважали, що взаємодія між білками різних видів борошна впливатиме на загальну здатність водно-борошняної суспензії зв'язувати іони H^+ або OH^- .

Тому наступним кроком було визначення розрахунковим шляхом сумарної кількості зв'язаних іонів рисовим і кукурудзяним борошном, коли титрування кожного виду борошна проводили окремо, тобто, в умовах, коли взаємодія між їхніми білковими макромолекулами була виключена. Розрахункова крива розташовується між відповідними кривими борошна і є алгебраїчною сумою кількості зв'язаних іонів білками $B_{\text{рис}}$, помноженої на коефіцієнт 0,7, та кількості зв'язаних іонів білками $B_{\text{кук}}$, помноженої на коефіцієнт 0,3 (тобто, з урахуванням співвідношення окремих видів борошна в суміші). Про взаємодію між білковими речовинами борошна (а також з білками добавок) свідчить неспівпадіння двох кривих – експериментальної (для борошняної суміші або в присутності білкової добавки) та розрахункової.

На першому етапі проводили титрування зрізків борошна та борошняної суміші, застосовуючи як рідку фазу суспензії воду (у співвідношенні вода/борошно 45/5) та воду з додаванням кефіру (у співвідношенні вода/кефір/борошно 40/5/5). При цьому наважували 5 г $B_{\text{рис}}$, 5 г $B_{\text{кук}}$ та 5 г суміші (3,5 г $B_{\text{рис}}$ +1,5 г $B_{\text{кук}}$). Результати представлено на рис. 4.21...4.22 та в Додатку А7.

Аналізуючи дані потенціометричного аналізу, наведені для борошняної сировини в присутності кефіру при титруванні кислотою (рис. 4.21), можна ґрунтовно стверджувати про неспівпадіння експериментальної та розрахункової кривих, тим помітніше, чим більша кількість доданої кислоти. Значне розходження спостерігається вже за додавання кислоти в кількості 1мл. Це відповідає 4,7...4,8 за шкалою рН.

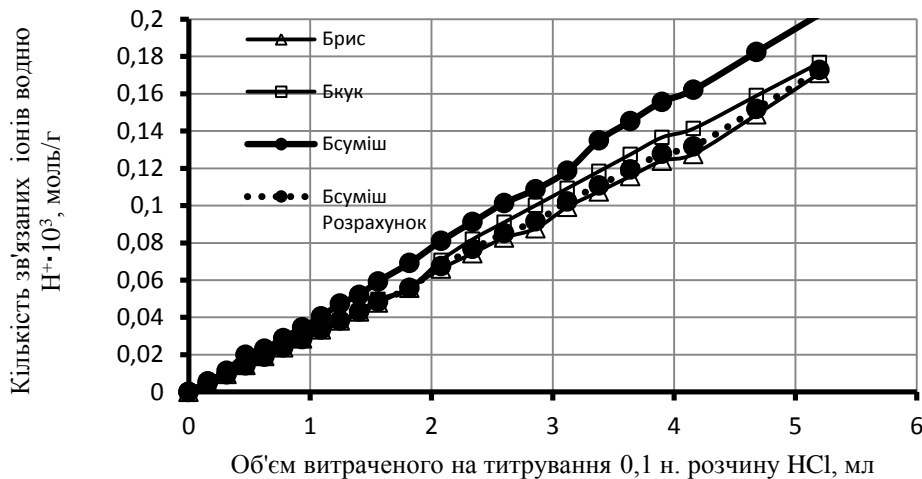


Рис. 4.21. Кількість зв'язаних іонів водню у водно-борошняній суспензії в присутності кефіру (у співвідношенні вода/кефір/борошно 40/5/5) з додаванням борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ при титруванні кислотою

Для кривих на рис. 4.22 неспівпадіння відмічено тільки після додавання 4 мл лугу. Це відповідає рН=6. До цього значення, тобто від рН 4,7...4,8 і до рН 6 спостерігається наступне.

По-перше, повне співпадіння всіх чотирьох кривих, що вказує на те, що в цьому інтервалі рН не відбувається міжмолекулярних білкових взаємодій в системі. По-друге, за введення лугу зростає кількість зв'язаних іонів водню, а не гідроксильних іонів (криві розташовуються в області позитивних значень У). Останнє свідчить, що у вказаному інтервалі значень рН білки в системі (борошна та молочний) виявляють буферні властивості. При значенні рН вище 6 од.

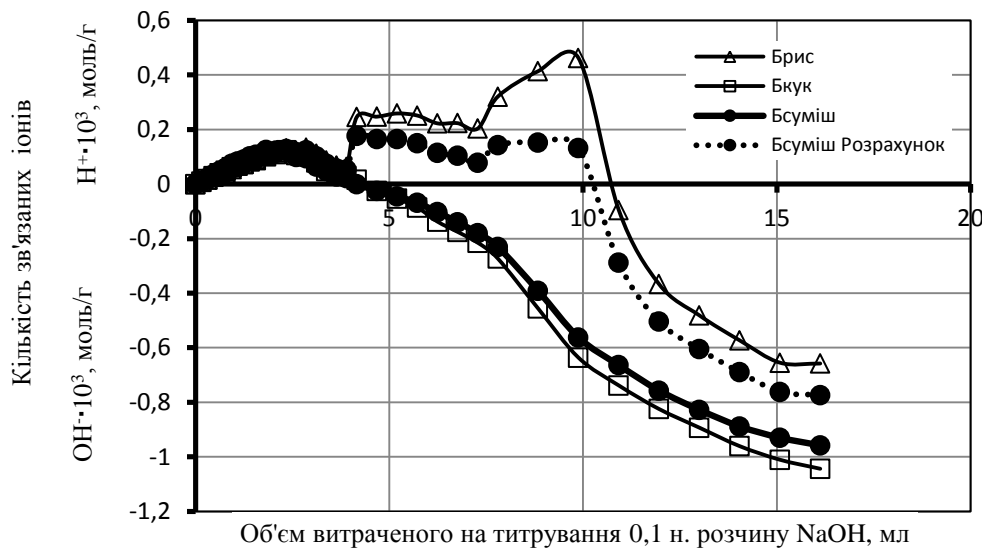


Рис. 4.22. Кількість зв'язаних іонів у водно-борошняній суспензії в присутності кефіру (у співвідношенні вода/кефір/борошно 40/5/5) з додаванням борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ при титруванні лугом

білки рисового борошна яскраво виявляють здатність зв'язувати іони водню (на відміну від білків кукурудзяного борошна). Можна припустити, що за додавання лугу в кількості більше 4 мл вивільнюються певні ділянки білкових макромолекул, які є негативно зарядженими і здатні зв'язувати позитивно заряджені іони водню. А в разі створення системи на основі борошняної суміші різко зростає кількість зв'язаних гідроксильних іонів (аналогічно білкам кукурудзяного борошна). Припускаємо, що саме в цьому інтервалі значень рН найактивніше відбуваються міжмолекулярні взаємодії, внаслідок яких частина негативно заряджених ділянок, здатних зв'язувати позитивно заряджені іони, блокується.

На наступному етапі досліджували вплив білкових добавок (КТБ) на здатність білків борошна зв'язувати іони під час титрування лугом та кислотою. В якості рідкої фази досліджували воду, оскільки згідно технологічних досліджень застосування добавок поліпшувачів є доцільним в разі виключення з рецептури кефіру та включення води. Результати – на рис. 4.23...4.26.

Аналізуючи дані, наведені для борошняної сировини в присутності води при титруванні кислотою (рис. 4.23), можна підтвердити неспівпадіння експериментальної та розрахункової кривих. Подібно зразку на кефірі, неспівпадіння є тим помітнішим, чим більшою є кількість доданої кислоти. Суттєве розхо-

дження спостерігається вже за додавання кислоти в кількості більше 2 мл. Це відповідає 4,3...4,2 за шкалою рН.

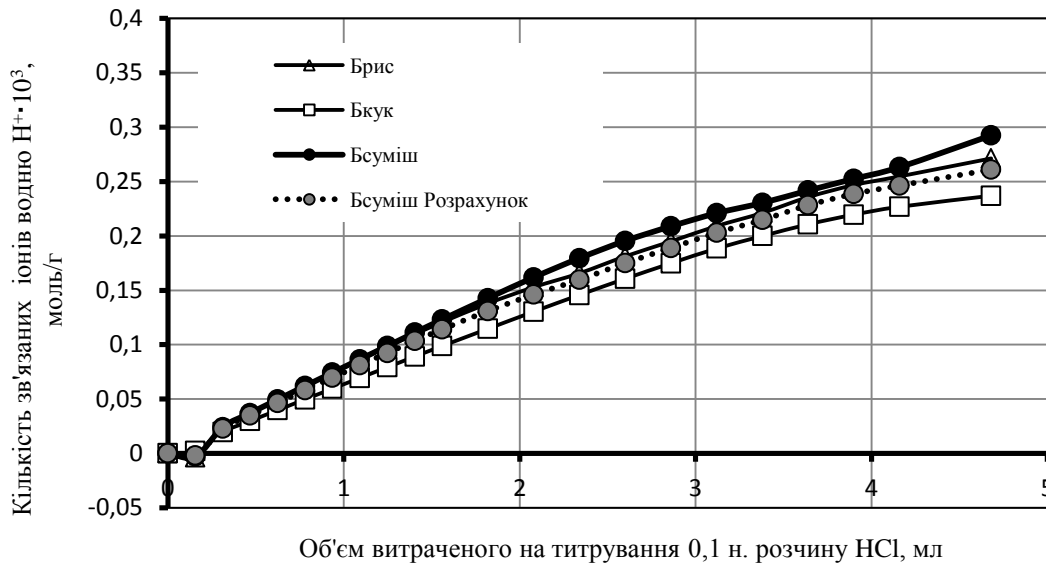


Рис. 4.23. Кількість зв'язаних іонів водню у водно-борошняній суспензії з додаванням борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ при титруванні кислотою

Для кривих на рис. 4.24 відмічено практично повне співпадіння розрахункової та експериментальної кривих. Це дозволяє зробити припущення щодо визначення інтервалу рН, в якому відбуваються міжмолекулярні взаємодії у водно-борошняній суспензії між двома видами рослинних білків, а саме рисового та кукурудзяного борошна. Очевидно, наслідком такої взаємодії є вивільнення певної кількості ділянок з додатковим негативним зарядом. Тому експериментальна кількість зв'язаних іонів водню, що мають позитивний заряд, є вищою, ніж розрахована.

Протилежна тенденція спостерігається за додавання до борошняної суміші тваринного білка (на прикладі Сканпро Т95) (рис. 4.25). При титруванні кислотою експериментальна крива розташовується нижче розрахункової. Інакше кажучи, система зв'язує менше позитивно заряджених іонів, ніж «могла б» (коли взаємодія між білками не відбувається, а макромолекули кожного виду білка зв'язують максимально можливу кількість іонів H^+).

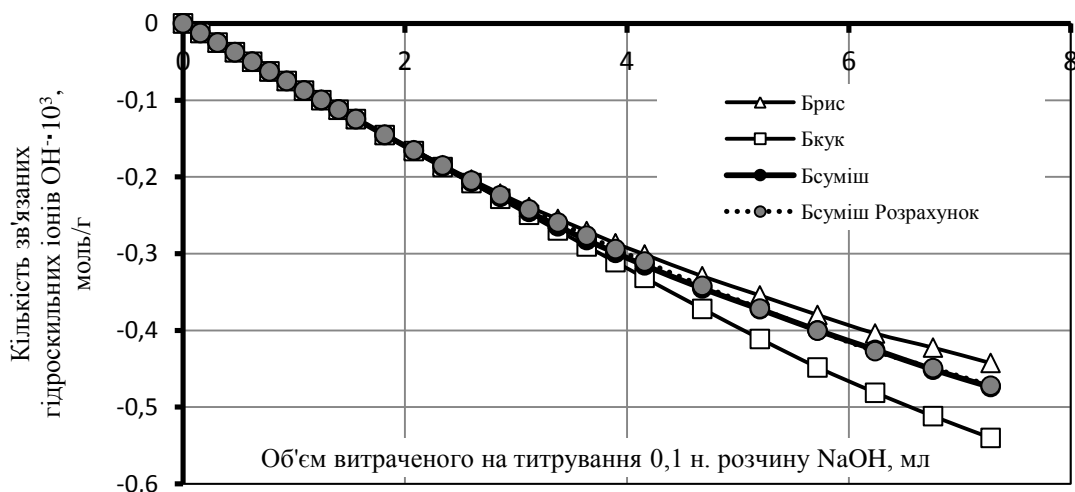


Рис. 4.24. Кількість зв'язаних іонів водню у водно-борошняній суспензії (у співвідношенні вода/борошно 45/5) з додаванням борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ при титруванні лугом

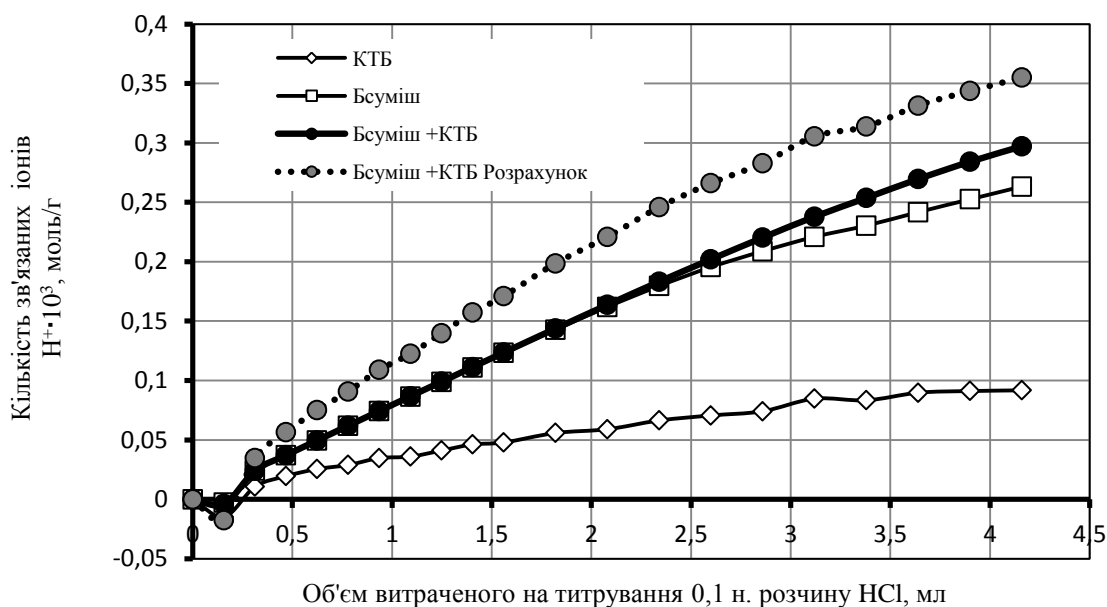


Рис. 4.25. Кількість зв'язаних іонів водню у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ в присутності КТБ при титруванні кислотою

Так, за рН 5,18 (що відповідає 1 мл доданої кислоти) експериментальне значення для зразка $B_{\text{суміш}} + \text{КТБ}$ дорівнює $0,087 \cdot 10^{-3}$ моль/г, теоретичне – $0,122 \cdot 10^{-3}$ моль/г (різниця між ними складає $\Delta = 0,036 \cdot 10^{-3}$); за рН 4,51 (що відповідає 2 мл доданої кислоти) $\Delta = 0,057 \cdot 10^{-3}$ моль/г; за рН 3,5 (4 мл кислоти) $\Delta = 0,059 \cdot 10^{-3}$ моль/г. Як видно, зі зміщенням рН системи в кислий бік зростає різниця між експериментальним і теоретичним значеннями. Можна припустити, що в кислому середовищі у зв'язуванні іонів H^+ бере участь менша кількість аміногруп білкових макромолекул з додатковим негативним зарядом.

Джерелом аміногруп, здатних до активного протонування, є амінокислоти, наявні у Сканпро Т95- аспарагін (6,5 %/100 г білка) або глютамін (10,0 %/100г білка) [195]. Така поведінка в системі під час титрування пояснюється наявністю КТБ та його унікальними властивостями.

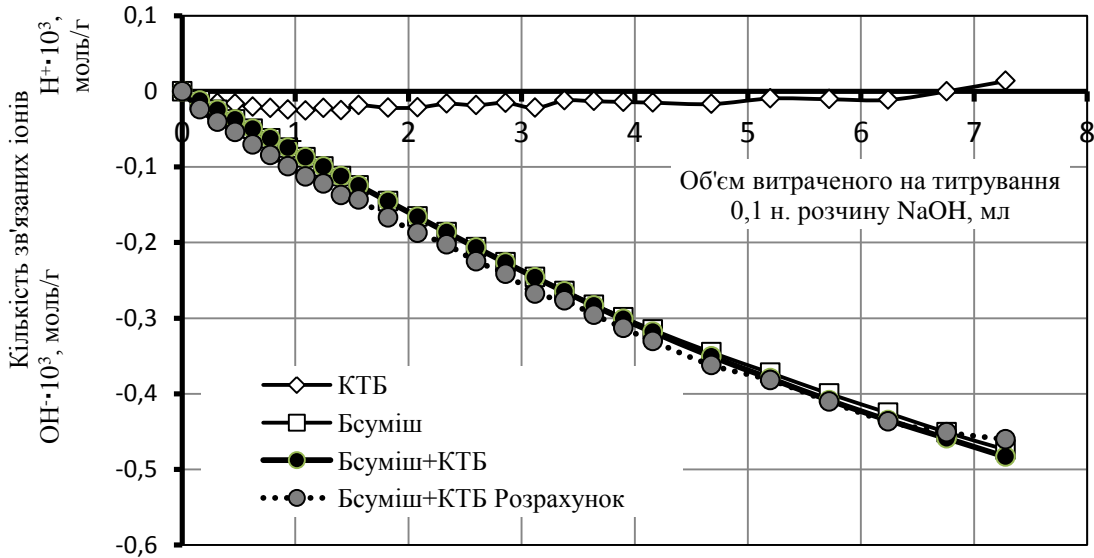


Рис. 4.26. Кількість зв'язаних іонів водню у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ в присутності КТБ при титруванні лугом

Як бачимо (рис. 4.26), ці білки практично не зв'язують гідроксильні іони при титруванні лугом. Узагальнення даних титриметричного аналізу кількісно підтверджує неадитивність зв'язування білками борошняної суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}}$ у співвідношенні 70/30 %): гідроксильних іонів – за додавання молочних білків (рецептурний компонент – кефір); іонів водню – за додавання м'ясних білків (рецептурний компонент – тваринний білок Сканпро Т95, отриманий з вторинної м'ясної сировини). Це, безумовно, вказує на виникнення взаємодій між білками рослинного та тваринного походження у водному середовищі (як рідка фаза безглютенового бездріжджового тіста). Як наслідок – зміни молекулярно-масового розподілу між окремими фракціями білків тіста (розділ 4.4) та конформаційного стану білкових макромолекул (розділ 4.5). Для уточнення можливих змін у стані вуглеводно-аміазного комплексу безглютенового тіста проведено серію експериментальних досліджень, результати яких представлено в наступному підрозділі.

4.7. Стан вуглеводно-амілазного комплексу

Крохмаль як основна складова частина борошна бере активну участь у протіканні деформаційних, колоїдних, біохімічних і мікробіологічних процесів у хлібному тісті. Стан крохмальних зерен та їх здатність до клейстеризації зумовлюють вологопоглинальну і вологоутримувальну здатність борошна, тіста та хліба. Атакуємість крохмальних зерен амілолітичними ферментами борошна разом з іншими чинниками зумовлює забарвлення готової продукції. Продукти ферментативного гідролізу крохмалю є важливими поживними речовинами для дріжджів під час бродіння тіста. Всі ці аспекти повною мірою відносяться до традиційного пшеничного хлібного тіста. Хлібопекарські вироби, які відносяться до групи безглютенових харчових продуктів, в якості основного сировинного компонента містять борошно кукурудзяне, рисове, гречане. Крохмаль відповідного ботанічного походження є головним компонентом безглютенового тіста. На тлі відсутності клейковини роль функціонально-технологічної поведінки крохмалю суттєво зростає. За умов виключення процесу мікробіологічного бродіння в тісті значення показника атакуємість крохмальних зерен під дією амілолітичних ферментів, навпаки, помітно знижується. При нагріванні, тобто на початковому етапі випікання, однією з важливих задач є забезпечення певного рівня в'язкості тіста і збереження наданого в механічний спосіб ступеня розпушення тіста. Це є вагомим аргументом для дослідження колоїдного стану крохмальних зерен (здатності до клейстеризації, визначення рівня в'язкості борошняних суспензій та тіста в цілому). Також важливим є дослідити вплив застосованих добавок.

Відомо, що в рецептури безглютенового хліба залучають різні види борошна, які розрізняються кількістю білка, характеристиками крохмалю (співвідношенням амілози і амілопектину), розподілом часток за розмірами. Відомо, що сорт кукурудзи або процес подрібнення впливають на фізико-хімічні і сенсорні властивості хліба [27]. Щодо рисового борошна, низький вміст амілози призводить до покращання структури хліба, але воскові безамілозні сорти не підходять для безглютенового хліба [28]. Опубліковано значну кількість науко-

вих робіт щодо гідроколоїдів, що використовуються в якості структуруючих агентів, які імітують клейковину та в'язко-пружні властивості безглютенового хліба. Проте, переважна більшість цих робіт присвячена актуальним питанням виробництва безглютенового хліба з використанням дріжджів в якості розпушувачів тіста. Інакше кажучи, реологічні властивості таких тістових мас повинні забезпечувати максимальне збереження пухирців газу протягом тривалого бродіння, а також на першому етапі випікання. Вважаємо, що у виробництві безглютенового бездріжджового тіста технологічна концепція полягає в наступному. По-перше, необхідно забезпечити максимальну піноутворюючу здатність рецептурної суміші, по-друге – максимальну стійкість такої піни протягом нетривалої обробки тіста (розміщення тіста у форми) та на початковому етапі випікання.

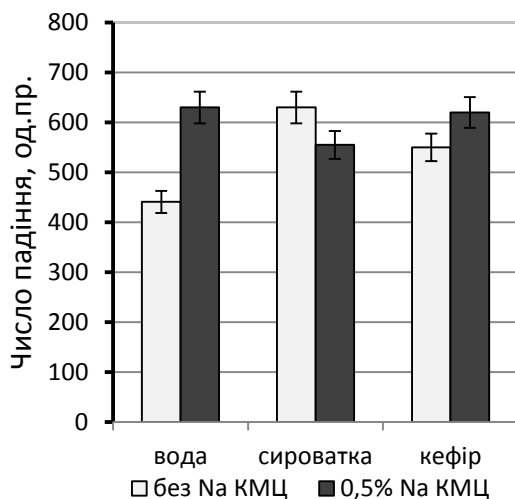
Наразі відсутнє чітке пояснення причини стійкості пінних структур. Дослідники, що займаються цим питанням, в якості основної причини брали різні чинники. Так, Гіббс пояснює стійкість пінних плівок підвищенням поверхневого натягу в місці розтягнення. На думку Плато, в пінних плівках в'язкість рідини дуже висока, а це сильно уповільнює і практично зупиняє їх потоншення. На погляд Дерягіна, стабільність пін пов'язана з розклинюючим тиском в тонких рідких шарах [196]. Агрегативна стійкість пін пов'язана з їх здатністю зберігати постійний дисперсний склад. Кінетична стійкість пов'язана з витіканням рідини з пінних плівок і каналів Плато-Гіббса. В даний час загально визнано, що поверхнева в'язкість не може бути визначальним фактором стабільності пін, хоча встановлена кореляція між цими властивостями. В'язкість адсорбційного шару і плівки в цілому різко підвищується при додаванні в розчин ПАР незначних кількостей (тисячних часток відсотка) стабілізатора. Введення поверхнево-активних речовин має в цілому збільшувати здатність рідини до піноутворення. Утворення стійких пін сприяють також і збільшення в'язкості рідини, зменшення летючості її, а також і механічна міцність піни, яка залежить від явища поверхневої орієнтації молекул. Узагальнюючи вищевикладене, можна вважати, що для поліпшення пористої структури безглютенового бездріжджового

хліба актуальними вважаємо дослідження модельних водно-борошняних суспензій та вплив на них гідроколоїдів разом з білковими добавками як фактор стабілізації піноподібної структури безглютенового тіста. Щодо використання концентратів тваринних білків для корекції структури безглютенового хліба, в роботах вітчизняних вчених [159, 161] показано, що за додавання Геліос-11 та Сканпро Т95 максимальна в'язкість борошняних суспензій (на основі $B_{\text{кук}}$) зменшується дуже незначно, а в присутності ферменту трансглютаміназа зростає. Відмічається також помітне зниження температурних меж початку та закінчення процесу клейстеризації в разі додавання Геліос-11 порівняно з желатином. Припускають, що більш низька в'язкість суспензії безглютенового борошна в присутності білків і ферменту позитивно впливатиме на процес тістоутворення, враховуючи високу в'язкість тістових мас на основі безглютенових видів борошна. Наукових даних стосовно сумісного впливу гідроколоїдів та білкових добавок на стан вуглеводно-амілазного комплексу безглютенової борошняної сировини в сучасних інформаційних джерелах нами знайдено не було. Тому метою дослідження було визначення впливу різних видів безглютенової борошняної сировини та Na КМЦ на реологічні властивості модельних водно-борошняних суспензій з використанням різних рідких фаз.

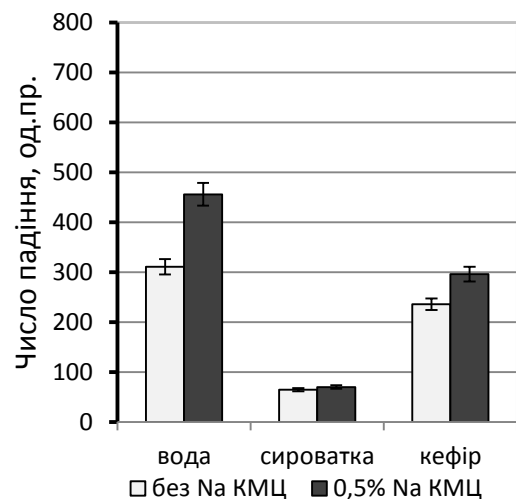
Об'єктами досліджень були наступні види борошна: рисове ($B_{\text{рис}}$), кукурудзяне ($B_{\text{кук}}$), їх суміш ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70\%/30\%$) згідно діючої нормативної документації, Сканпро Т95, водно-борошняні суспензії. В якості матеріалів досліджень були застосовані 0,5 %-вий водний розчин Na КМЦ, вода питна, сироватка, кефір (застосування цієї сировини було можливим, враховуючу рідку консистенцію дослідних зразків).

Встановлено, що використання різних видів борошна суттєво впливає на досліджуваний показник (рис. 4.27). В якості застосування $B_{\text{рис}}$, в'язкість систем стрімко зростала – від 440 од. пр. у контрольного зразка (вода) до 550–630 од. пр. (кефір, сироватка) (рис. 4.27 а). Це погоджується з існуючою оцінкою $B_{\text{рис}}$ як високоефективної сировини для безглютенового хліба з урахуванням якості готового продукту. Додавання Na КМЦ сприяло подальшому під-

вищенню досліджуваного показника. Значення зразка на основі $B_{\text{кук}}$ (рис. 4.27 б) були нижчими порівняно з $B_{\text{рис}}$. Показники ЧП зразка на основі суміші « $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70\%/30\%$ » (рис. 4.27 в) мали проміжні значення порівняно з вказаними видами борошна. Проте, особливо значне і найбільше зростання ЧП встановлено для зразка на основі борошняної суміші за додавання 0,5 %-водного розчину Na КМЦ – майже до 700 од. пр. Ці дані добре узгоджуються з результатами пробних лабораторних випікань досліджуваних зразків хліба (розділ 3).



а) борошно рисове



б) борошно кукурудзяне

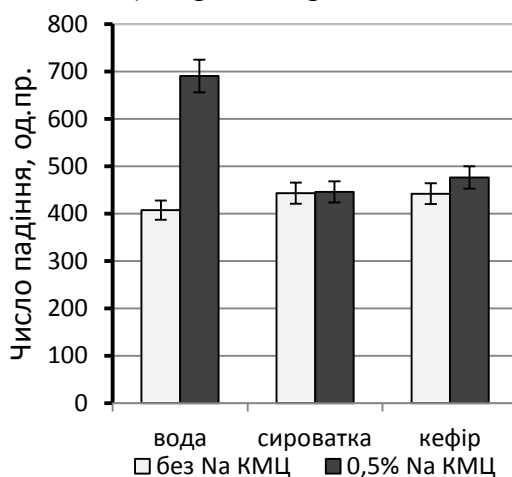
в) $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$

Рис. 4.27. Показник ЧП водно-борошняних суспензій на основі різних видів борошна (а – $B_{\text{рис}}$, б – $B_{\text{кук}}$, в – $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) та рідкої фази (води, сироватки, кефіру) за додавання 0,5 %-го розчину Na КМЦ

Позитивні результати виявлено для хліба з різної борошняної сировини в присутності 0,5 % Na КМЦ, в тому числі найкращі – на основі рисово-кукурудзяної борошняної суміші. За додавання Сканпро Т95 сумісно з Na КМЦ (рис. 4.28) відбувається помітне зменшення показника ЧП майже у два рази порівняно зі зразками, що містять тільки Na КМЦ, наприклад, у зразка з борош-

няної суміші – від 690 од. пр. до 333 од. пр. Припускаємо, що це може бути пов'язано з конкурентним водопоглинанням між білковими (КТБ) та полісахаридними (На КМЦ) речовинами. Якщо білки мають більш високу водопоглинальну здатність вже за низьких температур середовища, то вони можуть спричинити обмежене поглинання води такою добавкою, як На КМЦ. Тому набухання крохмальних зерен і макромолекул На КМЦ відбувається меншою мірою, ніж за відсутності КТБ. В розвиток цього напрямку досліджень в подальшому визначали вплив виду та кількості добавки (На КМЦ, КТБ), виду борошняної сировини ($B_{\text{рис}}$, $B_{\text{кук}}$, $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) на властивості рідкої фази тіста.

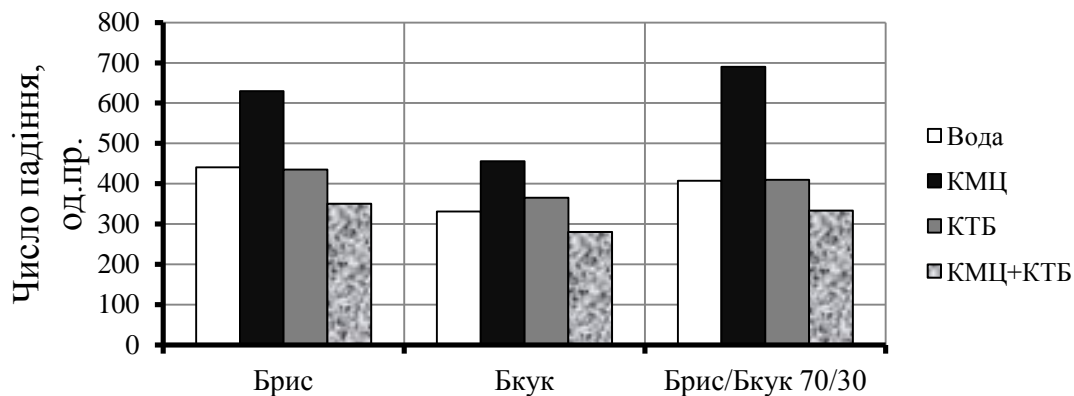


Рис. 4.28. Показник ЧП водно-борошняних суспензій на основі різних видів борошна ($B_{\text{рис}}$, $B_{\text{кук}}$, $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) без добавок та в присутності 0,5 % На КМЦ, 1,0 % Сканпро Т95 та за умов сумісного введення добавок.

4.8. Поверхневі властивості водно-борошняних суспензій в присутності добавок

В розділі 3 нами доведено, що запропоновані добавки для поліпшення безглютенового бездріжджового тіста сприяють поліпшенню пористості піноподібної структури. Слід зазначити, що процес піноутворення є складним через спільний вплив численних фізико-хімічних, фізико-механічних та інших чинників. Закономірності, якими характеризується процес утворення піни, суттєво залежать від умов проведення конкретного технологічного процесу. Безліч змінних параметрів, вплив яких не завжди піддається обліку, значно ускладнює можливість точної кількісної оцінки процесів, що протікають. Тим не менше,

утворення і руйнування шару піни підпорядковується різним закономірностям залежно від поверхневих властивостей розчинів на межі з повітрям і механічних властивостей рідких прошарків між бульбашками. Для дослідження поверхневих явищ на межі розділу фаз (газ-рідина-тверде тіло) доцільно застосувати метод, заснований на вимірюванні поверхневого натягу цієї межі розділу, що дозволяє отримати досить надійні дані за умови, якщо температура, об'єм системи і хімічні потенціали всіх компонентів в обох фазах залишаються постійними. Нами застосовано метод лежачої краплі [200, 201, 202]. Діаметр краплі (у декількох повторях) дорівнював 6 ± 1 мм; це гарантує, що крайовий кут не буде залежати від діаметра. Оскільки відомо, що в разі дуже малих крапельок значним є вплив поверхневого натягу самої рідини (тенденція до формування сферичної краплі), а в разі великих крапель починають домінувати сили гравітації. За цим методом вимірювали кут між твердою поверхнею і рідиною в точці контакту трьох фаз. Додатково застосовували графічний метод визначення формостійкості краплі – через співвідношення висоти краплі до її діаметру (по аналогії з формостійкістю подового хліба). Результати експерименту наведено на рис. 4.29 та в додатку А8, а дані їхньої обробки – в табл. 4.12 та на рис. 4.30...4.31. Під час експерименту дотримували час вимірювання 10 с (однаковий для всіх зразків), оскільки навіть після нетривалого витримання зразків перед вимірюванням спричиняє зміну формостійкості краплі (додаток А8).

Кут змочування (крайовий кут) є основною характеристикою змочування. Це кут нахилу поверхні рідини до змоченої поверхні твердого тіла. Сама ж рідина завжди знаходиться всередині крайового кута. Вершина кута змочування знаходиться на лінії змочування, яка проходить крізь лінію контакту трьох фаз. Було встановлено, що протягом певного проміжку часу відбувається розтікання краплі рідини по поверхні. Тому досліджували всі зразки в однакових умовах – після 10 с розміщення краплі на поверхні.

Аналізуючи дані, наведені на рис. 4.29, слід надати наступні пояснення.

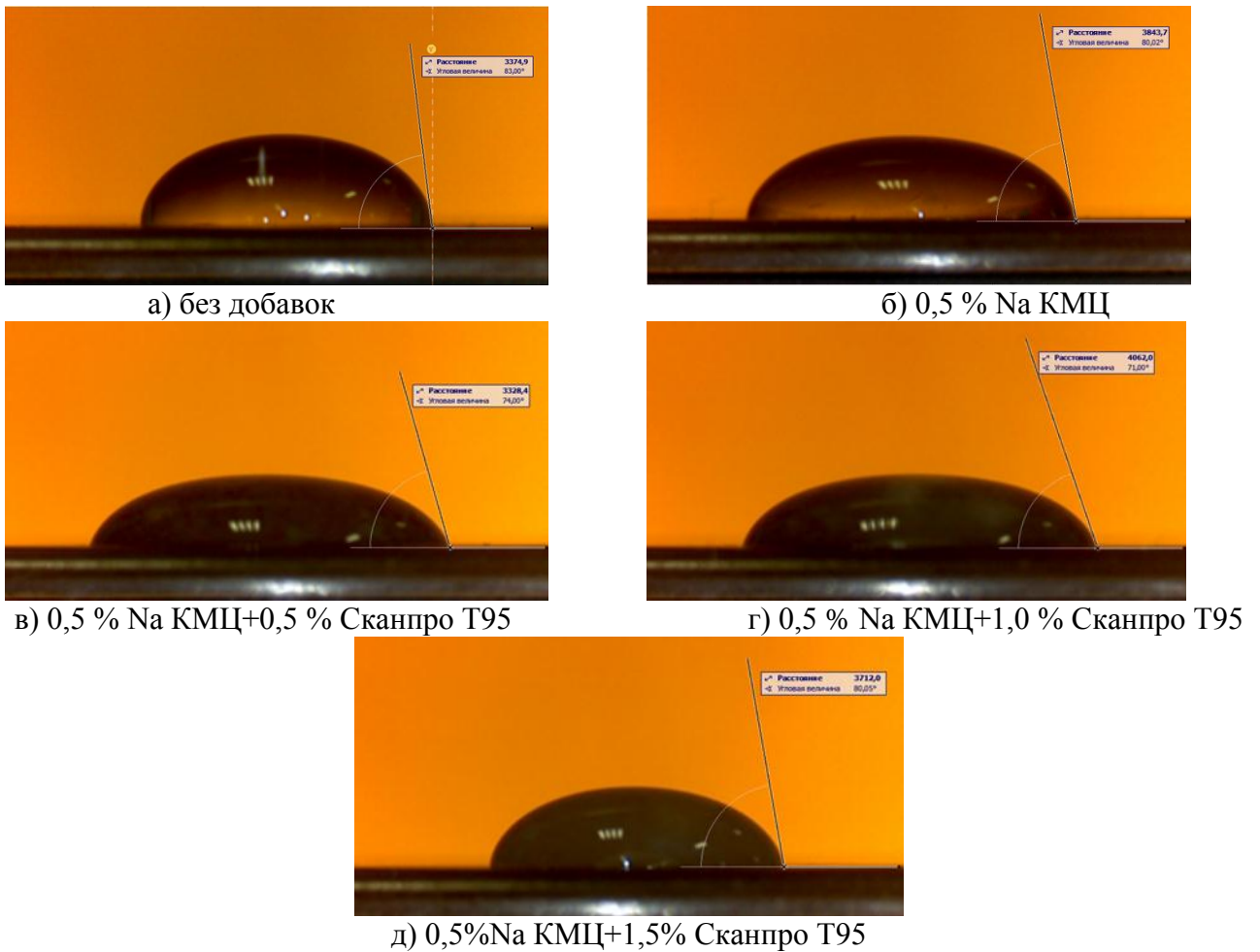


Рис. 4.29. Зовнішній вигляд дослідних зразків – крапель води з добавками: а – без добавок; б – 0,5% Na КМЦ; в – 0,5 % Na КМЦ+0,5 % Сканпро Т95; г – 0,5 % Na КМЦ+1,0 % Сканпро Т95; д – 0,5 % Na КМЦ+1,5 % Сканпро Т95

Таблиця 4.12

Характеристики кута змочування

(n=5, p≤0,05)

| Вид і кількість добавки | Характеристики кута змочування | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| | вода | | вода / $B_{рис}$ | | вода / $B_{кук}$ | | вода / $B_{рис}/B_{кук}$ | |
| | $\alpha, ^\circ$ | $\sin \alpha$ | $\alpha, ^\circ$ | $\sin \alpha$ | $\alpha, ^\circ$ | $\sin \alpha$ | $\alpha, ^\circ$ | $\sin \alpha$ |
| Без добавок | 83 | 0,993 | 72 | 0,951 | 76 | 0,970 | 78 | 0,978 |
| 0,5% Na КМЦ | 80 | 0,985 | 80 | 0,985 | 82 | 0,990 | 79 | 0,982 |
| 0,5% Na КМЦ+ 0,5 Сканпро Т95 | 74 | 0,961 | - | - | - | - | - | - |
| 0,5% Na КМЦ+ 1,0 Сканпро Т95 | 71 | 0,946 | 79 | 0,982 | 80 | 0,985 | 79 | 0,982 |
| 0,5% Na КМЦ+ 1,5 Сканпро Т95 | 80 | 0,985 | - | - | - | - | - | - |

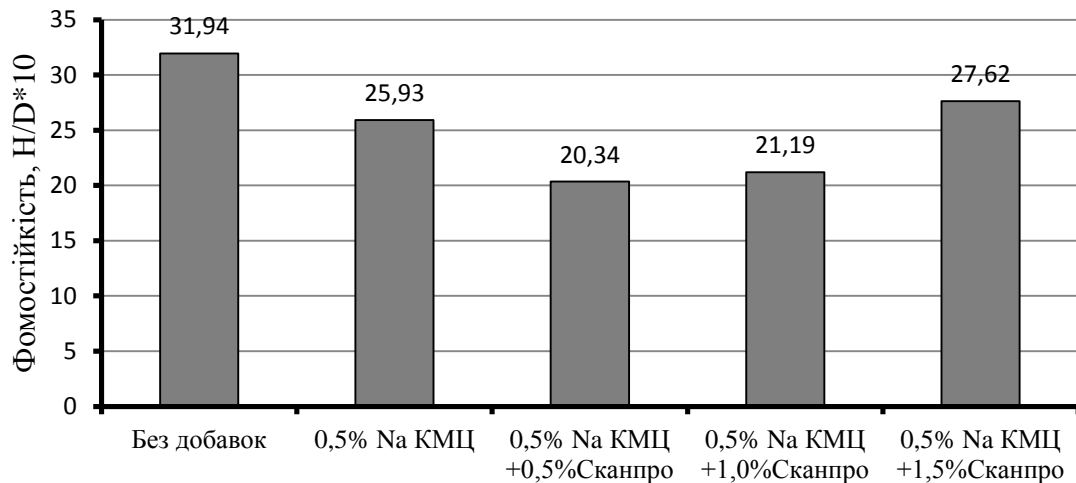


Рис. 4.30. Формостійкість крапель досліджуваних зразків рідини з добавками

По-перше, запропоновані добавки-поліпшувачі структури загалом зумовлюють зниження формостійкості, найбільшою мірою – в разі сумісного застосування. Дійсно, показник Н/D контрольного зразка дорівнює 32, а в присутності 0,5 % Na КМЦ з добавками 0,5...1,0 % КТБ – 20...21. Такі дані добре узгоджуються з результатами досліджень щодо утворення поліпшеної пінної структури тіста (розділ 4.1), покращених органолептичних властивостей за результатами пробних лабораторних випікань (розділ 3), які зумовлює застосування цих добавок у вказаних кількостях. Збігається це також з інтервалом рекомендованих раціональних концентрацій. Пояснити зниження ефективності КТБ в кількості 1,5 % можна зворотнім підвищенням поверхневого натягу рідкої фази тіста (це підтверджує зростання показника Н/D до 27,6), що відбувається через можливі процеси драглеутворення за такої кількості добавки.

Аналіз формостійкості крапель водно-борошняних суспензій (рис. 4.31) свідчить, на перший погляд, про певну невідповідність експериментальних даних теоретичним міркуванням. Інакше кажучи, якщо Н/D для $B_{рис}$ дорівнює 21,3, $B_{кук}$ – 26,5, то для борошняної суміші у співвідношенні $B_{рис}/B_{кук}$ 70/30 він повинен мати значення між цими двома показниками (за правилом пропорційності – 22,8). Проте, таке твердження відповідало б дійсності, якщо між цими видами борошна у водно-борошняній суспензії не було б жодної взаємодії. Реально цей показник для борошняної суміші зростає до 27,4. Тобто, поверхневий натяг водно-борошняної суспензії з борошняної суміші зростає. Ми вважаємо,

це є наслідком міжмолекулярної взаємодії між водорозчинним білками борошна рисового та кукурудзяного (оскільки у рідку фазу суспензії переходять саме білки водорозчинної фракції).

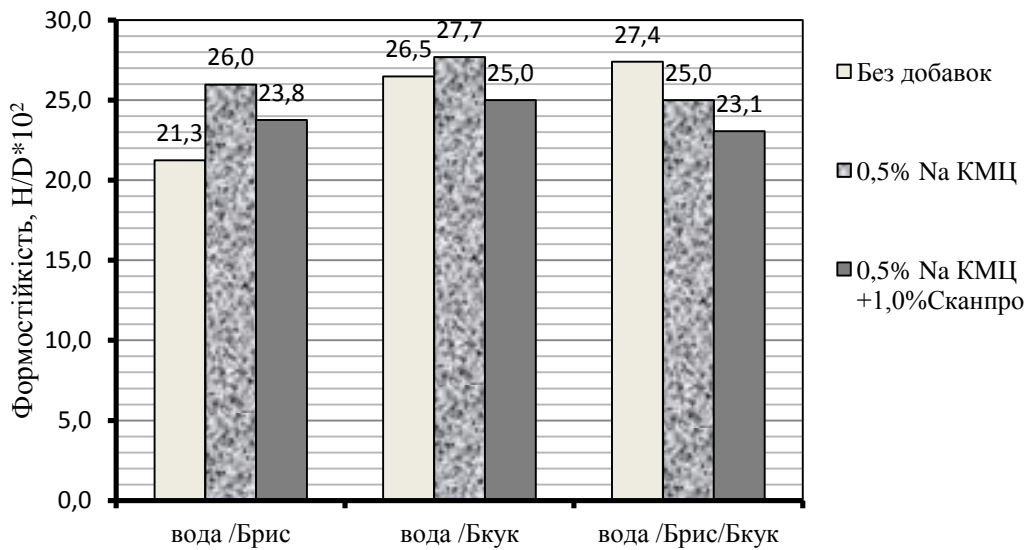


Рис. 4.31. Формостійкість крапель досліджуваних зразків рідини з добавками

Наявність таких білків у воді знижує H/D для $B_{рис}$ та $B_{кук}$, а зменшення їхньої концентрації у розчині з борошняної суміші сприяє підвищенню H/D . Таке пояснення добре узгоджується з даними молекулярно-масового розподілу (розд. 4.4, табл. 4.9): вміст білкової фракції, розчинної у воді, для зразка з $B_{рис}$ дорівнює 9,66 мг білка/г матеріалу, з $B_{кук}$ – 6,56 мг/г, а для суміші – 5,77 мг/г (а за розрахунком, якби взаємодія не мала місця – 8,73 мг/г; відносне відхилення складає більше 51 %). По іншим фракціям білка відхилення є меншими – від 9 до 16 %. Тобто, можна припускати, що саме водорозчинні фракції білків борошняної сировини взаємодіють найбільшою мірою, ймовірно, з утворенням паралельно упакованих поліамідних ланцюгів (розділ 4.5).

Висновки за розділом 4

1. Встановлено, що запропоновані добавки в певних кількостях (0,5...1,0 % Геліос-11 та 0,5 % Na КМЦ) зумовлюють 100 % стійкість піни ячного білка. При цьому піноутворювальна здатність зростає тільки за додавання КТБ в кількості до 1,0 % та знижується за вищої кількості КТБ або в присутності Na КМЦ.

Це можна пояснити підвищенням густоти маси для збивання та здатністю обох добавок загущувати розчини.

2. В присутності добавок піноподібна структура тіста змінюється – майже в чотири рази зменшується кількість великих пор (0,7...1,5 мм), суттєво зростає кількість дрібних і дуже дрібних пор (0,1...0,5 мм).

3. Досліджено реологічні властивості безглютенового тіста з різної борошняної сировини. Експериментально встановлено, що введення Na КМЦ призводить до поліпшення збалансованості структурно-механічних властивостей борошняного тіста. Додавання Na КМЦ до $B_{рис}$ незначно знижує піддатливість системи та пружно-еластичні властивості. Піддатливість тіста з $B_{кук}$ зростає, модуль еластичності зменшується. В тісті з рисово-кукурудзяної суміші вказані для різних видів борошна тенденції усереднюються. Припускаємо, що встановлені зміни пов'язані з різною гідратаційною здатністю рослинних білків різного походження. Na КМЦ є добре відомим водозв'язуючим агентом, тому зміна концентрації її розчину суттєво впливає на процеси водопоглинання. Додавання КТБ в кількості не вище 1,0 % знижує загальну деформацію, в присутності Na КМЦ – більшою мірою. Більша кількість білка через високу водопоглинальну здатність тіста призводить до часткової втрати тістом пластичності, оскільки утворюється підвищена кількість крихти.

4. Експериментально встановлено, що вид безглютенового борошна суттєво не впливає на характер процесу видалення вологи з тіста. Залежності мають експоненціальний характер. Протягом перших 10 × 60 с сушіння зразки тіста втрачають 90...95 % від загальної видаленої кількості. Загальна кількість видаленої вологи зі зразків з добавкою Na КМЦ є нижчою, що підтверджує статус цієї добавки як водозв'язуючого та водоутримуючого агента. В присутності білкових добавок експоненціальний характер кривих змінюється, наближаючись до лінійного; початкова швидкість видалення вологи гальмується, загальна кількість видаленої вологи зменшується – більшою мірою за додавання Сканпро Т95 та в присутності Na КМЦ. Також в присутності добавок зростає частка зв'язаної вологи.

5. Аналіз диференційних кривих молекулярно-масового розподілу в тісті на воді з $B_{\text{рис}}$, $B_{\text{кук}}$ та їх суміші показує, що відбуваються міжмолекулярні білково-білкові взаємодії. Як наслідок, в тісті з борошняної суміші збільшується частка фракцій з молекулярною масою близькою 20, 50, 80 та 280 kDa; зменшується частка фракцій з молекулярною масою 25...29 kDa.

В присутності кефіру виявлено зростання інтенсивності піків в інтервалі 20-25 kDa, а також зростання інтенсивності та зміщення максимуму піка в бік більших молекулярних мас – від 296...303 до 314 kDa. Одночасно суттєво зменшується вміст водорозчинної фракції та зростає вміст більш високомолекулярних фракцій, що вказує на взаємодію між білковими макромолекулами з низькою молекулярною масою з утворенням високомолекулярної фракції. Це пояснює збалансування хлібопекарських властивостей безглютенової борошняної сировини у вигляді суміші дослідженого складу збільшенням частки фракції, подібної високомолекулярним глютенінам пшениці.

6. Можливі взаємодії між білками борошняної сировини та добавками концентратів тваринних білків в присутності Na КМЦ виявлені методами ІЧ-спектроскопії та потенціометричного титрування.

В присутності Na КМЦ у складі тіста при майже незмінному деформаційному коливанні збуджуються коливання моди V_1 , тобто рух ядер вздовж напрямку O-H зв'язків (мода валентних коливань розтягування). Це можна пояснити збільшенням в присутності Na КМЦ кількості гідроксильних груп, які беруть участь в утворенні додаткових водневих зв'язків у тісті. Спектральні характеристики смуг Амід I усіх зразків тіста вказують на існування різних молекулярних форм білків (α -спіралей і β -форм). У зразків тіста з борошняної суміші спостерігається розщеплення смуги Амід II на два компоненти (з'являються піки 1542 см^{-1} та 1544 см^{-1}), найбільшою мірою – в присутності КТБ. Це вказує на міжмолекулярні білок-білкові взаємодії з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів.

В суспензії з рисово-кукурудзяної борошняної суміші у воді з додаванням кефіру різко зростає кількість зв'язаних гідроксильних іонів в інтервалі значень

pH 6...9. Припускаємо, що таким чином відбуваються активні міжмолекулярні взаємодії, внаслідок яких частина негативно заряджених ділянок, здатних зв'язувати позитивно заряджені іони, блокується.

У водно-борошняній суспензії в присутності КТБ при титруванні кислотою система зв'язує менше позитивно заряджених іонів, ніж прогнозована їх кількість. Вважаємо, що в кислому середовищі у зв'язуванні іонів H^+ бере участь менша кількість аміногруп білкових макромолекул з додатковим негативним зарядом. Джерелом аміногруп, здатних до активного протонування, є амінокислоти, наявні у Сканпро Т95 – аспарагін (6,5 %/100 г білка) або глютамін (10,0 %/100 г білка).

7. Встановлено стрімке зростання показника «Число падіння» у зразків з різної борошняної сировини в присутності Na КМЦ, найбільшою мірою – у зразка на основі борошняної суміші. Додавання тваринного білка Сканпро Т95 сумісно з Na КМЦ призводить до майже двократного зменшення ЧП, що може бути пов'язано з конкурентним водопоглинанням білкових і полісахаридних речовин. Білки, які мають більш високу водопоглинальну здатність за низьких температур середовища, обмежують поглинання води Na КМЦ.

8. Поверхневий натяг водно-борошняної суспензії з борошняної суміші зростає, що є наслідком міжмолекулярної взаємодії між водорозчинним білками $B_{рис}$ та $B_{кук}$. Наявність Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші знижує показник формостійкості краплі, що пов'язано зі зменшенням показника її поверхневого натягу.

Результати власних досліджень, наведених в розділі 4, опубліковані в роботах [200-212].

РОЗДІЛ 5

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ

Серед запропонованих нами п'яти варіантів замісу бездріжджового безглютенового тіста (підрозділ 3.1) для подальшої розробки технологічного процесу, оптимізації технологічних режимів та комплексної оцінки якості продукції обрано два, а саме: 1) варіант 1, за яким в якості рідкої фази тіста та джерела тваринного білка запропоновано застосовувати кефір; 2) варіант 5, що передбачає сумісне використання Na КМЦ та КТБ. В першому випадку готова продукція може бути віднесена до сегменту ринку продуктів «преміум-класу» за рахунок використання високоякісної натуральної харчової сировини, проте, вартість такого продукту також є дещо вищою. В другому випадку запропоновано застосовувати менш цінні (в харчовому та економічному сенсі), але водночас високофункціональні харчові добавки для покращання процесу тістоведення бездріжджового безглютенового тіста за рахунок більш розвинутої та стійкої тістової маси. Через знижену вартість та харчову цінність (порівняно з продуктом з використанням кефіру) така продукція може бути віднесена до сегмента ринку продуктів «економ-класу». Інші досліджені нами способи замісу безглютенового бездріжджового тіста (варіанти 2, 3 та 4) також є ефективними та можуть бути запропоновані до подальшого впровадження у практику підприємств залежно від конкретних виробничих умов (наявності всіх поліпшувачів на підприємстві одночасно чи відсутності окремого компонента).

Обґрунтовуючи технологічні режими виробництва безглютенових бездріжджових хлібобулочних виробів, керувалися наступними міркуваннями. Обираємо в якості борошняної сировини рисово-кукурудзяну суміш у співвідношенні $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ як таку, що виявилась найбільш ефективною з технологічної точки зору. В якості рідкої фази тіста застосовуємо кефір або 0,5 %-вий розчин карбоксиметилцелюлози (натрієва сіль); концентрацію розчину Na КМЦ обрано з урахуванням даних щодо його стійкості до розшаровування протягом можливого зберігання перед замішуванням тіста. Як білкові поліпшу-

вачі рекомендовано вводити Геліос-11 або Сканпро Т95 (вітчизняного та іноземного виробництва відповідно), враховуючи можливості безперебійного постачання сировини на виробництво. Застосування фізичного способу розпушення тіста (якщо рідка фаза тіста – розчин Na КМЦ) або комбінованого (якщо рідка фаза – кефір). Додаткового обґрунтування та оптимізації потребують технологічні режими – тістоведення та випікання.

5.1. Оптимізація технологічних режимів тістоведення та випікання бездріжджових безглютенових хлібців

Для наукового обґрунтування технології хлібопекарської безглютенової продукції нового покоління на основі запропонованого способу модифікації структури, для визначення основних показників її якості та безпеки, а також закономірностей їх зміни в технологічному потоці нами застосовано системний аналіз як загальний метод наукового дослідження.

В процесі виробництва хлібців безглютенових бездріжджових потрібно оптимізувати наступні режими тістоведення – вологість тіста, тривалість збивання, температура випікання. Для знаходження оптимальних режимів виробництва безглютенових хлібобулочних виробів нами проведено планування повнофакторного експерименту ПФЕ 2^3 та пошук екстремуму за методом Бокса-Уілсона. Застосовували метод апріорного ранжування для вибору факторів оптимізації. Для оптимізації технології хлібців на кефірі обрано наступні фактори варіювання: X_1 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром, с; X_2 – вологість тіста, %; X_3 – температура випікання, °С. Для оптимізації технології хлібців на розчині Na КМЦ обрано наступні фактори варіювання: X_1 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з КТБ та Na КМЦ, с; X_2 – вологість тіста, %; X_3 – температура випікання, °С. Критерієм оптимізації для оптимізації кожної технології обрано питомий об'єм хлібців, $\text{см}^3/100 \text{ г}$ (Y).

Стосовно обраних інтервалів коливань окремих факторів, керувались наступними міркуваннями. Недостатній час збивання призведе до нерозвинутої та нестійкої піни. Занадто тривале перемішування кефіру зі збитою яєчно-

цукровою масою в присутності двовуглекислого натрію викличе інтенсивне протікання реакції між молочною кислотою кефіру та двовуглекислим натрієм, що призведе до зниження ефективності запропонованого комбінованого способу розпушення тіста під час випікання. Враховували, що добавки виявили ефективність дії в певному інтервалі (Na КМЦ – 0,4...0,7 %, Сканпро Т95 та Геліос-11 – в межах 0,5...1,0 %). Для оптимізації технології обрано: Na КМЦ у вигляді 0,5 %-вого розчину, Сканпро Т95 та Геліос-11 –1,0 % до маси борошняної сировини. Умови проведення експериментів, план повнофакторного експерименту ПФЕ 2³ та значення вихідного параметру Y тіста – в додатку А9. За результатами експериментальних досліджень та регресійного аналізу отримано наступні адекватні рівняння регресії (додаток А9):

для хлібців на кефірі

$$Y_1=270,04-11,63x_1+10,63x_2+3,71x_3-0,38x_1x_2+1,71x_1x_3-6,21x_2x_3+137,46x_1x_2x_3 \quad (5.1)$$

або з урахуванням значимості коефіцієнтів (менше 4,30)

$$Y_1=270,04-11,63x_1+10,63x_2-6,21x_2x_3+137,46x_1x_2x_3 \quad (5.2)$$

для хлібців на розчині Na КМЦ

$$Y_1=293+6,67x_1-8,08x_2-3,58x_3-1,25x_1x_2+0,08x_1x_3+2x_2x_3+144,92x_1x_2x_3 \quad (5.3)$$

або з урахуванням значимості коефіцієнтів (менше 3,69)

$$Y_1=293+6,67x_1-8,08x_2+144,92x_1x_2x_3 \quad (5.4)$$

Аналіз рівняння регресії (5.2) свідчить, що найбільшою мірою на якість хлібців, приготованих на кефірі, впливає тривалість збивання (фактор x_1). Зниження значення цього показника в обраному факторному просторі водночас зі зростанням вологості тіста (x_2) має призводити до збільшення питомого об'єму хлібобулочних виробів. Аналіз рівняння регресії (5.4) свідчить, що найбільшою мірою на якість хліба впливає вологість тіста (фактор x_2). Зниження значення цього показника в обраному факторному просторі водночас зі зростанням тривалості перемішування (x_1) має призводити до збільшення питомого об'єму хлібобулочних виробів.

Для здійснення операції пошуку екстремуму використовували отримані рівняння регресії. Розрахунки програми оптимізації здійснювали від нульового

рівня. На основі розрахунку плану оптимізації знайдено нові кроки всіх факторів, а саме: S_1 дорівнює «0,15», S_2 – «0,45», S_3 – «3». План оптимізації та результати проведених експериментів наведено в додатку А9. Встановлено оптимальні параметри приготування бездріжджових безглютенових хлібців: на кефірі – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром – 40...60 с; вологість тіста – 64...64,5 %; температура випікання – 180...185 °С; на розчині На КМЦ зі Сканпро Т95 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з Сканпро Т95 та На КМЦ – 90...100 с; вологість тіста – 63...63,5 %; температура випікання – 175...180 °С.

5.2. Технологічна схема та апаратурне оформлення технології бездріжджових безглютенових хлібців

Технологічні та апаратурні схеми виробництва безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції наведені на рис. 5.1...5.3. На відміну від традиційного способу виробництва хліба розроблена технологія відрізняється тим, що передбачено етап підготовки структуроутворюючих добавок (приготування розчину На КМЦ, підготовка порошку білкової добавки), а також виключення етапу підготовки дріжджів, бродіння (опари, тіста) та розстоювання, що дозволяє скоротити тривалість тістоведення, покращити структурно-механічні властивості бездріжджового безглютенового тіста та якість випеченої продукції.

Для спрощення ілюстрації технології на представлених технологічних схемах операції з підготовки сировини (розтарювання, просіювання, дозування) не відображено. Під час виробничого процесу рисове та кукурудзяне борошно із борошняних силосів 4 по транспортним трубам 5 надходить до виробничого бункера 7. Витрати борошна регулюють за допомогою роторних живильників 3. Потім борошно очищують від сторонніх домішок на просіювачі 8 з магнітним уловлювачем та через автоматичні ваги 10 завантажують у виробничий силос 11. Яйцепродукти знаходяться в ємності 13. На КМЦ, що корегує структурно-механічні властивості тіста, розводять теплою водою в ємності 14. Цукор, КТБ, сіль та смако-ароматичні добавки зберігають у ємкостях 15, 16, 17 та 18

відповідно. Для підготовки, підігріву та тимчасового зберігання води призначено ємкості 20,21.

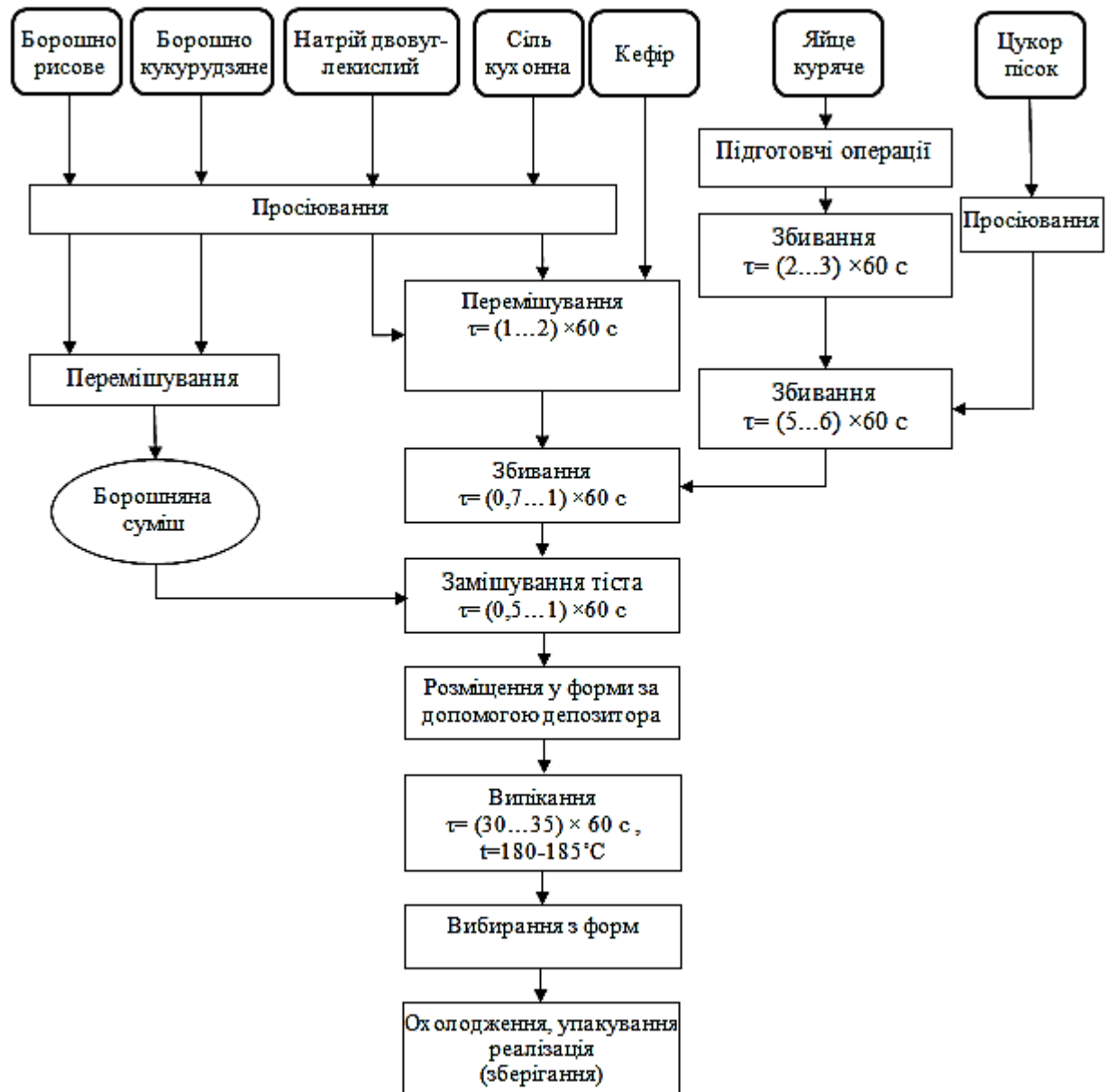


Рис. 5.1. Технологічна схема виробництва бездріжджових безглютенових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням кефіру в якості рідкої фази тіста (комбінований спосіб розпушення тіста).

Спочатку готується яєчно-цукрова суміш з добавками-поліпшувачами. Для цього яйцепродукти (меланж) із ємкості 13 та розчин Na КМЦ із ємкості 14 через станцію дозування рідких компонентів 24 подається до збивальної машини 25, куди зі шнекового вібродозатора 23 надходить цукор-пісок та КТБ. В результаті збивання цукрово-яєчна суміш насичується повітрям.

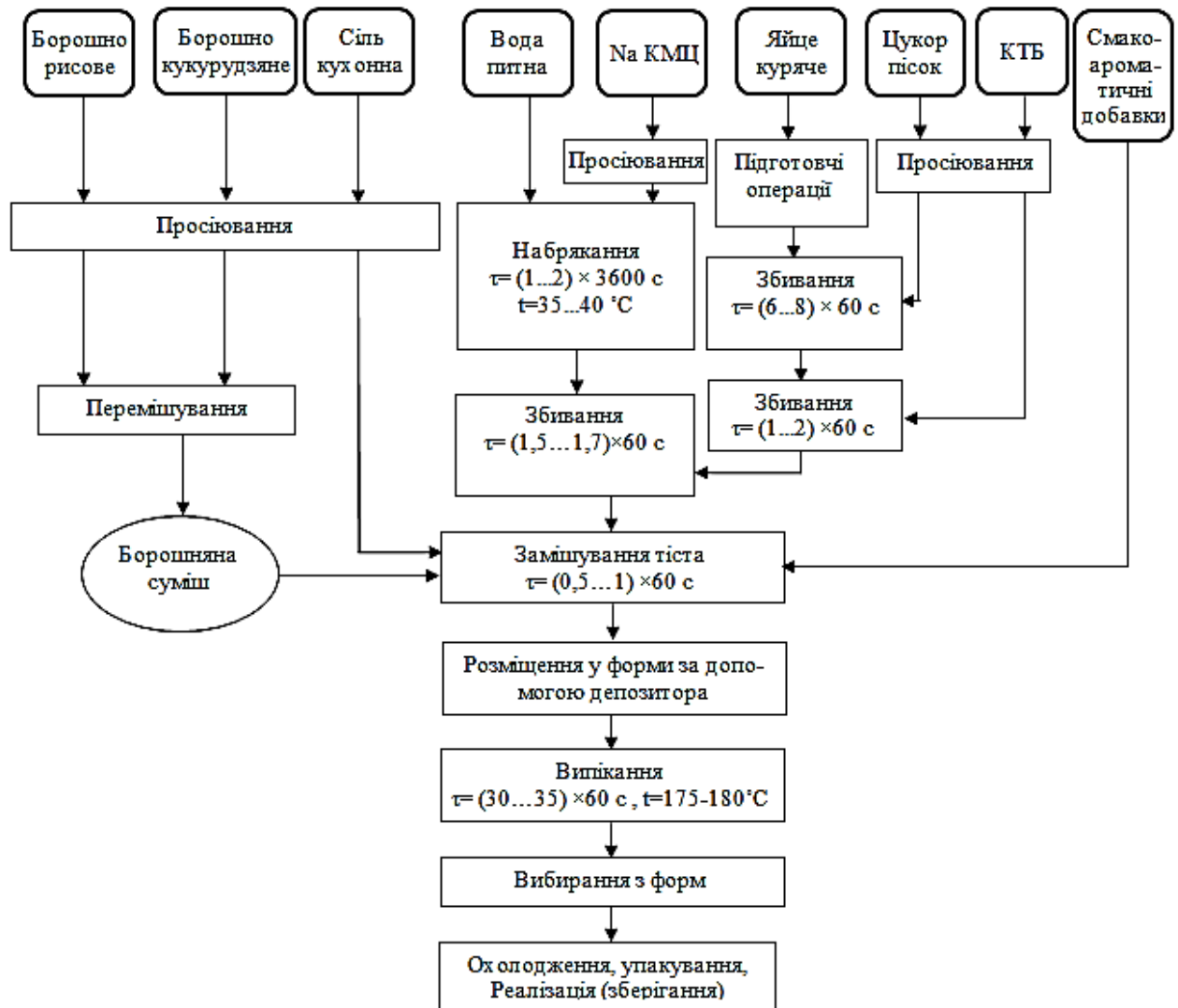


Рис. 5.2. Технологічна схема виробництва безглютенових бездріжджових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням 0,5 % розчину карбоксиметилцелюлози натрієвої солі в якості рідкої фази тіста сумісно з білковою добавкою Геліос-11 або Сканпро Т95 (механічний спосіб розпушення тіста).

Для замісу тіста борошно із виробничого силосу 11 та додаткова сировина (сіль, смако-ароматичні добавки) із ємкостей 17,18 через шнековий вібродозатор 23 потрапляє до збивальної машини 25. Зі збивальної машини 25 безглютенове тісто направляється в депозитор 26, що складається з бункеру для тіста та дозаторних головок, за допомогою яких отримують порції тіста однакової маси.

Порції тіста у формах для випікання спрямовують транспортером 27 до печі 28 для випікання. Випікають вироби протягом $(30...35) \times 60$ с за темпера-

тури 175...185 °С. Випечені вироби по жолобу спускного пристрою готової продукції потрапляють на циркуляційний стіл 29, укладальник за допомогою хлібоукладача 30 завантажує їх до контейнера 31 для охолодження та зберігання. В разі застосування кефіру, для його зберігання застосовують ємкість 12.

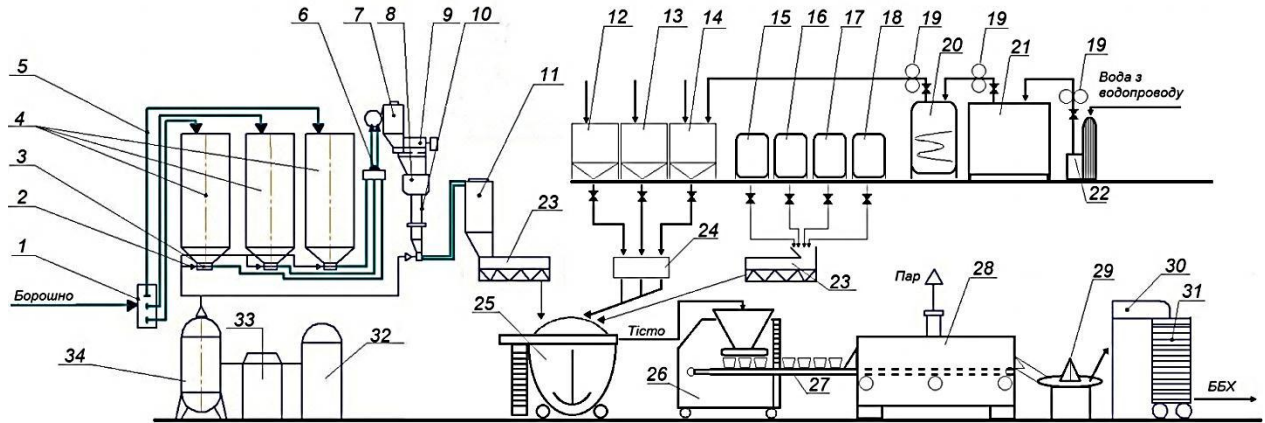


Рис. 5.3. Апаратурно-технологічна схема виробництва бездріжджових безглютенових хлібців: 1 – приймальний щиток; 2 – ультразвукові сопла; 3 – роторний живильник; 4 – борошняні силоси; 5 – транспортні труби; 6 – перемикач напрямку; 7 – виробничий бункер; 8 – просіювач борошна; 9 – проміжний бункер; 10 – автоматичні ваги; 11 – виробничий силос; 12, 13, 14 – ємкості для кефіру, яйцепродуктів, розчину Na КМЦ відповідно; 15, 16, 17, 18 – ємкості для цукру-піску, КТБ (або харчової соди, якщо застосовують кефір) відповідно, солі, смако-ароматичних добавок відповідно; 19 – насос; 20, 21 – ємкості для підготовки, підігріву та тимчасового зберігання води, 22 – хімоводоочисна установка; 23 – шнековий вібродозатор; 24 – дозатор рідких компонентів; 25 – збивальна машина; 26 – депозитор; 27 – транспортер; 28 – піч; 29 – циркуляційний стіл; 30 – хлібоукладач; 31 – контейнер для зберігання; 32 – повітряний фільтр; 33 – компресор; 34 – ресивер.

5.3. Рецептури, технологічні режими та показники якості нової продукції

Нами розроблено рецептури (табл. 5.1) та визначені технологічні режими приготування (табл. 5.2) безглютенових бездріжджових хлібців. Органолептичні показники зазначені в табл. 5.3. Дані про харчову та енергетичну цінність 100 г виробів наведені в табл. 5.4. За фізико-хімічними показниками безглютенові хлібобулочні вироби відповідають вимогам, зазначеним у табл. 5.5. Значення виходу, упіку, усихання безглютенових хлібобулочних виробів наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.1.

Рецептури нових ББХ

| Найменування сировини | Витрати сировини на 100 кг борошна, кг | | | |
|---------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|
| | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Василенківський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
| Борошно рисове | 70,0 | 65,0 | 75,0 | 70 |
| Борошно кукурудзяне | 30,0 | 35,0 | 25,0 | 30 |
| Сіль поварена харчова | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Цукор-пісок | 4,0 | 7,0 | 4,0 | 7,0 |
| Меланж | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 |
| Геліос-11 / Сканпро Т95 | - | - | 1,0 | 0,8 |
| На КМЦ (у сухому вигляді) | - | 0,6 | - | 0,6 |
| Кефір | 185 | - | - | - |
| Натрій двовуглекислий | 1,8 | - | - | - |
| Часник сушений | - | - | 1,5 | - |
| Кориця | - | 1,5 | - | - |
| Ванілін | - | 0,05 | - | 0,05 |
| Кунжут | - | - | 0,5 | - |
| Мак | - | - | - | 2,0 |
| Всього сировини | 332,3 | 150,65 | 148,5 | 151,85 |

Таблиця 5.2.

Режими приготування тіста для ББХ

| Режими приготування тіста | Найменування виробу | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Василенківський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
| Вологість, % | 64-64,5 | 63-63,5 | 63-63,5 | 63-63,5 |
| Початкова температура, °С | 25-30 | 35-40 | 35-40 | 35-40 |
| Тривалість збивання, х 60 с | 8-10 | 10-12 | 10-12 | 10-12 |
| Температура випікання, °С | 180-185 | 175-180 | 175-180 | 175-180 |

Таблиця 5.3.

Органолептичні показники ББХ

| Найменування показника | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Василенківський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|------------------------|--|--------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Форма | відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових впливів | | | |
| Поверхня | гладка, без підривів та тріщин | гладка, без підривів та тріщин | гладка, посипана кунжутом | гладка, посипана маком |
| Скоринка | Колір від світло-коричневого до темно-коричневого | | | |
| Стан м'якушки | пропечена, еластична, без слідів непромісу | | | |

Закінчення таблиці 5.3

| Найменування показника | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Василенківський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Колір м'якушки | світло - жовтий | яскраво жовтий | білий або кремовий | світло - жовтий |
| Смак та запах | приємний, з присмаком кефіру | приємний солодкуватий | приємний, з присмаком часнику | приємний солодкуватий, маковий |

Таблиця 5.4.

Харчова та енергетична цінність 100 г ББХ

| Найменування виробів | Харчова цінність | | | Енергетична цінність, ккал |
|---------------------------|------------------|---------|--------------|----------------------------|
| | Білки, г | Жири, г | Вуглеводи, г | |
| хлібець «ГлютенOFF» | 6,1 | 2,7 | 30,1 | 162,0 |
| хлібець «Василенківський» | 5,2 | 2,6 | 35,6 | 177,8 |
| хлібець «Борщовий» | 5,7 | 2,7 | 34,8 | 177,7 |
| хлібець «Маковій» | 5,6 | 3,0 | 35,4 | 181,9 |

Таблиця 5.5.

Фізико-хімічні показники ББХ

(n=5, p≤0,05)

| Найменування показника | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Василенківський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|--|---------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| Вологість м'якушки, %, не більше | 61,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 |
| Кислотність м'якушки, град, не більше | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Пористість м'якушки, % не менше | 62,0 | 64,0 | 65,0 | 64,0 |
| Масова частка білку в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 5,9 | 4,9 | 5,6 | 5,5 |
| Масова частка жиру в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 2,9 |

Таблиця 5.6.

Вихід, упік, усихання ББХ

(n=5, p≤0,05)

| Показник | Хлібець ГлютенOFF | Хлібець Василенківський | Хлібець Борщовий | Хлібець Маковій |
|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------|
| Упік, % | 13,0 | 16,2 | 16,0 | 16,5 |
| Усихання, % | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,2 |
| Вихід продукту, % | 240,0 | 185,0 | 185,0 | 185,0 |

5.4. Визначення здатності до черствіння під час зберігання бездріжджових безглютенових хлібців

Під час зберігання хлібних виробів поряд з процесом втрати вологи відбувається процес черствіння. Це явище викликає ущільнення структури м'якушки, надання їй жорсткості. Тому дослідження проводили у двох напрямках. По-перше, кількісно оцінювали втрати вологи під час зберігання протягом 72 год. По-друге, визначали зміни якості виробів – зниження стискаємості м'якушки. Втрати вологи виробами визначали шляхом вимірювання маси зразків після остигання з інтервалом у 9 год., обираючи первинну масу виробу як 100 % з подальшим її зниженням. Зміни структурно-механічних властивостей готових виробів у процесі черствіння визначали на пенетрометрі АП – 4/2. Первинне значення показника стискаємості приймали за 100 %. В ході зберігання зниження показника показували як відсоток від первинного значення, тобто менше 100 %.

Черствіння ББХ досліджували для виробів без добавок (рідка фаза тіста – кефір) та з додаванням поліпшувача (рідка фаза – водний розчин Na КМЦ). Для порівняння застосовували хлібці з рисового борошна (в якості контрольного зразка) та на основі борошняної суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$). Дані представлені на рис. 5.4...5.6.

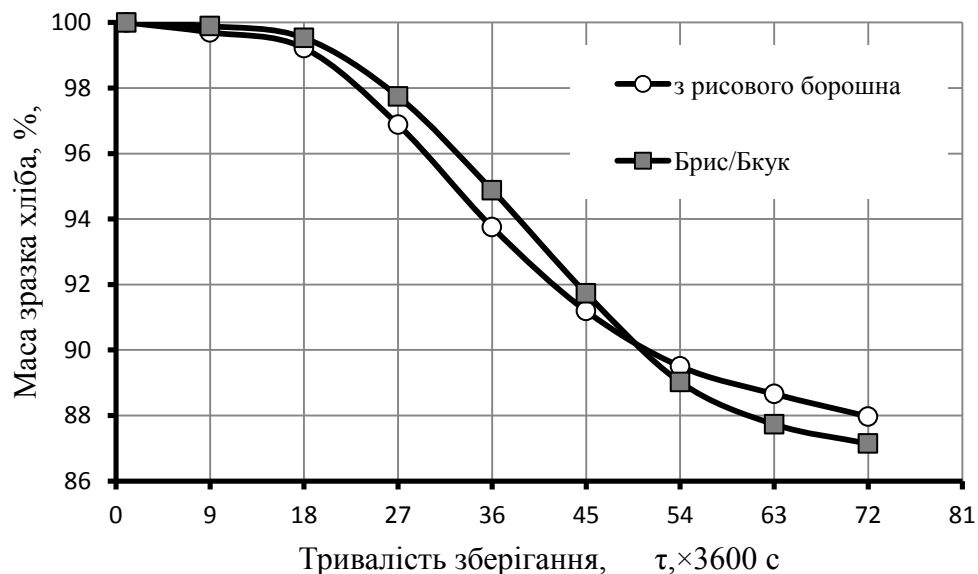


Рис. 5.4. Зміни маси хлібців (на кефірі) з рисового борошна та на основі борошняної суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) під час зберігання.

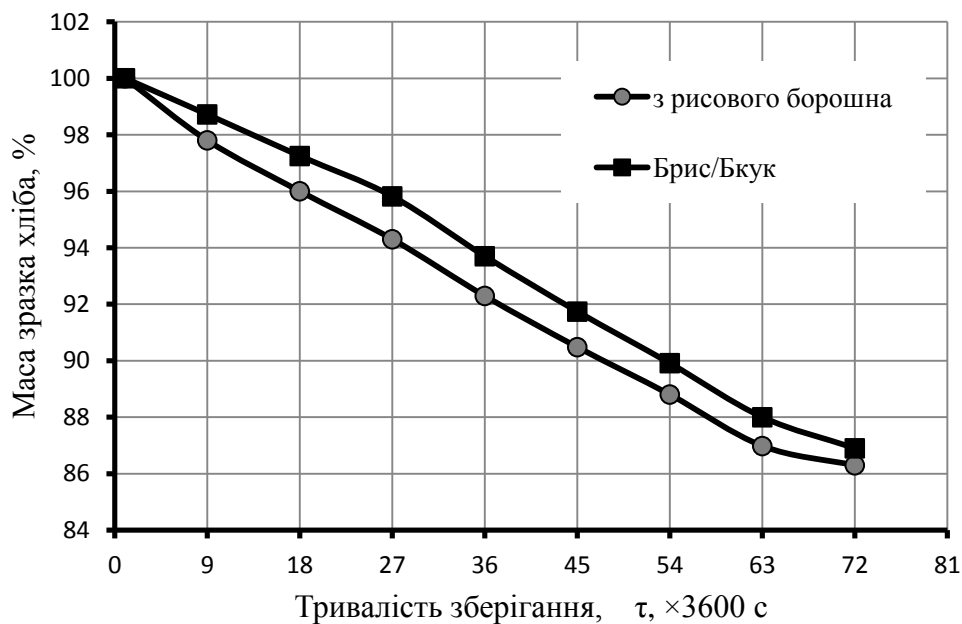


Рис. 5.5. Зміни маси хлібців (на водному розчині Na КМЦ) з рисового борошна та на основі борошняної суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) під час зберігання.

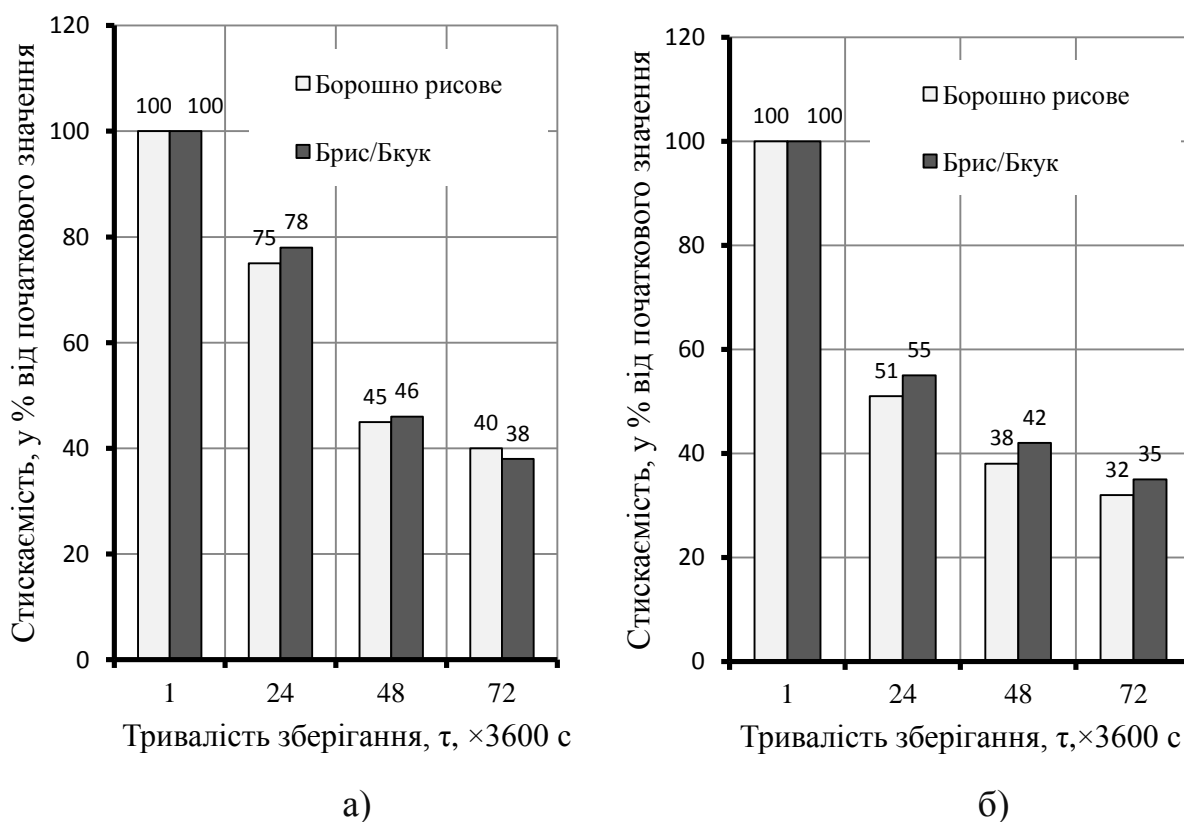


Рис. 5.6. Стискаємість м'якушки хлібців з рисового борошна та на основі борошняної суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) під час зберігання, в якості рідкої фази тіста: а) кефір; б) водний розчин Na КМЦ.

Аналіз експериментальних даних доводить наступне. Склад борошняної сировини незначно поліпшує стійкість хлібців до черствіння, в разі застосування кефіру – більшою мірою. Залежно від виду рідкої фази тіста помітно змінюється характер втрати маси зразків під час зберігання; в разі застосування кефіру визначено три чіткі ділянки швидкості процесу черствіння, при чому найвищі темпи зниження маси хлібців спостерігаються протягом другої доби зберігання; якщо рідкою фазою є водний розчин Na КМЦ – процес втрати маси відбувається приблизно з однаковою швидкістю протягом усього терміну зберігання хлібців. Результат гальмування процесу втрат маси зразка та його черствіння, якщо тісто приготовано на кефірі, вважаємо позитивним, оскільки цей період (перша доба від часу випікання) є найбільш важливим для споживача. Рекомендований термін зберігання хлібців – 24 год., що пов'язано з більш високою вологістю безглютенових виробів, порівняно з традиційним пшеничним хлібом.

5.5. Застосування елементів системи НАССР та кваліметрична оцінка якості безглютенових бездріжджових хлібців

На етапі розробки технології безглютенових хлібобулочних виробів враховували доброякісність та безпечність вхідної сировини, високі експлуатаційні характеристики обладнання, санітарно-гігієнічні норми та правила, високий професіоналізм персоналу, базуючись на мінімізації ризиків виникнення нестандартних ситуацій шляхом ідентифікації критичних точок контролю (КТК) (додаток А10). Для мінімізації ризиків виникнення нестандартних ситуацій нами запроваджено ідентифікацію критичних точок контролю (КТК) – додаток А10. Граничні значення критичних контрольних значень за технологічними параметрами наведено в табл. 5.7.

Порівнювальний аналіз рівня якості продукції проводили за допомогою інструментів теоретичної кваліметрії з визначенням комплексного показника якості.

Ідентифікація граничних значень КТК

| Номер КТК | Небезпечні чинники | | | Технологічні параметри | Граничне значення КТК |
|-----------|--------------------|---|---|---|-----------------------|
| | Б | Х | Ф | | |
| КТК-1 | √ | √ | √ | Лабораторний контроль згідно плану НА-ССР підприємства, превентивний контроль | |
| КТК-2 | – | – | √ | Розмірні характеристики сита (d), мм | $d \leq 2$ |
| КТК-3 | √ | - | - | Температура, °С | 25-35 |
| КТК-4 | √ | - | √ | Температура повітря, °С | 18-22 |
| | | | | Тривалість, хв. | 30-40 |
| | | | | Температура виробу, °С | 20-22 |
| КТК-5 | √ | - | √ | Температура повітря, °С | 18-22 |
| | | | | Температура виробу, °С | 20-22 |
| КТК-6 | √ | – | √ | Температура повітря, °С | 15-18 |
| | | | | Вологість повітря, відн.% | 75-85 |

На першому етапі досліджень обрано основні групи показників для оцінки якості хлібобулочних виробів: група a_1 – органолептичні властивості (колір скоринки (P_{a1}^1), еластичність м'якушки (P_{a1}^2), запах (P_{a1}^3), характер пористості (P_{a1}^4), смак (P_{a1}^5); група a_2 – структурно-механічні властивості (питомий об'єм хліба (P_{a2}^1), пористість (P_{a2}^2)). Усічене “Дерево властивостей” для оцінки якості виробів наведено на рис. 5.7.

Для знаходження міжгрупових та внутрішньогрупових коефіцієнтів вагомості використано експертний метод. Оцінку здійснено за п'ятидесятибальною шкалою. Для оцінки якості безглютенового хліба обрано дві основні групи показників: група A_1 (показники органолептичних властивостей: колір скоринки (P_{a1}^1), еластичність м'якушки (P_{a1}^2), характер пористості (P_{a1}^3), запах (P_{a1}^4), смак (P_{a1}^5); група A_2 (показники структурно-механічних властивостей): питомий об'єм (P_{a2}^1), пористість (P_{a2}^2); міжгруповий показник стискаємості P_b характеризує збереженість м'якушки. Оцінку здійснено за п'ятидесятибальною шкалою (органолептичні показники) та із застосуванням відповідної шкали (питомий об'єм, пористість, стискаємість), які розроблено для графічного визначення з використанням графіка функції Харінгтона. Переведення абсолютних показників якості у відносні для нових виробів та виробу,

обраного для порівняння (на основі борошна рисового) здійснювали за алгоритмом, вказаним на рис. 5.8 (приклад – колір скоринки та характер пористості).

Результати трансформації абсолютних показників у відносні наведені в табл. 5.8. Для визначення комплексного показника якості розраховано коефіцієнти вагомості (із застосуванням експертного методу [150]): міжгрупові: $M_a = 0,70$; $M_{a1} = 0,65$; $M_{a2} = 0,35$; $M_b = 0,30$; внутрішньогрупові $m_{a1}^1 = 0,15$; $m_{a1}^2 = 0,25$; $m_{a1}^3 = 0,15$; $m_{a1}^4 = 0,15$; $m_{a1}^5 = 0,30$; $m_{a2}^1 = 0,55$; $m_{a2}^2 = 0,45$. Розрахунок основних показників якості хлібців наведено в табл. 5.9 (хлібець «Глютенофф») та в додатку А11. Комплексний показник якості дорівнює: хлібець «Глютенофф» – 0,74, хлібець «Василенківський» – 0,64, хлібець «Борщовий» – 0,75, хлібець «Маковій» – 0,65, хлібець з рисового борошна – 0,58.

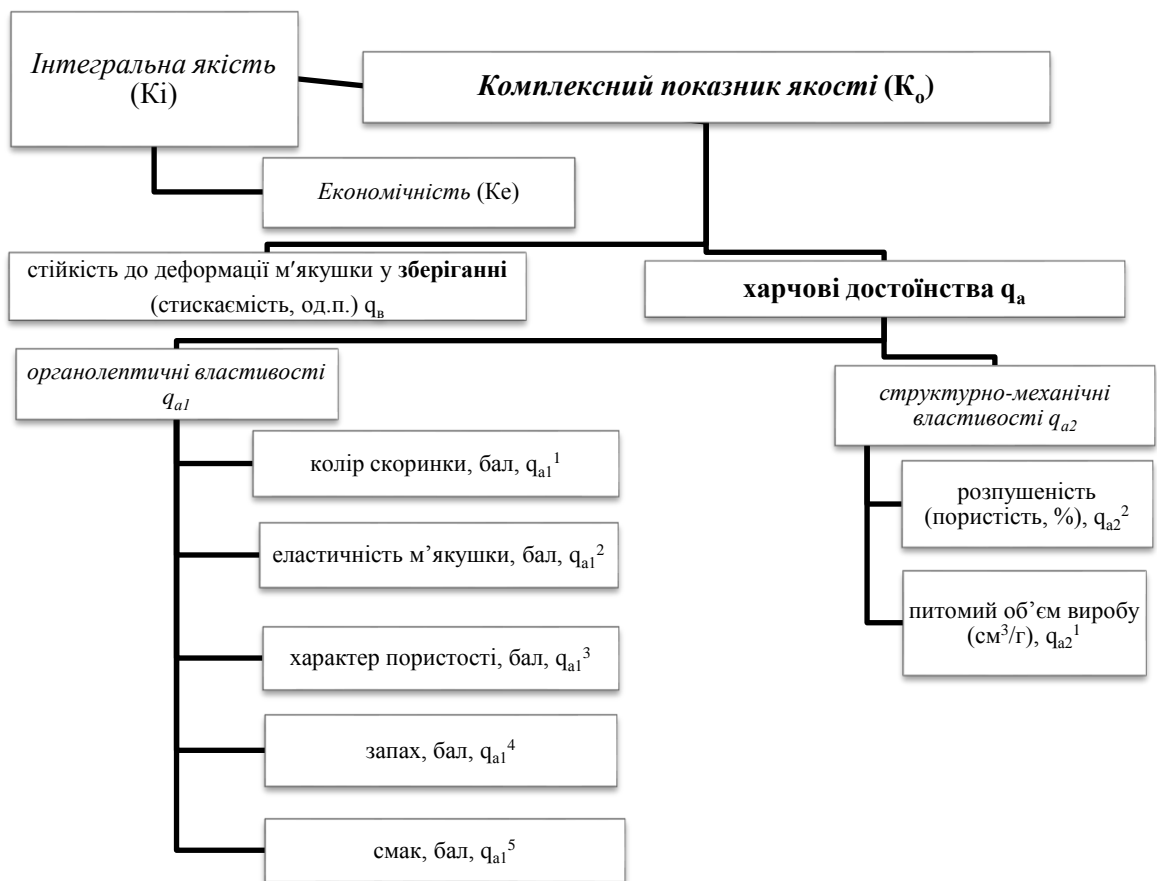


Рис. 5.7. Усічене “Дерево властивостей” для оцінки якості БХ

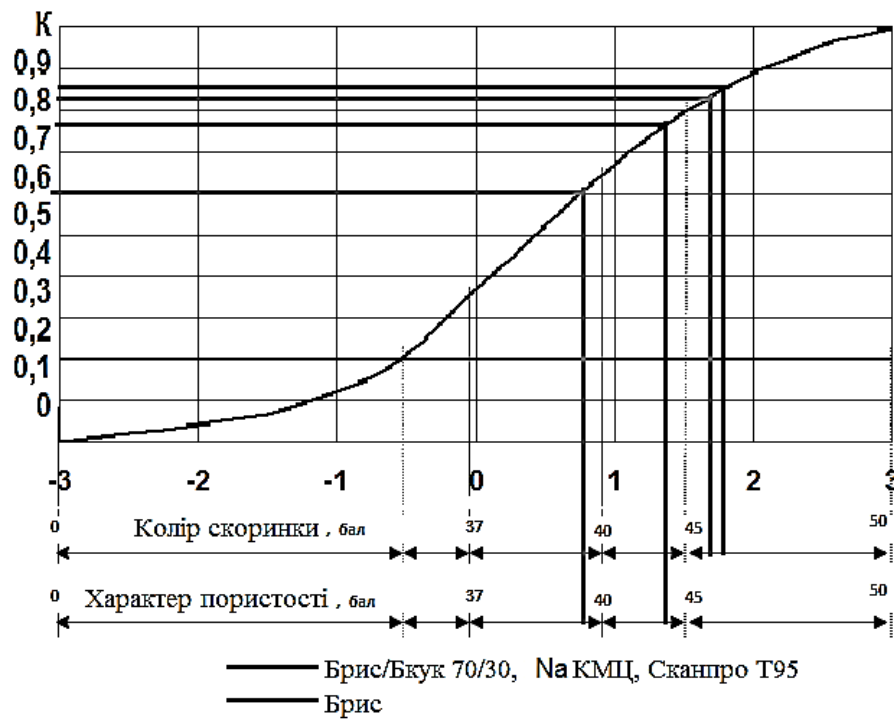


Рис. 5.8. Переведення абсолютних показників якості у відносні за графіком бажаності Харінгтона для БХ

Таблица 5.8.

Значення абсолютних і відносних показників якості виробів

| Показник якості | Значення показників | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| | Брис | | для нових виробів | | | | | | | |
| | абсолютних | відносних | абсолютних | | | | відносних | | | |
| | | | хлібець «Г лютенOFF» | хлібець «Василівський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковий» | хлібець «Г лютенOFF» | хлібець «Василівський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковий» |
| Колір скоринки | 45,5 | 0,73 | 46 | 47 | 46 | 46,5 | 0,87 | 0,91 | 0,87 | 0,89 |
| Еластичність | 40 | 0,64 | 42 | 43 | 42 | 42 | 0,71 | 0,74 | 0,71 | 0,71 |
| Запах | 41 | 0,68 | 43 | 43 | 45 | 44 | 0,74 | 0,74 | 0,80 | 0,77 |
| Пористість | 39 | 0,55 | 41 | 42 | 41 | 41,5 | 0,68 | 0,76 | 0,68 | 0,69 |
| Смак | 43 | 0,74 | 46 | 46,5 | 46 | 46 | 0,87 | 0,89 | 0,87 | 0,87 |
| Питомий об'єм | 270 | 0,57 | 305 | 300 | 310 | 315 | 0,81 | 0,80 | 0,82 | 0,84 |
| Пористість | 60 | 0,37 | 63 | 62 | 64 | 65 | 0,64 | 0,57 | 0,67 | 0,69 |
| Стискаємість | 29 | 0,59 | 32 | 33 | 32 | 32 | 0,70 | 0,74 | 0,70 | 0,70 |

Розрахунок показників якості виробу хлібець «ГлютенOFF»

| Показник якості | Значення коефіцієнта вагомості | | Значення показника якості | | | | |
|---------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|------|-------------|------|
| | внутрішньо-груповий | між-груповий | властивості | між-груповий | | комплексний | |
| Колір скоринки | 0,15 | 0,55 | 0,7 | 0,13 | 0,78 | 0,75 | 0,74 |
| Еластичність | 0,25 | | | 0,18 | | | |
| Запах | 0,15 | | | 0,11 | | | |
| Характер пористості | 0,15 | | | 0,10 | | | |
| Смак | 0,3 | | | 0,26 | | | |
| Питомий об'єм | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,36 | 0,72 | | |
| Пористість | 0,55 | | | 0,35 | | | |
| Стискаємість | - | - | 0,3 | - | - | 0,21 | |

5.6. Ефективність впровадження, практичне та соціальне значення наукової розробки

5.6.1. Економічна ефективність наукової розробки

Проведеними лабораторними та виробничими випробуваннями безглютенної бездріжджової хлібопекарської продукції встановлено поліпшення її якості шляхом застосування карбоксиметилцелюлози натрієвої солі у вигляді водного розчину сумісно з білковими добавками тваринного походження – Сканпро Т95, Геліос-11. Запропонований технологічний підхід може бути використаний в умовах хлібопекарських підприємств або в умовах підприємств ресторанного господарства. Застосування вказаних добавок (окремо та сумісно – більшою мірою) дозволяє значно поліпшити структурно-механічні властивості тіста та готової продукції – пористість м'якушки, колір скоринки та зовнішній вигляд хліба в цілому. Вказані якісні показники визначено вирішальними при формуванні оптової ціни виробів. З іншого боку, слід відзначити вплив іншої складової – суттєве скорочення тривалості технологічного процесу за рахунок інтенсифікації етапу тістоприготування. За новою технологією він триває 40...50 хв. порівняно з 2...2,5 годинами у виробництві безглютенового дріжджового хліба. Ще одним важливим з економічної точки зору показником є зрос-

тання виходу виробів за рахунок підвищення вологості тіста (125 % до маси борошна). На нашу думку, це також сприятиме зниженню собівартості продукту та підвищенню його конкурентної спроможності.

Для визначення економічної ефективності запропонованих технологічних рішень нами використано розрахунково-конструктивний метод економічного аналізу, який поширений у прогнозуванні та плануванні виробництва і економічних процесів розвитку підприємства. Тому при розрахунку враховані певні вихідні параметри (додаток А13).

Кінцевою метою здійснення економічного обґрунтування запропонованих заходів є визначення таких основних показників як: розмір капітальних вкладень, сума поточних витрат, собівартість виробництва хлібців, річний розмір прибутку, рівень рентабельності та термін окупності капітальних вкладень.

Отже, за зміну з розрахунку із 100 кг борошняної суміші на підприємстві з виробництва хлібопекарських виробів можна виготовляти від 1,85 тис. до 2,4 тис. хлібців (по 100 грам), або за рік від 481 тис. до 624 тис. штук. Ціна реалізації при цьому може бути на рівні від 6,20 до 7,75 грн. грн./шт.. Тоді як роздрібна ринкова ціна на імпортні вироби коливається в межах від 16,0 до 20,0 грн./100 г безглютенового хліба.

Також нами було проведено розрахунок фактичних поточних витрат виробничих ресурсів переробного підприємства харчової промисловості з виробництва зазначених хлібців. Елементи операційних витрат необхідних для виробництва хлібопекарських виробів як за зміну (з розрахунку на 100 кг борошняної суміші) так і за рік наведено в додатку А13 (табл. А13.2).

Виходячи з визначення поточних витрат, на здійснення виробничого процесу необхідно щоденно витратити від 6,6 тис. грн. до майже 9 тис. грн. За рік розмір поточних витрат коливатиметься від 1,7 млн. грн. до 2,3 млн. грн. З яких на матеріальні витрати припадатиме в середньому 67 %, на витрати, пов'язані з оплатою праці – до 12 %, на утримання та експлуатацію основних засобів – до 13 % та майже 10 % на інші витрати.

Наступним етапом оцінки економічної ефективності прийнятих інноваційних рішень є визначення основних техніко-економічних показників (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

Економічні показники виробництва ББХ

| Показники | хлібець «Глютенофф» | хлібець «Василеньківський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|---|------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1. Розмір капітальних вкладень, тис. грн. | 1 189,0 | 1 189,0 | 1 189,0 | 1 189,0 |
| 2. Сума поточних витрат на рік, тис. грн. | 2 325,3 | 1 736,7 | 1 846,3 | 1 771,2 |
| 3. Кількість виробленої продукції (по 100 грам), тис. штук | 624,0 | 481,0 | 481,0 | 481,0 |
| 4. Собівартість виробництва хлібо-булочних виробів, грн./шт. | 3,84 | 3,61 | 3,73 | 3,68 |
| 5. Ціна реалізації, грн./шт. | 7,75 | 6,20 | 6,20 | 6,20 |
| 6. Річний дохід (виручка) від реалізації продукції, тис. грн. | 4 836,0 | 2 982,2 | 2 982,2 | 2 982,2 |
| 7. Річний прибуток – всього, тис. грн. | 2 510,7 | 1 245,5 | 1 135,9 | 1 211,0 |
| 8. Прибуток на одиницю продукції, грн./ шт | 4,02 | 2,59 | 2,36 | 2,52 |
| 9. Продуктивність праці, тис. грн/особу | 2 418,0 | 1 491,1 | 1 491,1 | 1 491,1 |
| 10. Фондовіддача, грн./грн. | 4,07 | 2,51 | 2,51 | 2,51 |
| 11. Електроозброєність, кВт.-год./особу | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 11,2 |
| 12. Термін окупності капітальних вкладень, років | 0,47 | 0,95 | 1,05 | 0,98 |
| 13. Рівень рентабельності виробництва, % | 108,0 | 71,7 | 61,5 | 68,4 |

Так, необхідна сума капітальних вкладень на реалізацію наукової розробки становитиме майже 1,2 млн. грн, в тому числі на будівлі й споруди – 340 тис. грн; на обладнання й устаткування – майже 850 тис. грн. Розмір поточних витрат на рік становитиме від 1,7 млн. грн. до 2,3 млн. грн. (залежно від рецептури виробів), в тому числі на закупівлю сировини, для виробництва першої партії хлібців, із розрахунку на 100 кг борошняної суміші, необхідно витратити від 4-х до 6-ти тис.грн. Собівартість кінцевої хлібопекарської продукції становитиме від 3,61 грн. до 3,84 грн./100 г . Закладено ціну реалізації на рівні 7,75 грн. за хлібець Глютенофф та 6,20 грн. за всі інші види виробів. Проектна ціна дозволить мати розмір річного прибутку у 2,5 млн. грн. від хлібців Глютенофф

та 1,2 млн.грн. від виробництва та реалізації інших видів безглютенових бездріжджових хлібців.

Річний рівень рентабельності становитиме 60-108 %. Термін окупності капітальних вкладень в більшості випадків не перевищуватиме одного року. Отримані показники економічної ефективності є оптимальними в сучасних умовах функціонування переробних підприємств харчової промисловості України. Оскільки рівень рентабельності значно перевищує темп інфляції, який за останні 5 років (2014 – 2018 рр.) становив +24,9 %, +43,3 %, +12,4 %, 13,7 %, 9,8 % відповідно.

5.6.2. Практичне значення результатів роботи

З метою підтвердження наукової новизни та практичної значимості роботи проведено комплекс заходів щодо впровадження нових технологій у виробництво та навчальний процес.

Наукову новизну одержаних результатів підтверджено патентами України на корисну модель № 109240 «Спосіб виробництва безглютенових бездріжджових хлібців», № 124854 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців» та № 124855 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців» (додаток Б).

Роботи по впровадженню результатів наукових досліджень проводилися в таких напрямках: 1) розробка і затвердження нормативної технологічної документації на нову продукцію і випуск продукції (безглютенових бездріжджових хлібців) у вигляді дослідно-промислових партій; 2) участь у виставках і дегустаційних нарадах з метою виведення нової продукції на сучасний ринок; 3) складання навчально-методичної розробки з метою впровадження новітньої наукової інформації в навчальний процес.

Розроблено і затверджено нормативну документацію на безглютенову хлібопекарську продукцію: проект ТУ У 10.7–38159665–145:2017 «Хлібці бездріжджові безглютенові» (додаток В1), ТІ 38159665–145:2017 «Технологічна інструкція з виробництва хлібців безглютенових бездріжджових» (додаток В2),

рецептури ББХ (РЦ 38159665–145:2017 «ГлютенOFF», «Маковій», «Борщовий») (додаток В3).

З метою апробації нових технологій у промислових умовах на науково-виробничих підприємствах випущено дослідні партії продукції і проведено низку дегустаційних нарад продукції (додаток Г, Д, Е). Наукову продукцію представлено на 9 виставках та дегустаціях харчової продукції, де безглютеніві хлібобулочні вироби отримали високу оцінку якості (додаток Ж).

В рамках третього напрямку впровадження науково-технічних розробок здійснено у навчальний процес ХНТУСГ імені Петра Василенка (акт від 04.03.2019) та ХТЕІ КНТЕУ (акт від 04.02.2019) (додаток К).

5.6.3. Соціальне значення наукової розробки

Людина з харчовою нетерпимістю, особливо якщо її організм є надчутливим до традиційних продуктів харчування, мимоволі опиняється в суспільстві в ситуації «білої ворони». Довічна безглютенова дієта з повним виключенням усіх продуктів, що містять найбільш вживані злакові культури, й відмова від звичного стереотипу харчування є для хворих стресовим фактором.

Це може сприяти формуванню тривожних особистісних розладів зі зниженим порогом тривожного реагування. Необхідність суворого дотримання дієти радикально змінює стиль життя не лише хворого, а й усієї його родини, що не може не відобразитись у характерній психологічній динаміці, що на сьогодні є маловивченою.

Оскільки попит на безглютеніві продукти збільшується, харчова промисловість підійшла до складних завдань, пов'язаних з видаленням протеїну з тіста.

По-перше, це комплексне рішення по побудуванню всіх без виключення безпечних етапів виробництва, враховуючи постачання безпечної сировини, що не містить глютен, саме виробництво, етапи зберігання, транспортування, роздрібною торгівлі. По-друге, система повинна виключати на будь-якому етапі кон-

тамінацію продукції з глютенем, який спричиняє загрозу порушення та навіть втрати здоров'я при споживанні вразливою групою споживачів.

Хоча більшість продуктів, що не містять глютен, купується споживачами з певною чутливістю, існує також зростаючий сегмент населення, який шукає ці продукти через широке уявлення про те, що продукт без глютену є більш здоровим варіантом. Відповідно, популярність безглютенових продуктів стрімко зростає, починаючи з 2003...2004 років.

Деякі споживачі, які обирають продукти з низьким вмістом вуглеводів, йдуть «на крок далі» та шукають продукти, що не містять глютен, незалежно від наявності у них целіакії чи супутніх розладів. Очікується, що зростання на ринку посилюватиметься новими споживачами, які намагатимуться уникати певних продуктів харчування у зв'язку з підвищенням уваги до свого здоров'я та зростанням усвідомленості в харчовій поведінці.

Отже, цей сектор зростатиме набагато більше за своєї популярності, особливо у світлі зростання світових показників ожиріння. Однак однією з потенційних перешкод для зростання в цій галузі є додавання інших інгредієнтів, таких як цукрові сполуки, які використовуються як сполучні речовини у продуктах, що не містять глютен, і які не можуть вважатися придатними для дієтичних виробів.

Швидкість перетравлення складових продукту в шлунково-кишковому тракті є одним із факторів, що визначають фізіологічну цінність продукту. В зв'язку з цим, було досліджено перетравлюваність білків безглютенових бездріжджових хлібців. Дослідженнями *in vitro* встановлено, що найбільша кількість вільних амінокислот накопичується під час гідролізу білків хлібців «ГлютенOFF», що обумовлено вмістом у своєму складі ячного меланжу та кефіру. Так, порівняно з контролем (хлібець з рисового борошна) гідроліз білків хлібців «ГлютенOFF» пепсином і трипсином відбувається інтенсивніше на 8...12 %. Очевидно, що при інтенсивній механічній обробці молекули білків легко денатурують, підвищується ферментативна активність, збільшуються кількість пептидів і вільних амінокислот, що сприяє покращенню їх перетравлення. Ця зако-

номірність спостерігалась також для хлібців «Василенківський», «Борщовий» та «Маковій» у разі застосування КТБ та Na КМЦ, але менш інтенсивно. Так, кількість накопичених вільних амінокислот за 3×3600 с гідролізу в системі пепсин-трипсин порівняно з контролем була на 3...8% інтенсивнішою.

Висновки за розділом 5

1. Обґрунтовано технологічні підходи до виробництва безглютенових бездріжджових хлібобулочних виробів: в якості борошняної сировини рекомендовано застосовувати рисово-кукурудзяну суміш у співвідношенні $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ відповідно; в якості видів рідкої фази тіста обрано кефір та 0,5 %-вий розчин карбоксиметилцелюлози (натрієва сіль); як білкові поліпшувачі – Геліос-11 або Сканпро Т95 в кількості 0,5-1,0 % до маси борошняної сировини; як спосіб розпушення тіста – механічний (якщо рідка фаза тіста – розчин Na КМЦ) або комбінований (якщо рідка фаза – кефір).

2. Оптимальними параметрами приготування бездріжджових безглютенових хлібців є такі: на кефірі – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром – 40...60 с; вологість тіста – 64...64,5 %; температура випікання – 180...185°C; на розчині Na КМЦ зі Сканпро Т95 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з розчином Na КМЦ та Сканпро Т95 – 90...100 с; вологість тіста – 63...63,5 %; температура випікання – 175...180 °С.

3. Розроблено схему однофазного способу виробництва бездріжджових безглютенових хлібців. На відміну від традиційного способу виробництва хліба передбачено етап підготовки структуроутворюючих добавок (приготування розчину Na КМЦ, підготовка порошку білкової добавки), а також виключення етапу підготовки дріжджів, бродіння (опари та тіста) та розстоювання тістових заготівель.

4. Розроблено рецептури нових безглютенових хлібобулочних виробів (хлібець «Глютенофф», хлібець «Василенківський», хлібець «Борщовий», хлібець «Маковій»), визначено їх фізико-хімічні показники, харчову та енергетичну цінність.

5. Вивчено стискаємість м'якушки хлібців під час зберігання. Рекомендований термін зберігання хлібців – 24 год.

6. Ідентифіковано небезпечні чинники в технології нових виробів, визначено критичні точки контролю та їх граничні значення. Комплексний показник якості дорівнює: хлібець «ГлютенOFF» – 0,74, хлібець «Василенківський» – 0,64, хлібець «Борщовий» – 0,75, хлібець «Маковій» – 0,65, хлібець з рисового борошна – 0,58.

7. Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає 23,6-40,2 тис грн. на 1 т готової продукції в залежності від рецептури. Експериментальні дані підтверджено апробацією та впровадженням результатів досліджень на підприємствах м. Харків, позитивними відгуками учасників дегустацій і виставок, на яких було представлено нову хлібопекарську продукцію, затвердженням нормативної документації тощо. Результати наукових досліджень запроваджено в навчальний процес ХНТУСГ імені Петра Василенка та ХТЕІ КНТЕУ. Дослідженнями *in vitro* можна стверджувати, що поряд зі збільшенням кількості вільних амінокислот при гідролізі білків безглютенових бездріжджових хлібців сприятиме його кращому засвоєнню організмом людини.

Результати власних досліджень, наведених в розділі 5, опубліковані в роботах [213, 214].

ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасної наукової інформації щодо розвитку технологій безглютенових хлібопекарських продуктів у світі та в Україні вказує на перспективність застосування бездріжджового способу тістотворення та обмеженість експериментальних досліджень у цьому напрямку. Із застосуванням інструментів системного аналізу знайдено нове рішення бездріжджового способу тістотворення. Обґрунтовано доцільність використання механічного та комбінованого (механічно-хімічного) збивання для утворення пінної структури тіста, білків тваринного походження для поліпшення процесів утворення та стабілізації піни, а також добавок-гідроколоїдів для підвищення стійкості піноподібної структури тіста.

2. Основою рецептури тіста для ББХ рекомендовано рисово-кукурудзяну борошняну суміш у співвідношенні (70...50):(30...50), в якості рідкої фази тіста – кефір із вмістом жиру 1,0 % та 0,5 %-вий водний розчин Na КМЦ сумісно з білковою добавкою Геліос-11 або Сканпро Т95 у кількості 0,5...1,0 % до маси борошна.

3. Встановлено, що запропоновані добавки зумовлюють підвищення стійкості піни, зменшенню (майже в чотири рази) кількості великих пор (0,7...1,5 мм) з одночасним зростанням кількості дрібних пор (0,1...0,5 мм). Поліпшення збалансованості структурно-механічних властивостей борошняного тіста (еластичності, пружності, податливості) пов'язано зі зростанням частки зв'язаної вологи в присутності добавок.

4. Доведено можливі міжмолекулярні білкові взаємодії в тісті, внаслідок яких збільшується частка фракцій з молекулярною масою близько 20, 50, 80 та 280 kDa, зменшується близько 25...29 kDa. У присутності кефіру, який є джерелом добре гідратованих молочних білків виявлено зростання інтенсивності та зміщення максимуму піка в бік більших молекулярних мас – від 296...303 до 314 kDa. За наявності Na КМЦ при майже незмінному деформаційному коливанні збуджуються коливання моди V_1 , тобто рух ядер вздовж напрямку O-H зв'язків (мода валентних коливань розтягування), що пояснюється збільшенням в присутності Na КМЦ кількості гідроксильних груп, які беруть участь в утворенні додаткових водневих зв'язків у тісті. Міжмолекулярні білок-білкові взаємодії відбуваються з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів різних молекулярних форм (α -спіралей і β -форм).

5. Встановлено стрімке зростання показника «Число падіння» у зразків з різної борошняної сировини в присутності Na КМЦ, найбільшою мірою – на основі борошняної суміші. Додавання тваринного білка Сканпро Т95 сумісно з Na КМЦ призводить до майже двократного зменшення цього показника, що пов'язано з конкурентним водопоглинанням білкових і полісахаридних речовин.

6. Поверхневий натяг водно-борошняної суспензії з борошняної суміші зростає, що є наслідком міжмолекулярної взаємодії між водорозчинним білками борошна рисового та кукурудзяного. Наявність Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії зменшує її поверхневий натяг та сприяє утворенню поліпшеної пінної структури тіста.

7. Рекомендовано режими приготування бездріжджових безглютенових хлібців: на кефірі – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром – 40...60 с; вологість тіста – 64...64,5 %; температура випікання – 180...185 °С; на розчині Na КМЦ зі Сканпро Т95 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з розчином Na КМЦ та Сканпро Т95 – 90...100 с; вологість тіста – 63...63,5 %; температура випікання – 175...180 °С. Визначено критичні точки контролю та їх граничні значення. Рекомендований термін зберігання хлібців – 24 год. Комплексний показник якості дорівнює: хлібець «Глютенофф» – 0,74, хлібець «Василенківський» – 0,64, хлібець «Борщовий» – 0,75, хлібець «Маковій» – 0,65.

8. Розроблено технологію та технологічні схеми виробництва ББХ на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням в якості рідкої фази кефіру (комбінований спосіб розпушення тіста) та 0,5 % розчину Na КМЦ сумісно з білковою добавкою Геліос-11 або Сканпро Т95 (механічний спосіб розпушення тіста).

9. Розроблено і затверджено нормативну документацію на готову продукцію: рецептури ББХ (РЦ 38159665–145:2017 «Глютенофф», «Маковій», «Борщовий»), ТІ 38159665–145:2017 «Технологічна інструкція з виробництва хлібців безглютенових бездріжджових», проект ТУ. Впровадження здійснено на підприємствах м. Харкова: ТОВ «НВП-Східна Україна» (акт від 30.11.2017), ТОВ «Чарівна мозаїка» (акт від 02.10.2017), а також у навчальний процес ХНТУСГ імені Петра Василенка (акт від 04.03.2019) та ХТЕІ КНТЕУ (акт від 04.02.2019). Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає 23,6-40,2 тис. грн. на 1 т готової продукції залежно від рецептури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. P. R. Shewry, and S. J. Hey, "Do we need to worry about eating wheat?", *Nutrition Bulletin published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Nutrition Foundation. Nutrition Bulletin*, vol. 41, pp. 6-13, 2016.
2. K. A. Scherf, and R. E. Poms, "Recent developments in analytical methods for tracing gluten", *Journal of Cereal Science*, vol.67, pp. 112-122, 2016.
- 3 N. R. Reilly, and P. H. Green, "Epidemiology and clinical presentations of celiac disease", *Seminars in immunopathology. Springer-Verlag*, pp. 473-478, 2012.
4. C. M. Rosell, J. Bajerska, and A. F. El Sheika, *Bread and its Fortification: Nutrition and Healthy Benefits*, Taylor and Francis Group, NW, 2016.
5. X. Wang, S. Choi, and W. C. Kerr, "Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content", *Swiss Society of Food Science and Technology*, vol. 37, pp. 377-384, 2004.
6. D. Kotoki, and S. C. Deka, "Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity", *J. Food Sci. Technol*, vol. 47 (1), pp.128-131, 2010.
7. J. A. Gray, and J. N. Bemiller, "Bread staling: Molecular basis and control", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 2, pp. 1-21, 2003.
8. P. H. Nitcheu Ngemakwe, M. Le. Roes-Hill, and V. A. Jideani, "Advances in gluten-free bread technology", *Food Science and Technology International*, vol. 21 (4), pp. 256-276, 2014.
9. K. Wehrle, and E. K. Arendt, "Rheological changes in wheat sourdough during controlled and spontaneous fermentation", *Cereal Chemistry*, vol. 75, pp. 882-886, 1998.
10. H. G. Masure, E. Fierens, and J. A. Delcour, "Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research", *Journal of Cereal Science*, vol. 67, pp. 92-111, 2016.
11. V. D. Capriles, J. Alfredo, and G. Areas, "Novel approaches in gluten-free breadmaking: interface between food science, nutrition, and health", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 13, pp. 871-89, 2014.

12. I. Demirkesen, B. Mert, G. Sumnu, and S. Sahin, "Rheological properties of gluten-free bread formulations", *Journal of Food Engineering*, vol. 96, issue 2, pp. 295-303, 2010.
13. E. C. Moraisa, A. G. Cruza, J. A. F. Fariaa, and H. M. A. Bolinia, "Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking", *LWT – Food Science and Technology*, vol.55, issue 1, pp. 248-254, 2014.
14. A. Torbica, M. Hadnadev, and T. Dapcevic, "Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour", *Food Hydrocolloids*, vol. 24, issues 6-7, pp. 626-632, 2010.
15. A. Nascimento, G. Fiates, A. Anjos, and E. Teixeira, "Analysis of ingredient lists of commercially available gluten-free and gluten-containing food products using the text mining technique", *Int. J. Food Sci. Nutr.*, vol. 64 (2), pp. 217-222, 2013.
16. C. M. Mancebo, M. A. S. Miguel, M. M. Martinez, and M. Gomez, "Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water", *Journal of Cereal Science*, vol. 61, pp. 8-15, 2015.
17. L. S. Sciarini, P. D. Ribotta, A. E. Leon, and G. T. Perez, "Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality", *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 45, pp. 2306-2313, 2010.
18. M. Gomez, and L. S. Sciarini, "Gluten-Free Bakery Products and Pasta", in *Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods*, E. Arranz, F. Fernández-Bañares, C.M. Rosell, L. Rodrigo, and A. S. Peña, Eds. Barcelona Spain: OmniaScience, 2015, pp. 565-604.
19. E. F. Trappey, H. Khouryieh, F. Aramouni, and T. Herald, "Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread", *Food Science and Technology International*, vol. 21, pp. 188-202, 2015.
20. K. Marston, H. Khouryieh, and F. Aramouni, "Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment", *Food Science and Technology International*, vol. 21, no. 8, 2015, pp. 631-640.

21. A. S. Hager, and E. K. Arendt, "Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat", *Food Hydrocolloids*, vol. 32, pp. 195-203, 2013.
22. M. Mariotti, A. M. Pagani, and M. Lucisano, "The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures", *Food Hydrocolloids*, vol. 30, pp. 393-400, 2013.
23. J. Korus, M. Witczak, R. Ziobro, and L. Juszcak, "The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread", *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 240, pp.135-1143, 2015.
24. N. Aguilar, E. Albanell, B. Micarro, and M. Capellas, "Chestnut flour sourdough for gluten-free bread making", *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 242, pp.1795-1802, 2016.
25. N. Aguilar, E. Albanell, B. Minarro, and M. Capellas, "Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread", *LWT – Food Science and Technology*, vol. 62, pp. 225-232, 2015.
26. I. Demirkesen, B. Mert, G. Sumnu, and S. Sahin, "Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations", *Journal of Food Engineering*, vol. 101, issue 3, pp. 329–336, 2010.
27. C. Brites, M. J. Trigo, C. Santos, C. Collar, and C. M. Rosell, "Maize-Based Gluten-Free Bread: Influence of Processing Parameters on Sensory and Instrumental Quality", *Food Bioprocess Tech.*, 707-715, 2010.
28. K. D. Nishita, and M. M. Bean, "Physicochemical properties of rice in relation to rice bread", *Cereal Chem.*, vol. 56, pp.185-189, 1979.
29. E. K. Arendt, A. Morrissey, M. M. Moore, and F. Dal Bello, "Gluten-free breads", *Gluten-free cereal products and beverages*, 1st Edition, pp. 289-319, 2008.
30. L. Demirkesen, B. Mert, G. Sumnu, S. Sahin, "Rheological properties of gluten-free bread formulations", *J. Food Eng.*, vol. 96 (2), pp.295-303, 2010.
31. E. de la Hera, M. Martinez, and M. Gomez, "Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread", *Food Sci. Technol.*, vol. 54 (1), pp.199-206, 2013.

32. A. Yani, and J. Susilo, "Physicochemical Characteristics of Composite Flour Made from Cassava, Sweet Potato, Corn and Rice Bran", *International Journal on Advanced Science Engineering Informational Technology*, vol.4, pp. 11-15, 2014.
33. M. A. Shah, H. R. Naik, I. A. Zargar, and S. A. Mir, "Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads", *Trends in Food Science & Technology*, vol. 51, pp.49-57, 2016.
34. M. Kim, Y. Yun, and Y. Jeong, "Effects of corn, potato, and tapioca starches on the quality of gluten-free rice bread", *Food Sci. Biotechnol*, vol. 24 (3), pp. 913-919, 2015.
35. M. Paciulli, M. Rinaldi, M. Cirlini, F. Scazzina, E. Chiavaro, "Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life", *LWT – Food Science and Technology*, vol. 70, pp. 88-95, 2016.
36. R. P. Zandonadi, R. B. Assuncao Botelho, and W. M. Coelho Arunjo, "Psyllium as a substrate for gluten in bread", *Journal of the American Dietetic Associatio*, vol. 109, pp.1781-1784, 2009.
37. C. Cappa, M. Lucisano, and M. Mariotti, "Influence of psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality", *Carbohydr. Polym.*, vol. 98, pp.1657-1666, 2013.
38. C. Cappa, M. Lucisano, and M. Mariotti, "Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality", *Carbohydrate Polymers*, vol. 98, pp.1657-1666, 2013.
39. L. S. Sciarini, M. C. Bustos, M. B. Vignola, C. Paesani, C. N. Salinas, and G. T. Perez, "A study on fibre addition to gluten free bread: its effects on bread quality and in vitro digestibility", *J. Food Sci. Technol.*, vol. 54 (1), pp. 244-252, 2017.
40. M. M. Martinez, A. Diaz, and M. Gomez, "Effect of different microstructural features of soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making", *J. Food Eng.*, vol. 142, pp.49-56, 2014.
41. C. Cappa, M. Lucisano, and M. Mariotti, "Influence of psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality", *Carbohydr. Polym.*, vol. 98, pp.1657-1666, 2013.

42. F. Ronda, S. Perez-Quirce, A. Lazaridou, and C. G. Biliaderis, "Effect of barley and oat β -glucan concentrates on gluten-free rice based doughs and bread characteristics", *Food Hydrocolloid*, vol. 48, pp.197-207, 2015.
43. L. S. Sciarini, M. C. Bustos, M. B. Vignola, C. Paesani, C. N. Salinas, and G. T. Perez, "A study on fibre addition to gluten free bread: its effects on bread quality and in vitro digestibility", *J. Food Sci. Technol.*, vol. 54 (1), pp. 244-252, 2017.
44. M. Gomez, and L. S. Sciarini, "Gluten-Free Bakery Products and Pasta", in *Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods*, E. Arranz, F. Fernández-Bañares, C.M. Rosell, L. Rodrigo, and A. S. Peña, Eds. Barcelona Spain: OmniaScience, 2015, pp. 565-604.
45. N. M. Meybodi, M. A. Mohammadifar, and E. Feizollahi, "Gluten-Free Bread Quality. A Review of the Improving Factors", *Journal of Food Quality and Hazards Control*, vol. 2, pp. 81-85, 2015.
46. J. M. Li, and S. P. Nie, "The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods", *Food Hydrocolloids*, vol. 53, pp. 46-61, 2016.
47. E. Dickinson, "Food emulsions and foams: stabilization by particles", *Current Opinion Colloid Interface Science*, vol. 15, pp. 40-49, 2010.
48. R. Moreira, F. Chenlo, and M. D. Torres, "Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour", *LWT – Food Science and Technology*, vol. 50, pp.160-166, 2013.
49. R. Moreira, F. Chenlo, and M. D. Torres, "Rheology of gluten-free doughs from blends of chestnut and rice flours", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 6, pp.1476-1485, 2013.
50. L. S. Sciarini, G. T. Pérez, M. de Lamballerie, A. E. León, and P. D. Ribotta, "Partial-baking process on gluten-free bread, impact of hydrocolloid addition", *Food Bioprocess Technol.*, vol. 5, pp.1724-1732, 2012.
51. L. S. Sciarini, P. D. Ribotta, A. E. Leon, and G. T. Perez, "Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality", *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 45, pp. 2306-2313, 2010.

52. A. A. Anton, and S. D. Artfield, "Hydrocolloids in gluten-free breads: a review", *International Journal of Food Science and Nutrition*, vol. 59, pp. 11-23, 2007.
53. S. Balaghi, M. A. Mohammadifar, A. Zargaraan, H. A. Gavlighi, and M. Mohammadi, "Compositional analysis and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian *Astragalus*", *Food Hydrocolloids*, vol. 25, pp. 1775-1784, 2011.
54. C. Lamacchia, A. Camarca, S. Picascia, A. Di Luccia, and C. Gianfrani, "Cereal-based gluten free food: how to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients", *Nutrients*, vol. 6, pp. 575-590, 2014.
55. N. Mollakhalili Meybodi, M. A. Mohammadifar, and K. H. Abdolmaleki, "Effect of dispersed phase volume fraction on physical stability of oil-in-water emulsion in the presence of gum tragacanth", *Journal of Food Quality and Hazards Control*, vol. 1, pp. 102-107, 2014.
56. R. Moreira, F. Chenlo, and M. D. Torres, "Rheological properties of commercial chestnut flour doughs with different gums", *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 46, pp. 2085-2095, 2011.
57. A. A. Anton, and S. D. Artfield, "Hydrocolloids in gluten-free breads: a review. International", *Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 59, pp. 11-23, 2008.
58. A. Lazaridou, D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc, and C. G. Biliaderis, "Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations", *Journal of Food Engineering*, vol. 79 (3), pp. 1033-1047, 2007.
59. L. S. Sciarini, P. D. Ribotta, A. E. Leon, and G. T. Perez, "Incorporation of several additives into gluten free breads: effect on dough properties and bread quality", *Journal of Food Engineering*, vol. 111, pp. 590-597, 2012.
60. D. Sabanis, and C. Tzia, "Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread", *Food Science and Technology International*, vol. 17 (4), pp. 279-291, 2010.
61. M. Mohammadi, N. Sadeghnia, M.-H. Azizi, T.-R. Neyestani, and A. Mohammad Mortazavian, "Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan

and CMC", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 20, pp. 1812-1818, 2014.

62. A. Nicolae, G.-L.Radu, and N. Belc, "Effect of sodium carboxymethyl cellulose on gluten-free dough rheology", *Journal of Food Engineering*, vol. 168, pp.16-19, 2016.

63. I. Buresova, L. Masaríková, L. Hrivna, S. Kulhanova, and D. Bures, "The comparison of the effect of sodium caseinate, calcium caseinate, carboxymethyl cellulose and xanthan gum on rice-buckwheat dough rheological characteristics and textural and sensory quality of bread", *Food Science and Technology*, vol. 68, pp. 659-666, 2016.

64. R. Moreira, F. Chenlo, and M. Dolores Torres, "Rheological properties of commercial chestnut flour doughs with different gums", *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 46, pp. 2085-2095, 2011.

65. J. Korus, M. Witczak, R. Ziobro, and L. Juszczak, "The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread", *Food Hydrocolloids*, vol. 23, pp. 988-995, 2009.

66. R. Moreira, F. Chenlo, M. Dolores Torres, "Rheological properties of commercial chestnut flour doughs with different gums", *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 46, pp. 2085-2095, 2011.

67. I. Demirkesen, S. Kelkar, O. H. Campanella, G. Sumnu, S. Sahin, and M. Okos, "Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography", *Food Hydrocolloids*, vol. 36, pp. 37-44, 2014.

68. C. M. Mancebo, M. A. S. Miguel, M. M. Martinez, and M. Gomez, "Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water", *Journal of Cereal Science*, vol. 61, pp. 8-15, 2015.

69. L. Cato, J. J. Gan, L. G. B. Rafael, and D. M. Small, "Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums", *Food Australia*, vol. 56, pp. 75-78, 2004.

70. A.-S. Hager, E. K. Arendt, "Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and

crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat", *Food Hydrocolloids*, vol. 32, pp. 195-203, 2013.

71. A. Mansberger, S. D'Amico, S. Novalin, J. Schmidt, S. Tomoskozi, E. Berghofer, and R. Schoenlechner, "Pentosan extraction from rye bran on pilot scale for application in gluten-free products", *Food Hydrocoll.*, vol. 35, pp. 606-612, 2014.

72. S. Naji-Tabasi, and M. Mohebbi, "Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing", *Food Measure*, vol. 9, pp. 110-119, 2015.

73. S. A. Mir, M. A. Shah, H. R. Naik, and I. A. Zargar, "Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads", *Trends in Food Science & Technology*, vol. 51, pp. 49-57, 2016.

74. C. M. Rosell, "Enzymatic manipulation of gluten-free breads", in *Gluten-Free Food Science and Technology*, E. Gallagher, Eds. London, UK: John Wiley & Sons, 2009, pp. 83-98.

75. S. Renzettia, and C. M. Rosellb, "Role of enzymes in improving the functionality of proteins in non-wheat dough systems", *Journal of Cereal Science*, vol. 67, pp. 35-45, 2016.

76. N. C. Siu, and C. Y. Ma Mine, "Physicochemical and structural properties of oat globulin polymers formed by a microbial transglutaminase", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, pp. 2660-2665, 2002.

77. C. Kuraishi, K. Yamazaki, and Y. Susa, "Transglutaminase: its utilization in the food industry", *Food Reviews International*, vol. 17, pp. 221-246, 2001.

78. M. Shin, D.-O. Gang, and J.-Y. Song, "Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread", *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 19 (4), pp. 951-956, 2010.

79. M. Mohammadi, M.-H. Azizi, T.R. Neyestani, H. Hosseini, and A. M. Mortazavian, "Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 21 pp. 1398-1402, 2015.

80. H. S. Gujral, M. Haros, and C. M. Rosell, "Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling of rice bread", *Cereal Chemistry*, vol. 80 (6), pp. 750-754, 2003.

81. F. E. Ayala-Soto, S. O. Serna-Saldívar, and J. Welte-Chanes, "Effect of arabinoxylans and laccase on batter rheology and quality of yeast-leavened gluten-free breads", *Journal of Cereal Science*, 73, pp. 10-17, 2017.
82. R. Ziobroa, T. Witczakb, L. Juszczakc, and J. Korusa, "Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic", *Food Hydrocolloids*, vol. 32, issue 2, pp. 213-220, 2013.
83. J. L. Lusk, and F. B. Norwood, "Some economic benefits and costs of vegetarianism", *Agr. Resource Econ. Rev.*, vol. 38, pp. 109-124, 2009.
84. G. B. Arno, I. R. Wouters, E. Fierens, K. Brijs, and J. A. Delcour, "Relevance of the functional properties of enzymatic plant protein hydrolysates in food systems", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol.15, pp. 364-379, 2016.
85. E. Gallagher, A. Kunkel, T. R. Gormley, and E. K. Arendt, "The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere", *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 218, pp. 44-48, 2003.
86. C. Marco, and C. M. Rosell, "Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties", *J. Food Eng.*, vol. 84, pp. 132-139, 2008.
87. R. Ziobro, T. Witczak, L. Juszczak, and J. Korus, "Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic", *Food Hydrocoll.*, vol. 32, pp. 213-220, 2013.
88. A. Basman, H. Koksel, and P. K. W. Ng, "Effects of transglutaminase on SDS-PAGE patterns of wheat, soy and barley proteins and their blends", *Journal of Food Science*, vol. 67, pp. 2654-2658, 2002.
89. F. Ronda, M. Villanueva, and C. Collar, "Influence of acidification on dough viscoelasticity of gluten-free rice starch-based dough matrices enriched with exogenous protein", *LWT – Food Sci. Technol.*, vol. 59, pp. 12-20, 2014.
90. R. Crockett, P. Ie, and Y. Vodovotz, "Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of glutenfree bread", *Food Chem.*, vol. 129, pp. 84-91, 2011.

91. M. Moore, F. Dal Bello, and E. K. Arendt, "Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread", *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 226, pp. 1309-1316, 2008.
92. V. B. Jayaram, S. Cuyvers, K. J. Verstrepen, J. A. Delcour, and C. M. Courtin, "Succinic acid in levels produced by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) during fermentation strongly impacts wheat bread dough properties", *Food Chem.*, vol. 151, pp. 421-428, 2014.
93. M. Jekle, and T. Becker, "Effects of acidification, sodium chloride, and moisture levels on wheat dough: I. Modeling of rheological and microstructural properties", *Food Biophys.*, vol. 7, pp. 190-199, 2012.
94. K. Ohishi, M. Kasai, A. Shimada, and K. Hatae, "Effects of acetic acid on the rice gelatinization and pasting properties of rice starch during cooking", *Food Res. Int.*, vol. 40, pp. 224-231, 2007.
95. F. Ronda, M. Villanueva, and C. Collar, "Influence of acidification on dough viscoelasticity of gluten-free rice starch-based dough matrices enriched with exogenous protein", *LWT – Food Sci. Technol.*, vol. 59, pp. 12-20, 2014.
96. M. Villanueva, R. R. Mauro, C. Collar, and Fe. Ronda, "Acidification of protein-enriched rice starch doughs: effects on breadmaking", *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 240, pp. 783-794, 2015.
97. Na. S. Deora, A. Deswal, and H. N. Mishra, "Functionality of alternative protein in gluten-free product development", *Food Science and Technology International*, vol. 21 (5), pp. 786-800, 2014.
98. B. M. Smith, S. R. Bean, and G. Selling, "Role of noncovalent interactions in the production of visco-elastic material from zein", *Food Chemistry*, vol. 147, pp. 230-238, 2014.
99. M. Fevzioglu, B. R. Hamaker, and O. H. Campanella, "Gliadin and zein show similar and improved rheological behavior when mixed with high molecular weight glutenin", *Journal of Cereal Science*, vol. 55, pp. 265-271, 2012.

100. H. Andersson, C. Ohgren, and D. Johansson, "Extensional flow, viscoelasticity and baking performance of gluten-free zein-starch doughs supplemented with hydrocolloids", *Food Hydrocolloids*, vol. 25, pp.1587-1595, 2011.
101. N. J. de Mesa-Stonestreet, S. Alavi, and J. Gwirtz, "Extrusion-enzyme liquefaction as a method for producing sorghum protein concentrates", *Journal of Food Engineering*, vol. 108, pp. 365-375, 2012.
102. P. Pontieri, G. Mamone, and S. De Caro, "Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 61, pp. 2565-2571, 2013.
103. T. J. Schober, S. R. Bean, and M. Tilley, "Impact of different isolation procedures on the functionality of zein and kafirin", *Journal of Cereal Science*, vol. 54, pp. 241-249, 2011.
104. M. A. Goodall, O. H. Campanella, and G. Ejeta, "Grain of high digestible, high lysine (HDHL) sorghum contains kafirins which enhance the protein network of composite dough and bread", *Journal of Cereal Science*, vol. 56, pp. 352-357, 2012.
105. T. J. Schober, S. R. Bean, and M. Tilley, "Impact of different isolation procedures on the functionality of zein and kafirin", *Journal of Cereal Science*, vol. 54, pp. 241-249, 2011.
106. C. Marco, and C. M. Rosell, "Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties", *Journal of Food Engineering*, vol. 84, pp. 132-139, 2008.
107. E. Gallagher, T. R. Gormley, and E. K. Arendt, "Crust and crumb characteristics of gluten free breads", *Journal of Food Engineering*, vol. 56, pp. 153-161, 2003.
108. S. Chillo, N. Suriano, and C. Lamacchia, "Effects of additives on the rheological and mechanical properties of non-conventional fresh handmade tagliatelle", *Journal of Cereal Science*, vol. 49, pp. 163-170, 2009.
109. N. Sozer, "Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums", *Food Hydrocolloids*, vol. 23, pp. 849-855, 2009.

110. C. E. Stathopoulos, and B. T. O’Kennedy, "The effect of salt on the rheology and texture of a casein based ingredient intended to replace gluten", *Milchwissenschaft - Milk Science International*, vol. 63, pp. 430-433, 2008.
111. C. E. Stathopoulos, and B. T. O’Kennedy, "A rheological evaluation of concentrated casein systems as replacement for gluten: Calcium effects", *International Journal of Dairy Technology*, vol. 61, pp. 397-402, 2008.
112. E. K. Arendt, and F. Dal Bello, "Functional cereal products for those with gluten intolerance", in *Technology of Functional Cereal Products*, B. R. Hamaker, Ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2008 pp. 446-475.
113. L. E. van Riemsdijk, A. J. van der Goot, and R. J Hamer, "Preparation of gluten-free bread using a mesostructured whey protein particle system", *Journal of Cereal Science*, vol. 53, pp. 355-361, 2011.
114. L. E. van Riemsdijk, P. J. M. Pelgrom, and A. J. van der Goot, "A novel method to prepare gluten-free dough using a meso-structured whey protein particle system", *Journal of Cereal Science*, vol. 53, pp. 133-138, 2011.
115. A. Marti, A. Barbiroli, M. Marengo, "Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins?", *European Food Research and Technology*, vol. 238, pp. 217-224, 2014.
116. M. Gularte, M. Gomez, and C. Rosell, "Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 5, pp. 3142-3150, 2012.
117. B. Minarro, E. Albanell, and N. Aguilar, "Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread", *Journal of Cereal Science*, vol. 56, pp. 476-481, 2012.
118. M. E. Matos, T. Sanz, and C. M. Rosell, "Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins", *Food Hydrocolloids*, vol. 35, pp. 150-158, 2014.
119. R. Crockett, P. Ie, and Y. Vodovotz, "Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread", *Food Chem.*, vol. 129, pp. 84-91, 2011.

120. B. M. Smith, S. R. Bean, and T. J. Schober, "Composition and molecular weight distribution of carob germ protein fractions", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, pp. 7794-7800, 2010.
121. K. Tsatsaragkou, S. Yiannopoulos, and A. Kontogiorgi, "Effect of carob flour addition on the rheological properties of gluten-free breads", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 7, pp. 868-876, 2014.
122. R. Schoenlechner, I. Mandala, and A. Kiskini, "Effect of water, albumen and fat on the quality of gluten-free bread containing amaranth", *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 45, pp. 661-669, 2010.
123. R. Ziobro, T. Witczak, L. Juszczak, "Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic", *Food Hydrocolloids*, vol. 32, pp. 213-220, 2013.
124. M. E. Matos, T. Sanz, and C. M. Rosell, "Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins", *Food Hydrocoll.*, vol. 35, pp. 150-158, 2014.
125. J. Taylor, and C. Rosell, "Functionality of cereal based non-gluten dough systems", *Journal of Cereal Science*, vol. 67, pp. 1-122, 2016.
126. J. R. N. Taylor, J. Taylor, O. H. Campanella, and B. R. Hamaker, "Functionality of the storage proteins in gluten-free cereals and pseudocereals in dough systems", *J. Cereal Sci.*, vol. 67, pp. 22-34, 2016.
127. I. Demirkesen, B. Mert, G. Sumnu, and S. Sahin, "Rheological properties of glutenfree bread formulations", *J. Food Eng.*, vol. 96, pp. 295-303, 2010.
128. S. Phongthai, S. D'Amico, R. Schoenlechner, and S. Rawdkuen, "Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties", *Journal of Cereal Science*, vol. 72, pp. 38-44, 2016.
129. L. T. R. Furlan, A. P. Padilla, and M. E. Campderros, "Improvement of gluten-free bread properties by the incorporation of bovine plasma proteins and different saccharides into the matrix", *Food Chemistry*, vol. 170, pp. 257-264, 2015.
130. C. Marco, C. M. Rosell, "Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads", *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 227, pp. 1205-1213, 2008.

131. L. E. van Riemsdijk, and A. J. van der Goot, "Colloidal Protein Particles Can Be Used to Develop a Gluten-free Bread", *Cereal Foods World*, vol. 56, no. 5, pp. 201-204, 2011.
132. M. Bize, B. M. Smith, F. M. Aramouni, and S. R. Bean, "The Effects of Egg and Diacetyl Tartaric Acid Esters of Monoglycerides Addition on Storage Stability, Texture, and Sensory Properties of Gluten-Free Sorghum Bread", *Journal of Food Science*, vol. 82 (1), pp. 194-201, 2017.
133. U. Grienke, J. Silke, and D. Tasdemir, "Bioactive compounds from marine mussels and their effects on human health", *Food Chemistry*, vol. 142, pp. 48-60, 2014.
134. M. Vijaykrishnaraj, and P. Prabhasankar, "Marine protein hydrolysates; their present and future perspectives in food chemistry. A review", *RSC Advances*, vol. 5, pp. 34864-34877, 2015.
135. M. Vijaykrishnaraj, S. Bharath Kumar, and P. Prabhasankar, "Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: Product quality, microstructure and biofunctional evaluation", *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 9, pp. 76-85, 2015.
136. M. Vijaykrishnaraj, B.S. Roopa, and P. Prabhasankar, "Preparation of gluten free bread enriched with green mussel (*Perna canaliculus*) protein hydrolysates and characterization of peptides responsible for mussel flavour", *Food Chemistry*, vol. 211, pp. 715-725, 2016.
137. R. Ziobro, L. Juszczak, M. Witczak, and J. Korus, "Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread", *J. Food Sci. Technol.*, vol. 53 (1), pp.571-580, 2016.
138. M. Pacynski, R. Z. Wojtasiak, and S. Mildner-Szkudlarz, "Improving the aroma of gluten-free bread", *LWT – Food Science and Technology*, vol. 63 (1), pp. 706-713, 2015.
139. M. Mariotti, M. A. Pagani, and M. Lucisano, "The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures", *Food Hydrocolloids*, vol. 30 (1), pp. 393-400, 2013.

140. F. J. Barba, N. S. Terefe, R. Buckow, D. Knorr, and V. Orlien, "New opportunities and perspectives of high pressure treatment to improve health and safety attributes of foods. A review", *Food Research International*, vol. 77, pp. 725-742, 2015.
141. M. D. Alvarez, R. Fuentes, M. D. Olivares, and W. Canet, "Effects of high hydrostatic pressure on rheological and thermal properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour slurry and heat-induced paste", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 21, pp. 12-23, 2014.
142. C. Cappa, M. Lucisano, G. V. Barbosa-Canovas, and M. Mariotti, "Physical and structural changes induced by high pressure on corn starch, rice flour and waxy rice flour", *Food Research International*, vol. 85, pp. 95-103, 2016.
143. C. Cappa, G. V. Barbosa-Canovas, M. Lucisano, and M. Mariotti "Effect of high pressure processing on the baking aptitude of corn starch and rice flour", *Food Science and Technology*, vol. 73, pp. 20-27, 2016.
144. E. O. Elkhalfifa, B. Schiffler, and R. Bernhardt, "Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour", *Food Chemistry*, vol. 92, pp. 1-5, 2005.
145. G. Neill, A. H. Al-Muhtaseb, and T. R. A. Magee, "Optimisation of time/temperature treatment, for heat treated soft wheat flour", *Journal of Food Engineering*, vol. 113, pp. 422-426, 2012.
146. K. Marston, H. Khouryieh, and F. Aramouni, "Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake", *Food Science and Technology*, vol. 65, pp. 637-644, 2016.
147. H. Bourekoua, L. Benatallah, M. N. Zidoune, and C. M. Rosell, "Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours", *LWT – Food Science and Technology*, vol. 73, pp. 342-350, 2016.
148. C. Osorio, N. Wen, R. Gemini, R. Zemetra, D. von Wettstein, and S. Rustgi, "Targeted modification of wheat grain protein to reduce the content of celiac causing epitopes", *Funct Integr Genomics*, vol. 12, pp. 417-438, 2012.
149. А. М. Грищенко, "Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини", дис. канд. наук, НУХТ, Київ, 2011.

150. В. І. Дробот, та А. М. Грищенко, "Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба", *Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. (Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського)*, вип. 30, с. 52-58, 2013.
151. В. І. Дробот, та А. М. Грищенко, "Вимоги до хлібобулочних виробів для хворих на целіакію", *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, № 6 (55), с. 33-34, 2009.
152. V. Drobot, and A. Grischenko, "Changes of indicators of quality gluten-free bread during storage", *Ukrainian Food Journal*, vol. 2 (3), pp. 347-353, 2013.
153. А. М. Грищенко, Л. А. Михонік, та В. І. Дробот, "Використання цукру в технології безбілкового та безглютенового хліба", на *Міжнар. наук.-практ. конф. Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи*, Київ, 2010, с. 17-18.
154. О. В. Бабіч, "Розроблення технології безглютенового печива для хворих на целіакію", дис. канд. наук, НУХТ, Київ, 2006.
155. Н. П. Лазоренко, "Удосконалення технології маффінів спеціального призначення", дис. канд. наук, НУХТ, Київ, 2011.
156. А. Н. Дорохович, Н. П. Лазоренко, та С. В. Гутник, "Технологія безглютенових маффинов для лечебного и профилактического питания", на *VIII Межд. научно-техническая конф. Техника и технология пищевых производств*, Могилев, 2010, с. 160.
157. В. В. Дорохович, "Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного споживання", дис. докт. наук, КНТЕУ, Київ, 2010.
158. І. Медвідь, Ю. Федоренко, О. Шидловська, та В. Доценко, "Особливості виробництва безглютенового хліба", на *83 міжнар. наук. конф. молод. учен., асп. і студ. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*", Київ, 2017, с. 263.

159. Н. Л. Лобачова, "Технологія безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази", дис. канд. наук., Харківський держ. ун-т харч. та торгівл, Харків, 2015.
160. О. М. Сафонова, "Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини", дис. докт. наук, НУХТ, Київ, 2007.
161. Н. Л. Лобачова, Г. Варако, та О. М. Шаніна, "Особливості процесу клейстеризації крохмалю кукурудзяного борошна, обробленого транслюаміназою", на *VII Всеукр. наук.-практ. конф. мол. учених та студ. з міжнар. участю. Проблеми формування здорового способу життя у молоді*, Одеса, 2014, с. 99.
162. О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова, та В. О. Зверев, "Вплив ферменту трансглютаміназа на властивості білків борошна", *Восточно-Европейский журнал передових технологий*, № 5/11 (71), с. 28-33, 2014.
163. N. Lobacheva, O. Shanina, K. Dugina, and T. Gavrish, "Rheology, baking and organoleptic characteristics of breads from different gluten-free flours with transglutaminase and proteins supplements", in *8th CIGR Internat. Tech. Symposium Section VI. Advanced Food Processing* incorporating 1st International Congress on Contemporary Food Science and Engineering, Guangzhou, 2013, p. 31.
164. О. М. Шаніна, С. М. Мінченко, та К. В. Дугіна, "Перспективи застосування нових видів зернової сировини у виробництві безглютенових парових хлібців", *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. Харківський національний університет сільського господарства ім. П. Василенка*), вип. 166, с. 122-127, 2015.
165. O. Shanina, S. Minchenko, and K. Dugina, "Biological value, organoleptic, physical-chemical characteristics, and conformational changes of protein molecules in dough gluten-free steamed breads", *East European Scientific Journal*, vol. 1, no. 3 (3), pp. 119-123, 2015.
166. О. М. Шаніна, С. М. Мінченко, та К. Г. Власова, "Вплив харчової добавки карбоксиметилцелюлози на тривалість зберігання безглютенового парового

хліба ", на *Міжнар. наук.-практ. конф. Харчові технології, хлібопродукти та комбікорми*, Одеса, 2015, с. 61-62.

167. Т. О. Марцин, "Використання борошна кіноа у технології безглютенового хлібу", на *Міжнар. наук.-практ. конф. Туристичний, готельний і ресторанний бізнес: інно-вації та тренди*, Київ, 2016, с. 264-266.

168. A. Marti, G. Bottega, L. Franzetti, F. Morandin, L. Quaglia, and M. A. Pagani, "From wheat sourdough to gluten-free sourdough: a nonconventional process for producing gluten-free bread", *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 50, pp.1268-1274, 2015.

169. Г. О. Магомедов, Е. И. Пономарева, и И. А. Алейник, "Способ производства сбивных мучных изделий", *Фундаментальные исследования*, № 1, с.71-72, 2008.

170. Г. О. Магомедов, Е. И. Пономарева, И. А. Алейник, В. Г. Лобосов, и А. Г. Сарыева, "Способ производства сбивного хлеба "хуторок", *МПК7 А 21 D 13/04, А 21 D 13/02, А 21 D 10/04. № 2636604*, Окт. 27, 2008.

171. K. Ruttarattanamongkol, M. E. Wagner, S. S. H. Rizvi, "Properties of yeast free bread produced by supercritical fluid extrusion (SCFX) and vacuum baking", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol.12, issue 4, pp. 542-550, 2011.

172. В. В. Євлаш, С. О. Самойленко, Н. О. Отрошко, та І. А. Буряк, *Експрес-методи дослідження безпечності та якості харчових продуктів*, Харків, Україна: ХДУХТ, 2016.

173. М. А. Федина и др., "Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур", Москва, Россия: Калининская областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Калининского обл. исполкома, 1988.

174. О. М. Шаніна, П. В. Гурський, Д. Ю. Прасол. Д. О. Бідюк, Л. Г. Кульомін, О. І. Цопа, та Д. Г. Ганшин, "Напівавтоматизований текстурометр для визначення структурно-механічних показників харчових продуктів", *МПК (2014.01), G01B 9/00. № 90314*, Черв. 25, 2014.

175. И. М. Скурихин, та В. А. Тутельян, "Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник", Москва, Россия: ДеЛи принт, 2002.
176. O. Shanina, A. Teymurova, and F. Persevoy, "System analysis and modelling in food technology", Харків, Україна: «Апостроф», 2013.
177. S. A. Mir, M. A. Shah, H. R. Naik, and I. A. Zargar "Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads", *Trends in Food Science & Technology*, vol. 51, pp. 49-57, 2016.
178. S. Naji-Tabasi, and M. Mohebbi, "Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing", *Food Measure*, vol. 9, pp.110-119, 2015.
179. M. Gomez, M. Talegon, E. dela Hera, "Influence of mixing on quality of gluten-free bread", *Journal of Food Quality*, vol. 36, pp.139-145, 2013.
180. О. М. Шаніна, І. В. Галясний, та Н. Л. Лобачова, "Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба", *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*, №4 (3), с. 56–60, 2015.
181. K. Dugina, N. Lobacheva, S. Minchenko, I. Haliasnyi, and O. Shanina, "Development of gluten-free products with high nutritional value", in *IV International congress "Engineering, environment and materials in processing industry"*, Jahorina, 2015, pp. 514-520.
182. C. Marco, and C. M. Rosell, "Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours", *Journal of Food Engineering*, vol. 88, pp. 94-103, 2008.
183. Ю. А. Мачихин, "Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник", Москва, Россия: Агропромиздат, 1990.
184. Л. Е. Мелёшкина, и А. В. Попова, "Исследование эффективности замеса и формирования безглютеновых макаронных изделий", *Ползуновский вестник*, № 3/2, с.77-81, 2011.
185. В. Г. Конарев, "Белки пшеницы", Москва, Россия: Колос, 1980.

186. В. Л. Кретович, и О. А. Жмакина, "О природе связей в клейковине", Докл. АН СССР, т. 238, № 4, с. 985-987, 1978.
187. Н. П. Козьмина, "Биохимия хлебопечения", Москва, Россия: Пищ.пром-сть, 1978.
188. J. A. Bietz, and J. S. Wall, "Identity of high molecular weight gliadin and ethanol – soluble glutenin subunits of wheat: relation to gluten structure", *Cereal Chem.*, vol. 57 (2), pp. 415-421, 1980.
189. P. J. Payne, L. M. Holt, E. A. Jackson, and C. N. Law, "Wheat storage proteins - their genetics and their potential for manipulation by plant breeding", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 304, pp. 359-371, 1984.
190. P. J. Payne, L. M. Holt, A. F. Krattiger, and J. M. Carillo, "Relationships between seed quality characteristics and HMW glutenin subunit composition determined using wheat grown in Spain", *Journal of Cereal Science*, vol. 65 (7), pp. 229-235, 1988.
191. W. J. Rogers, P. J. Payne, and K. Horinder, "The HMW glutenin subunits and gliadin compositions of German – grown wheat varieties and their relationship with bread – making quality", *Plant Breed*, vol. 2, pp. 89-100, 1989.
192. Л. Беллами, "Инфракрасные спектры сложных молекул", Москва, Россия: Изд-во иностр. л-ры, 1963.
193. Г. Сузи, "Инфракрасные спектры биологических макромолекул и модельных соединений", *Структура и стабильность биологических макромолекул*, Москва, Россия: Мир, 1973.
194. Г. В. Юхневич, "Инфракрасная спектроскопия воды", Москва, Россия: Наука, 1973.
195. А. Т. Теймурова, "Розробка технологій желейної продукції з використанням концентратів тваринних білків", дис. канд. наук., Харківський держ. ун-т харч. та торгівл Харків, 2010.
196. В. К.Тихомиров, "Пены. Теория и практика их получения и разрушения", Москва, Россия: Химия, 1975.

197. В. Горелов, та І. Кісіль, "Процес утворення лежачої краплі та вимірювання поверхневого натягу рідин однойменним методом", *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, № 460, с. 109-114, 2002.
198. Й. Й. Білинський, та О. С. Городецька, "Автоматизований контроль поверхневого натягу рідин методом лежачої краплі". Вінниця, Україна: Універсум-Вінниця, 2008.
199. В. О. Горелов, та М. М. Дранчук, "Вимірювання поверхневого натягу чистих рідин і розчинів методом лежачої краплі", *Методи та прилади контролю якості*, № 10, с.31-35, 2003.
200. І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, та О. М. Шаніна, "Дослідження піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста з використанням гідроколоїдів та концентратів тваринних білків", *Продовольчі ресурси*, № 10, с. 67-75, 2018.
201. О. М. Шаніна, Т. В. Гавриш, І. В. Галясний, та К. В. Дугіна, "Реологічні властивості безглютенового бездріжджового тіста", *Молодий вчений*, № 2(42), с. 225-229, 2017.
202. І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, та О. М. Шаніна, "Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста", *Інтернаука*, т. 1, № 18(40), с. 66-71, 2017.
203. Т. В. Гавриш, О. М. Шаніна, та І. В. Галясний, "Дослідження впливу полісахаридної та білкової добавки на гідратаційні властивості безглютенового бездріжджового тіста", *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, вип. 194, с. 119-123, 2018.
204. І. В. Галясний, "Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста", на *Всеукр. наук.-практ. конф. Майбутній науковець-2017*, Сєверодонецьк, 2017, с. 135-137.
205. І. В. Галясний, "Формування піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста", на *II Міжнар. наук.-практ. конф. Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття*, Хмельницький, 2017, с. 98-101.

206. І. Галясний, Т. Гавриш, та О. Шаніна, "Білково-протеїназний комплекс безглютенового тіста в присутності молочних білків", *Продовольча індустрія АПК*, т. 17, № 1, с. 10-14, 2018.
207. І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, та О. М. Шаніна, "Дослідження іонноз'язувальної здатності білків безглютенового борошна в присутності тваринних білків", *Вісник НТУ «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях*, № 9(1285), с. 179-184, 2018.
208. O. Shanina, T. Gavrish, I. Haliasnyi, and S. Minchenko, "Research of polysaccharide and protein supplements influence on viscous properties of gluten-free dough", *Technology audit and production reserves*, vol. 2, no. 3(34), pp. 30-35, 2017.
209. I. Haliasnyi, T. Gavrish, and O. Shanina, "Research of surface properties of water-flour suspensions in the presence of hydrocolloids and protein supplements", *Technology audit and production reserves*, vol. 1, no. 3(39), pp. 58-63, 2018.
210. О. М. Шаніна, І. В. Галясний, Л. М. Ястребова, та О. О. Андрієнко, "Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців", *МПК А21D 8/02, А21D 13/04. № 109240*, Серп. 25, 2016.
211. Т. В. Гавриш, І. В. Галясний, О. М. Шаніна, та К. В. Дугіна, "Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців", *МПК А21D 8/02, А21D 13/047. № 124854*, Квіт. 25, 2018.
212. О. М. Шаніна, І. В. Галясний, К. В. Дугіна, та Т. В. Гавриш, "Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців", *МПК А21D 8/02, А21D 13/047. № 124855*, Квіт. 25, 2018.
213. І. В. Галясний, "Визначення здатності до черствіння під час зберігання безглютенових бездріжджових хлібців", на *XXV Міжнар. наук.-практ. конф. Наука в сучасному світі*, Київ, 2017, с. 41-44.
214. І. В. Галясний, О. М. Кравченко, та Т. В. Гавриш, "Обґрунтування економічної ефективності виробництва безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції", на *Міжнар. наук.-практ. конф. Економіка, фінанси, облік та управління: оцінка та перспективи розвитку в Україні та світі*, Полтава, 2017, с. 8-10.

Додатки

ДОДАТОК А
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
І РОЗРАХУНКИ

Додаток А1

ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД (ПЕРЕРІЗ) БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖОВИХ ХЛІБЦІВ ЗА РІЗНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ РІДКОЇ ФАЗИ

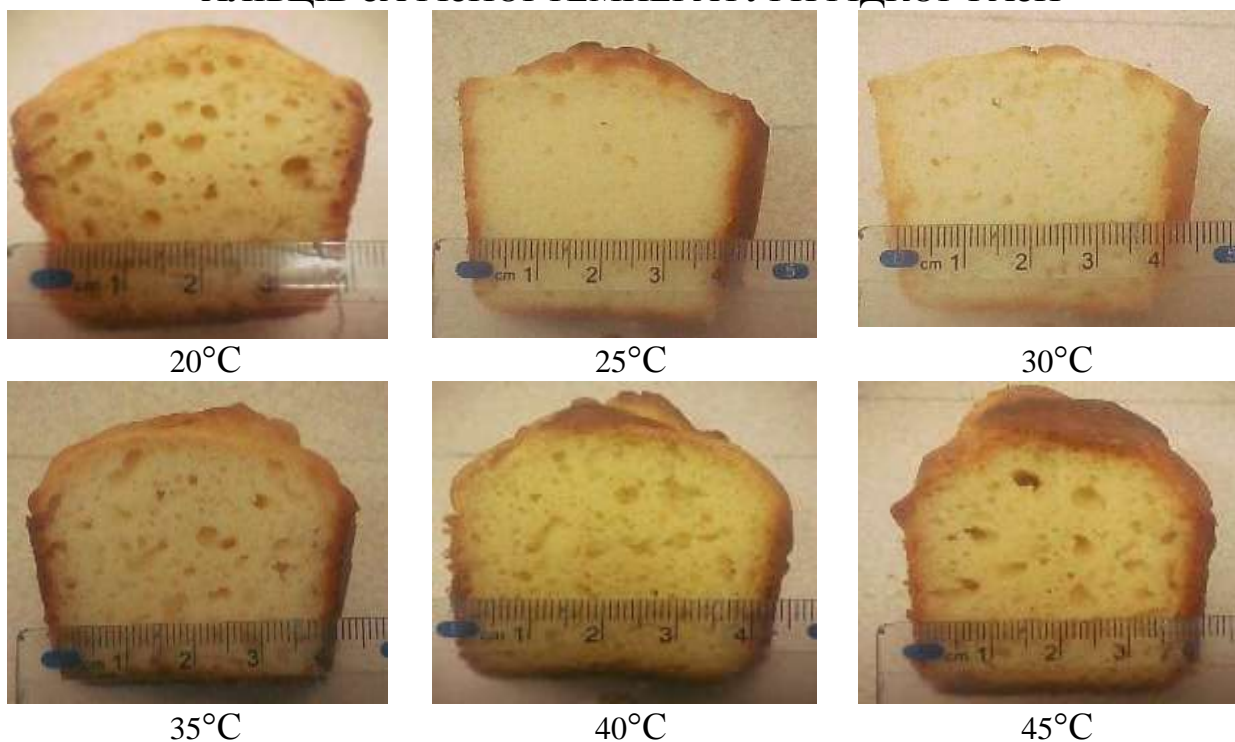


Рис. А1.1. Зовнішній вигляд (переріз) безглютенових бездріжджових хлібців за різної температури кефіру

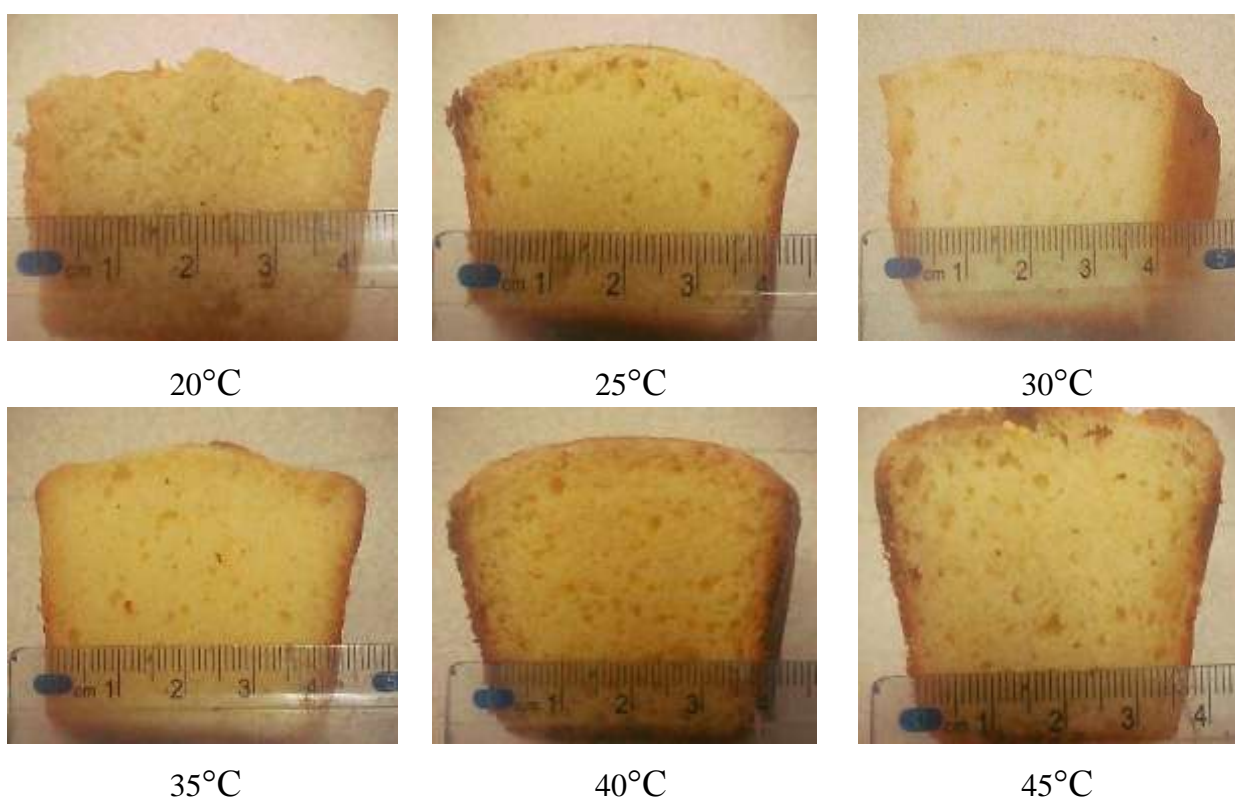


Рис. А1.2. Зовнішній вигляд (переріз) безглютенових бездріжджових хлібців за різної температури молока

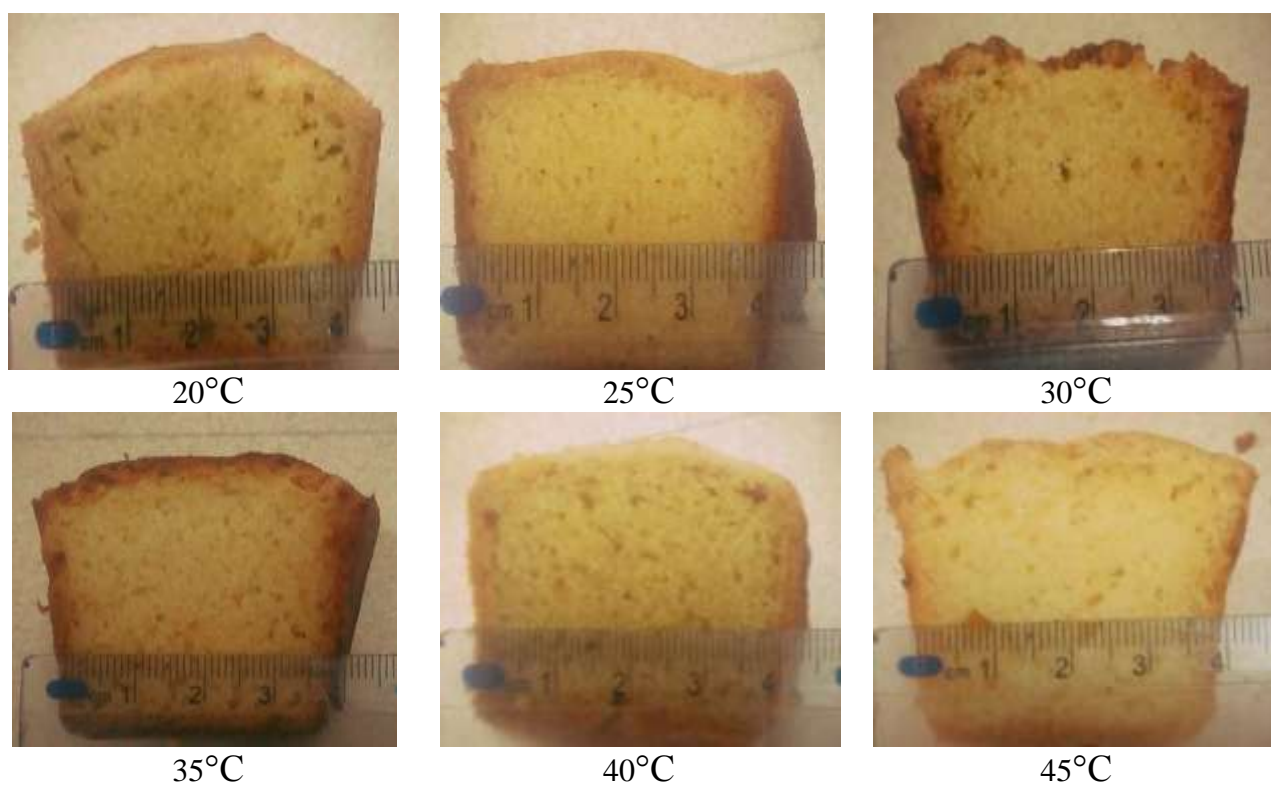


Рис. А1.3. Зовнішній вигляд (переріз) безглютенових бездріжджових хлібців за різної температури сироватки

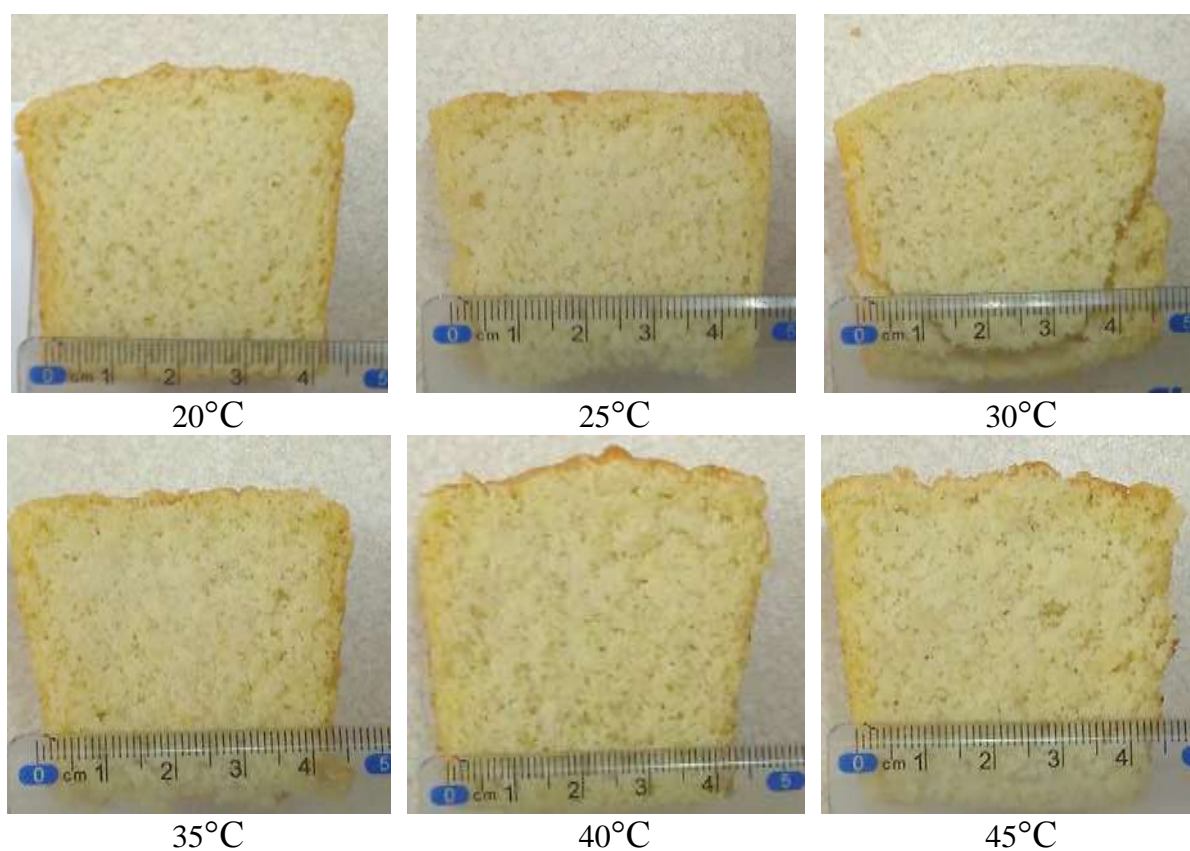


Рис. А1.4. Зовнішній вигляд (переріз) безглютенових бездріжджових хлібців за різної температури води

Додаток А2

ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЗРАЗКІВ ТІСТА

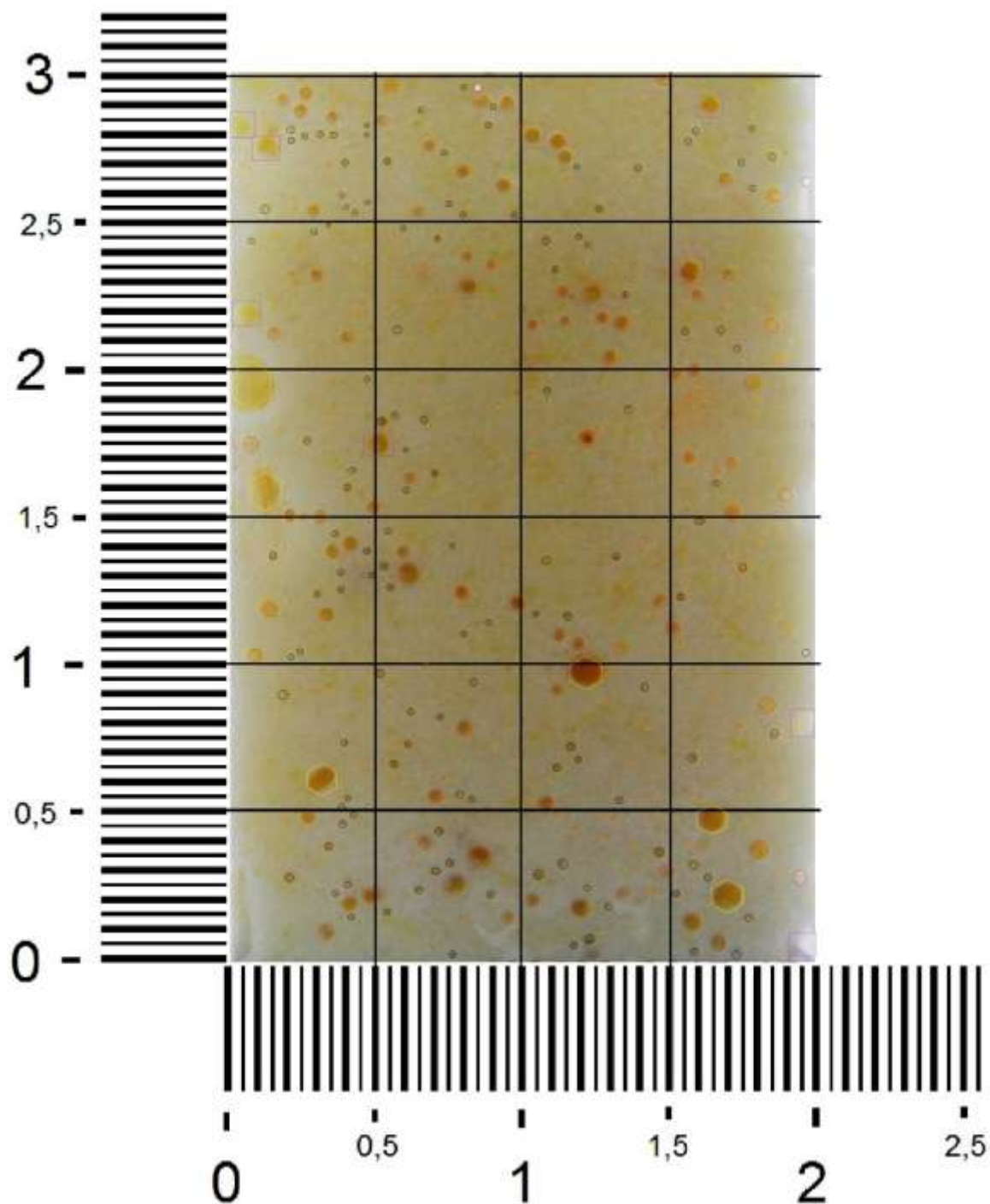


Рис. А2.1. Зовнішній вигляд безглютенового бездріжджового тіста (на основі суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$), в якості рідкої фази кефір (1 вар.)

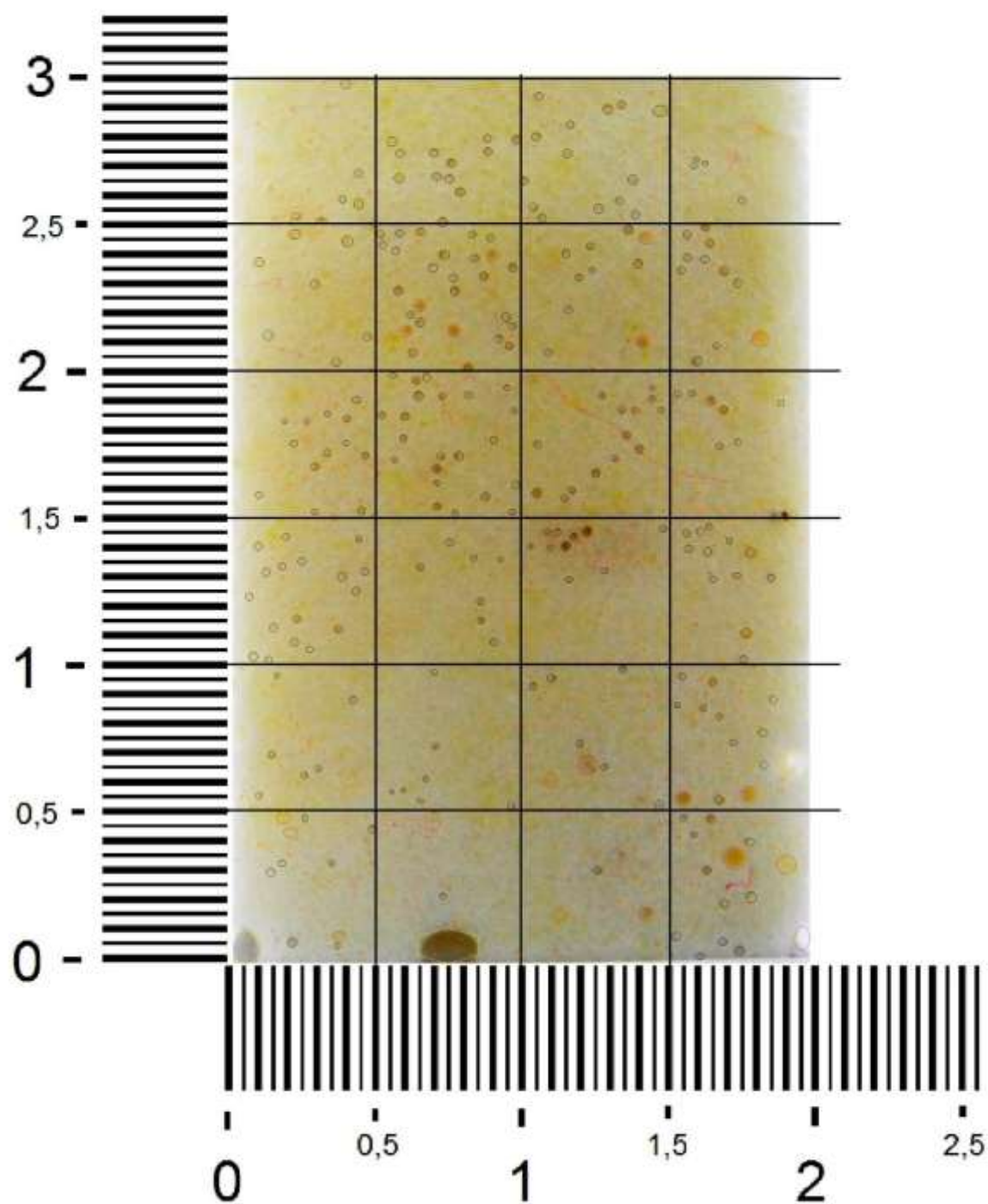


Рис. А2.2. Зовнішній вигляд безглютенового бездріжджового тіста (на основі суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$), в якості рідкої фази розчин Na КМЦ (3 вар.)

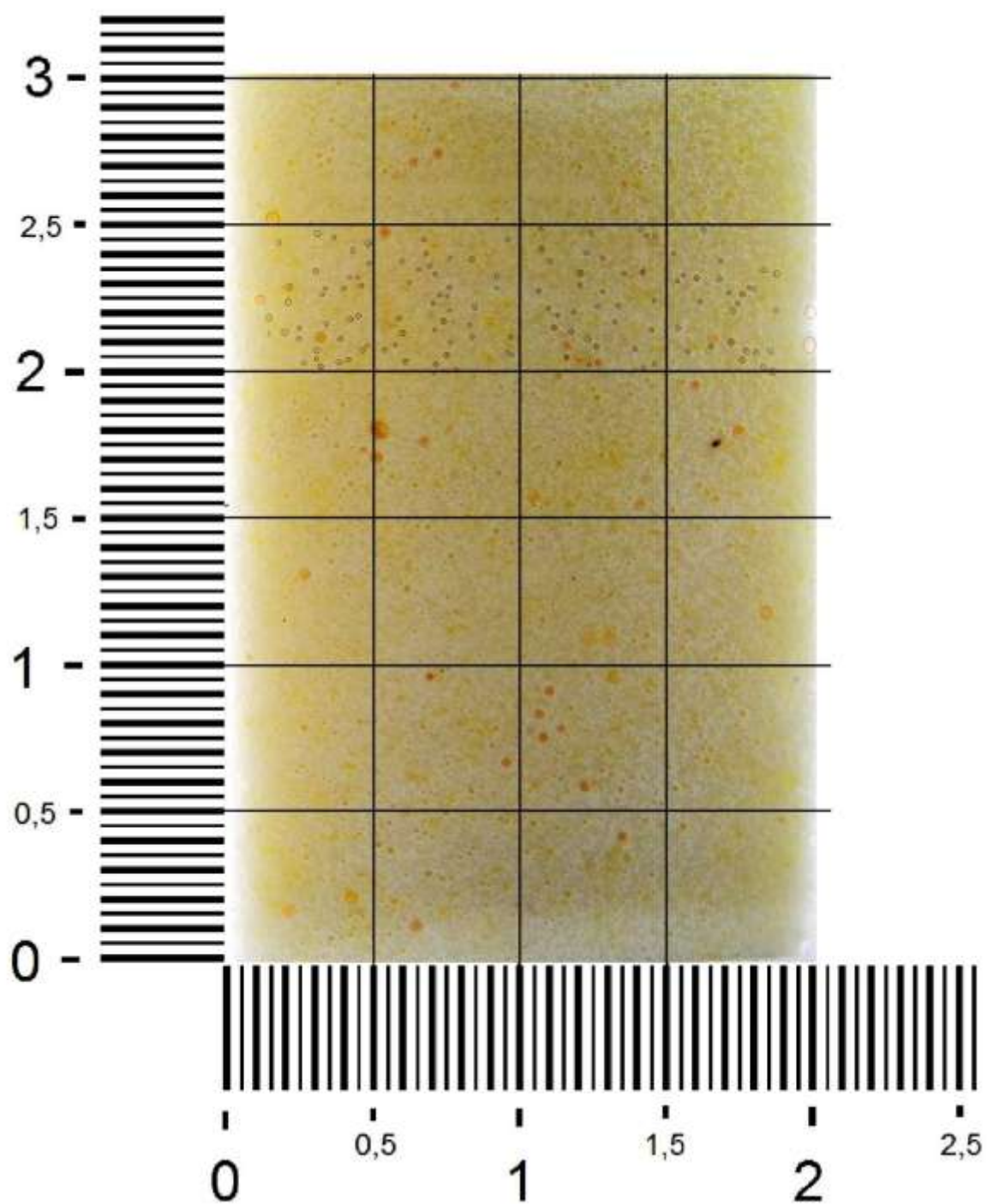


Рис. А2.3. Зовнішній вигляд безглютенового бездріжджового тіста (на основі суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) із застосуванням Геліос-11 (4 вар.)

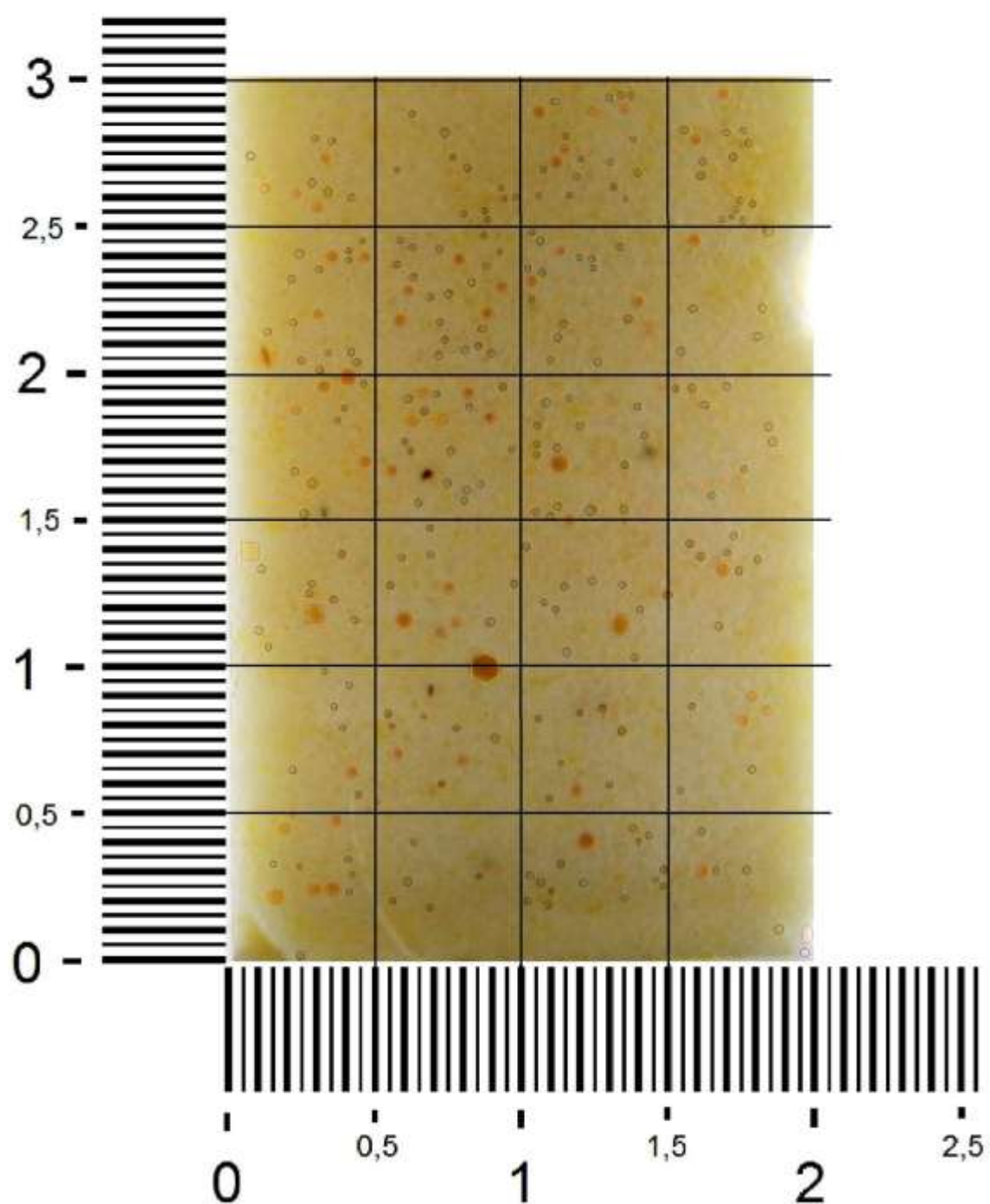


Рис. А2.4. Зовнішній вигляд безглютенового бездріжджового тіста (на основі суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) із застосуванням розчину Na КМЦ та Геліос-11 (5 вар.)

Додаток А3

ДО РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ПОР (ФРАГМЕНТ РОЗРАХУНКУ)

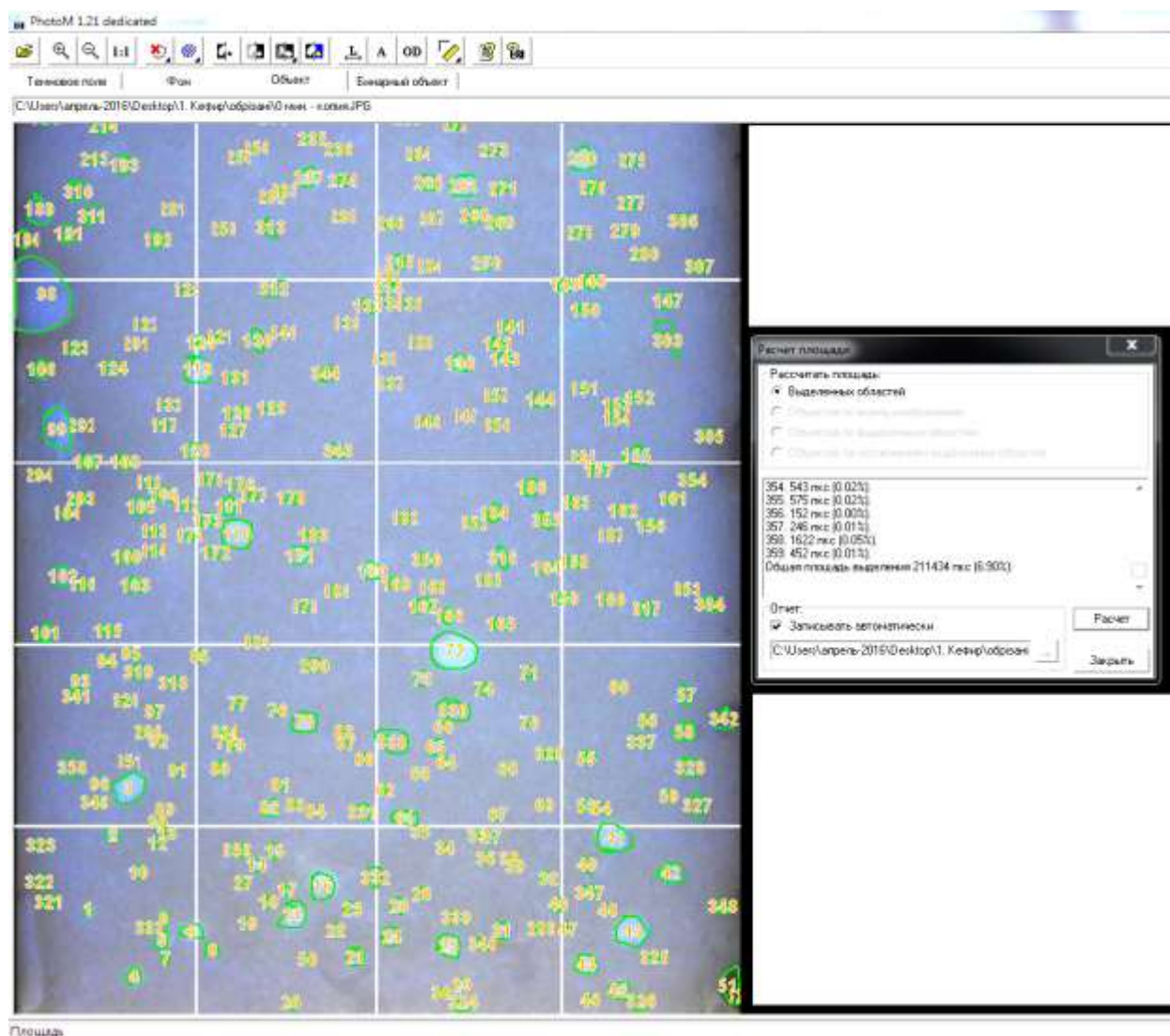


Рис. А3.1. Визначення площі пор в тісті із застосуванням програми Photo M 1.21.

**Результати математичної обробки для кількісної оцінки піноподібної
структури тіста різного рецептурного складу**

| Показники | Діаметр пор, мм | | | | |
|--|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | 0,1...0,25 | 0,26...0,29 | 0,3...0,5 | 0,7...1,0 | 1,1...1,5 |
| Середня площа однієї пори, мм ² | 0,03 | 0,07 | 0,13 | 0,57 | 1,23 |
| Варіант 1 (кефір) | | | | | |
| Кількість пор в полі зору, шт. | 117 | 127 | 77 | 14 | 6 |
| Загальна площа пор, мм ² | 3,51 | 8,89 | 10,01 | 7,98 | 7,38 |
| Загальна площа тіста, мм ² | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Відношення площі пор до загальної площі тіста, % | 0,59 | 1,48 | 1,67 | 1,33 | 1,23 |
| Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, % | 6,3 | | | | |
| Варіант 3 (На КМЦ) | | | | | |
| Кількість пор в полі зору, шт. | 400 | 235 | 20 | 0 | 3 |
| Загальна площа пор, мм ² | 12 | 16,45 | 2,6 | 0 | 3,69 |
| Загальна площа тіста, мм ² | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Відношення площі пор до загальної площі тіста, % | 2 | 2,74 | 0,43 | 0 | 0,62 |
| Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, % | 5,79 | | | | |
| Варіант 4 (Геліос 11) | | | | | |
| Кількість пор в полі зору, шт. | 2400 | 744 | 34 | 0 | 0 |
| Загальна площа пор, мм ² | 72 | 52,08 | 4,42 | 0 | 0 |
| Загальна площа тіста, мм ² | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Відношення площі пор до загальної площі тіста, % | 12 | 8,68 | 0,74 | 0 | 0 |
| Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, % | 24,42 | | | | |
| Варіант 5 (На КМЦ + Геліос 11) | | | | | |
| Кількість пор в полі зору, шт. | 552 | 221 | 55 | 3 | 1 |
| Загальна площа пор, мм ² | 16,56 | 15,47 | 7,15 | 1,71 | 1,23 |
| Загальна площа тіста, мм ² | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Відношення площі пор до загальної площі тіста, % | 2,76 | 2,58 | 1,19 | 0,29 | 0,21 |
| Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, % | 7,02 | | | | |

Додаток А4

КРИВІ НАВАНТАЖЕННЯ-РОЗВАНТАЖЕННЯ ТІСТА

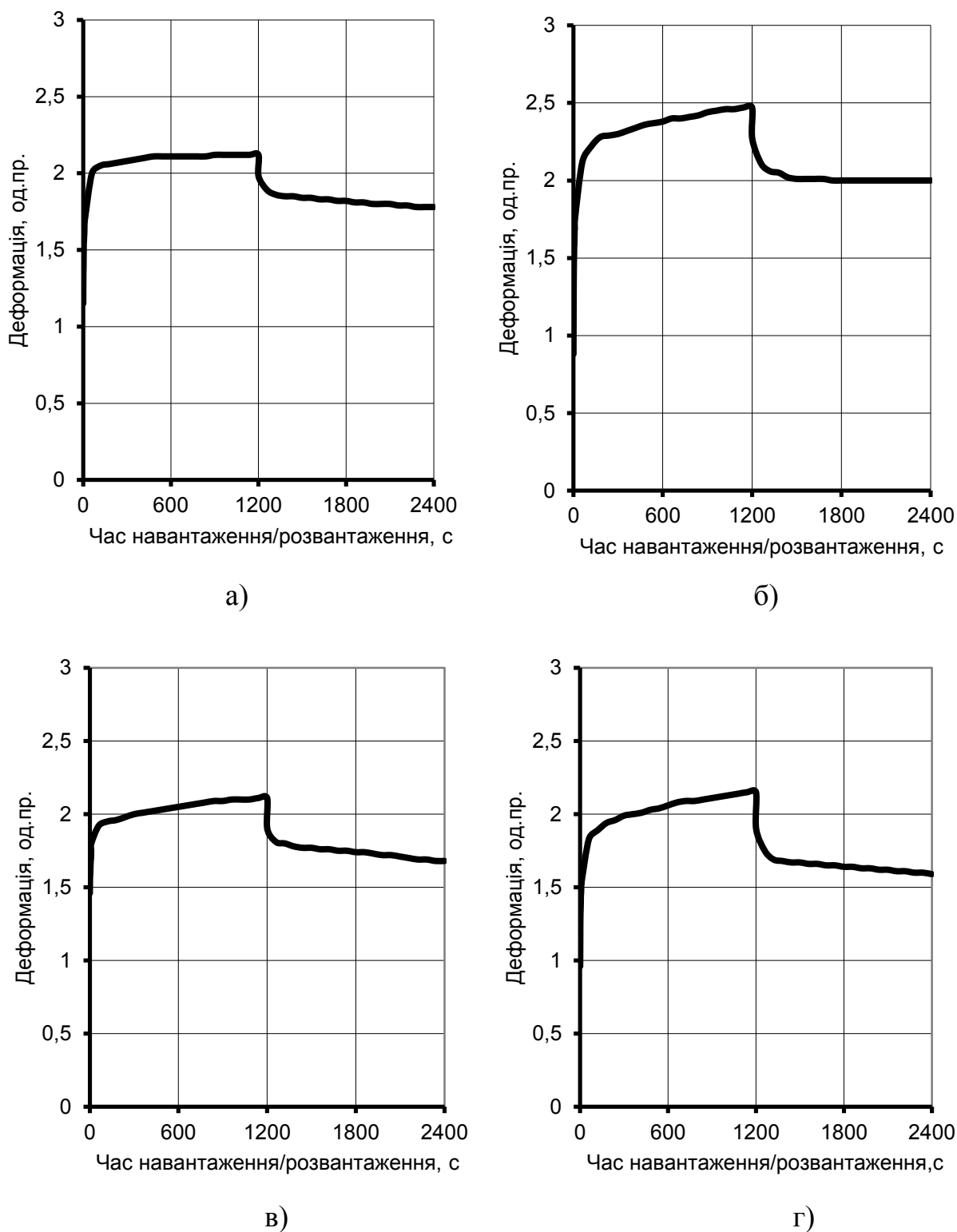
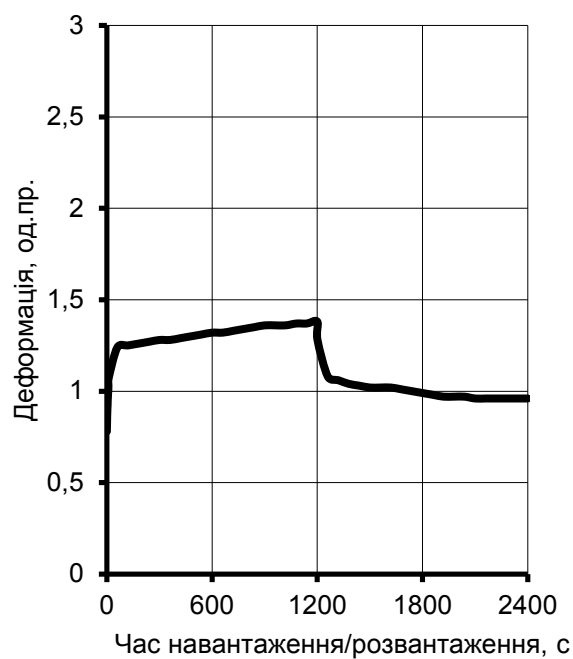
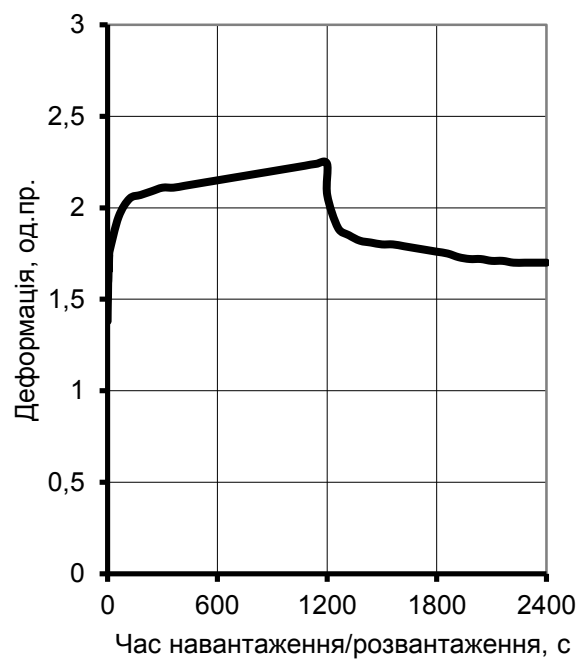


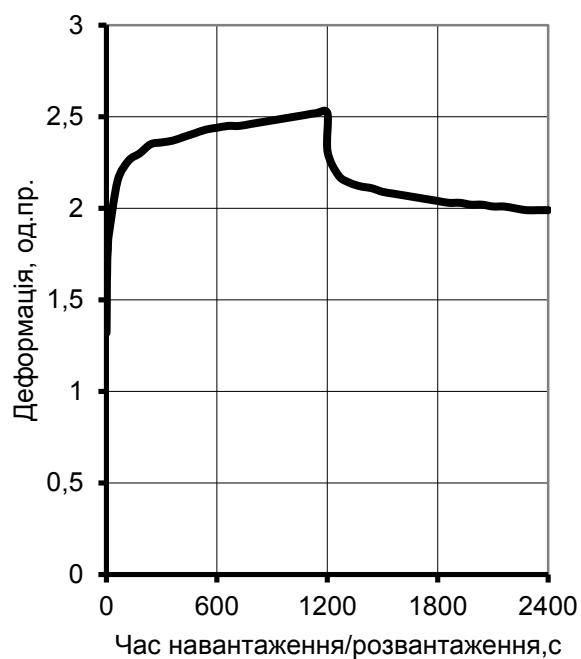
Рис. А4.1. Криві навантаження-розвантаження тіста з борошна рисового без Na КМЦ (а) та з розчином Na КМЦ – 0,3% (б), 0,5% (в), 0,7% (г)



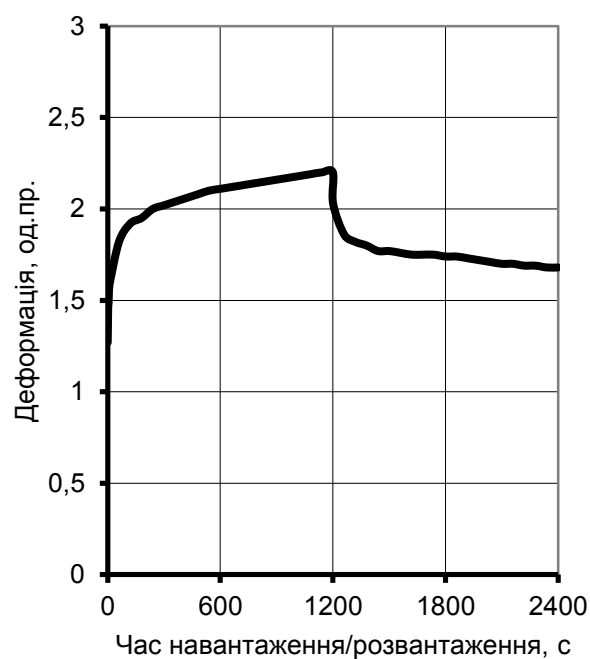
а)



б)

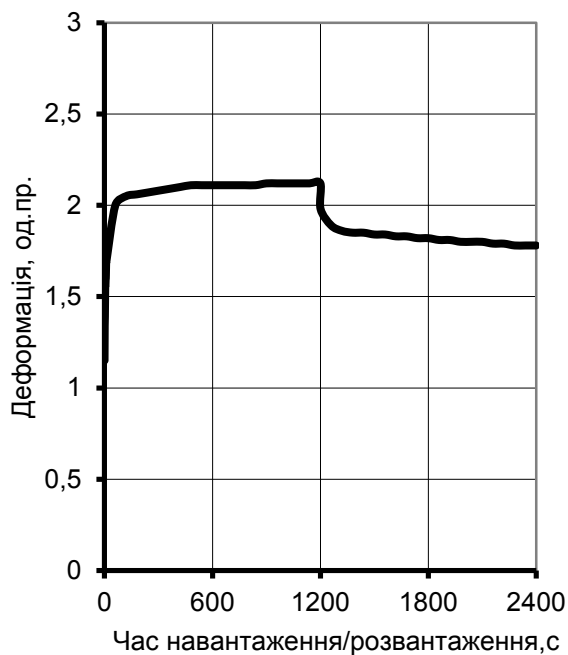


в)

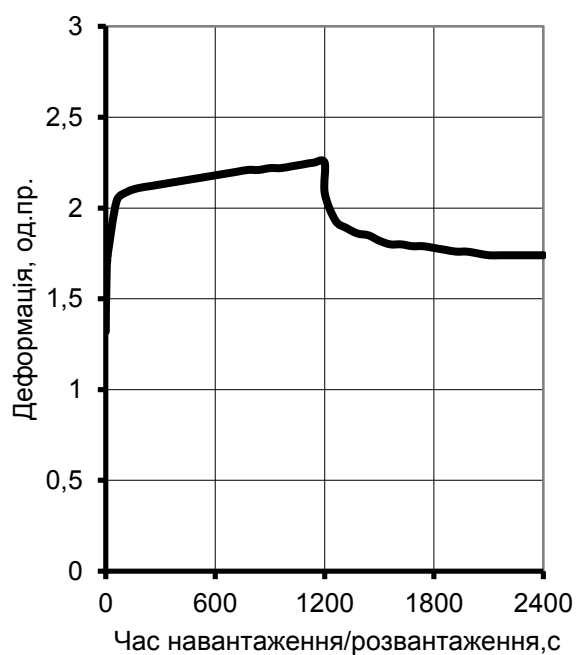


г)

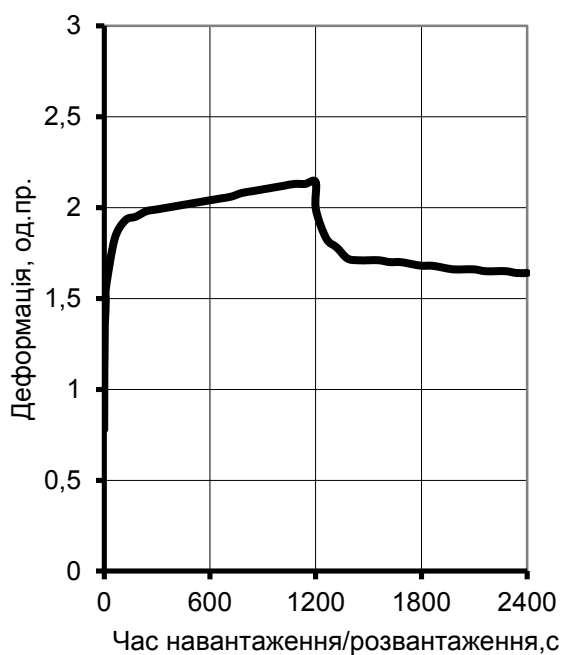
Рис. А4.2. Криві навантаження-розвантаження тіста з борошна кукурудзяного без Na КМЦ (а) та з розчином Na КМЦ – 0,3% (б), 0,5% (в), 0,7% (г)



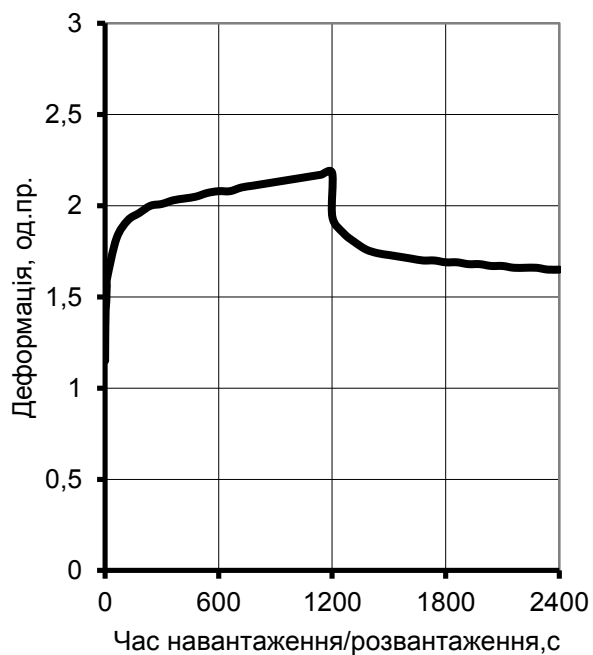
а)



б)



в)



г)

Рис. А4.3. Криві навантаження-розвантаження тіста з борошняної суміші $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ без Na КМЦ (а) та з розчином Na КМЦ – 0,3% (б), 0,5% (в), 0,7% (г)

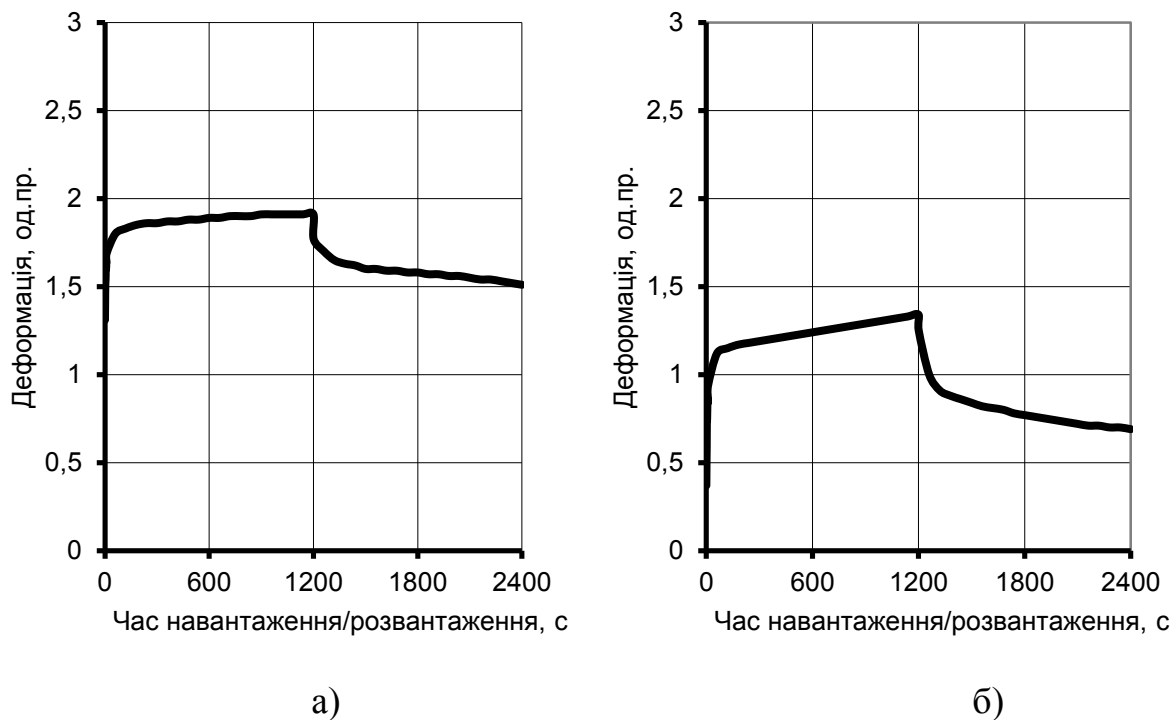


Рис. А4.4. Криві навантаження-розвантаження тіста з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ з добавкою 1,0% Геліос-11 без Na КМЦ (а) та з 0,5 % Na КМЦ (б)

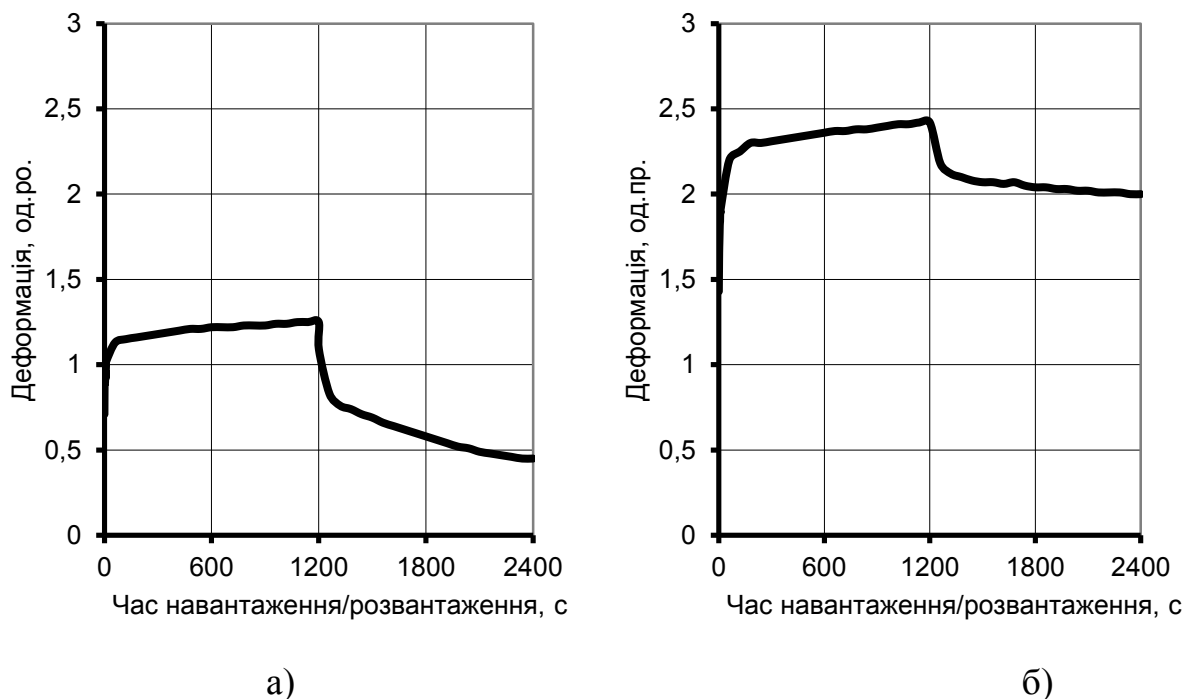


Рис. А4.5. Криві навантаження-розвантаження тіста з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ з добавкою Сканпро Т95 1,5% без Na КМЦ (а) та з 0,5% Na КМЦ (б)

Додаток А5

КРИВІ МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВОГО РОЗПОДІЛУ БІЛКІВ

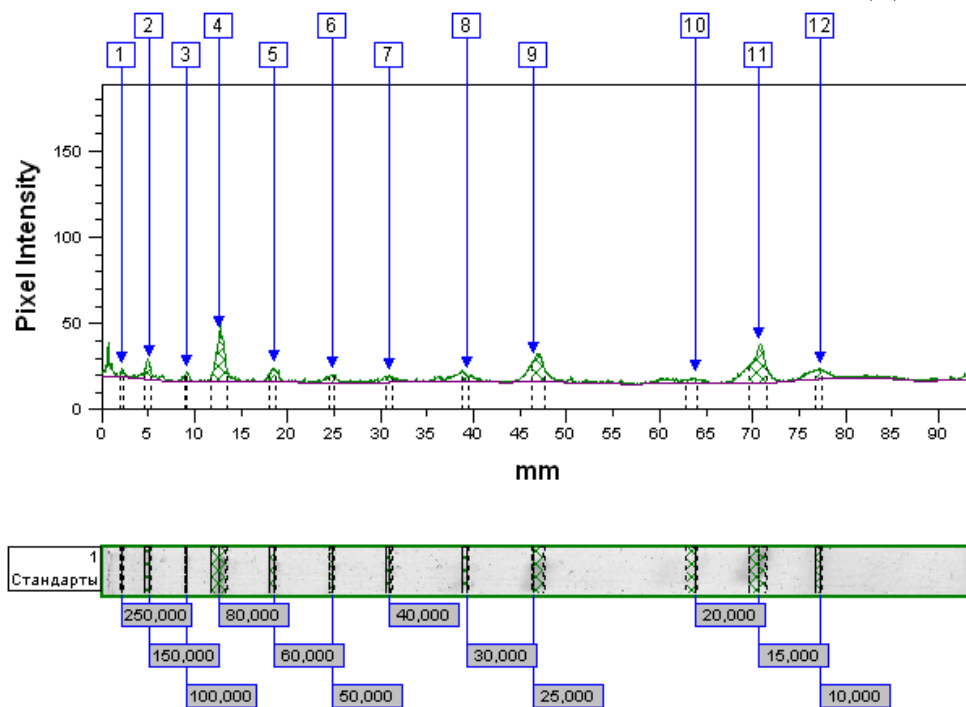
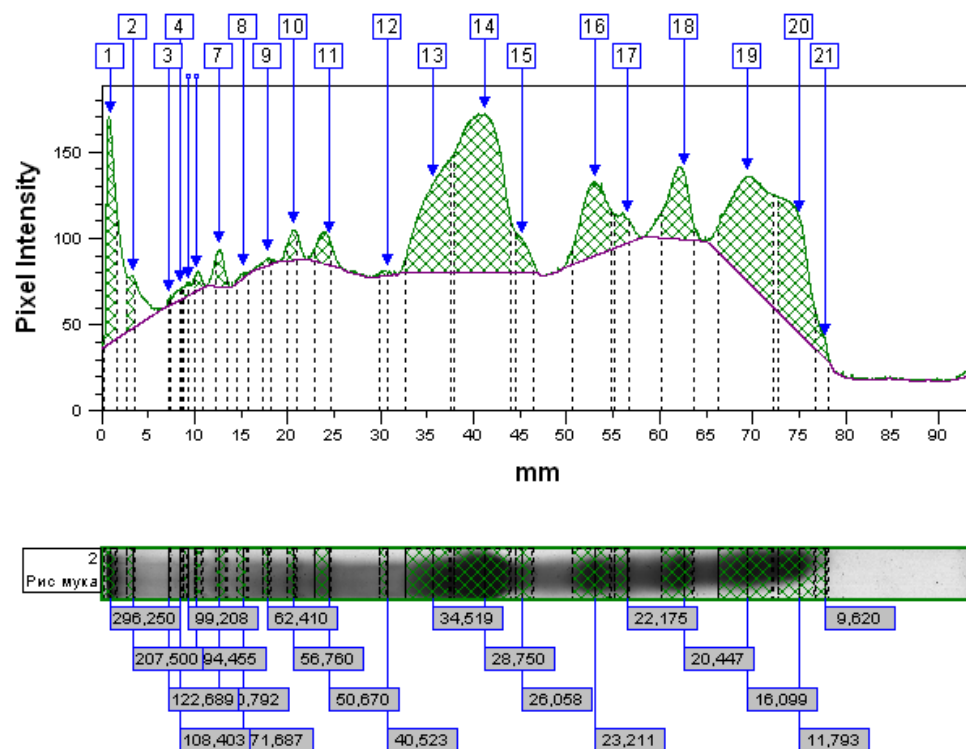


Рис. А5.1. Крива ММР (стандарт)

Рис. А5.2. Крива ММР зразків тіста на воді: борошно рисове (Б_{рис})

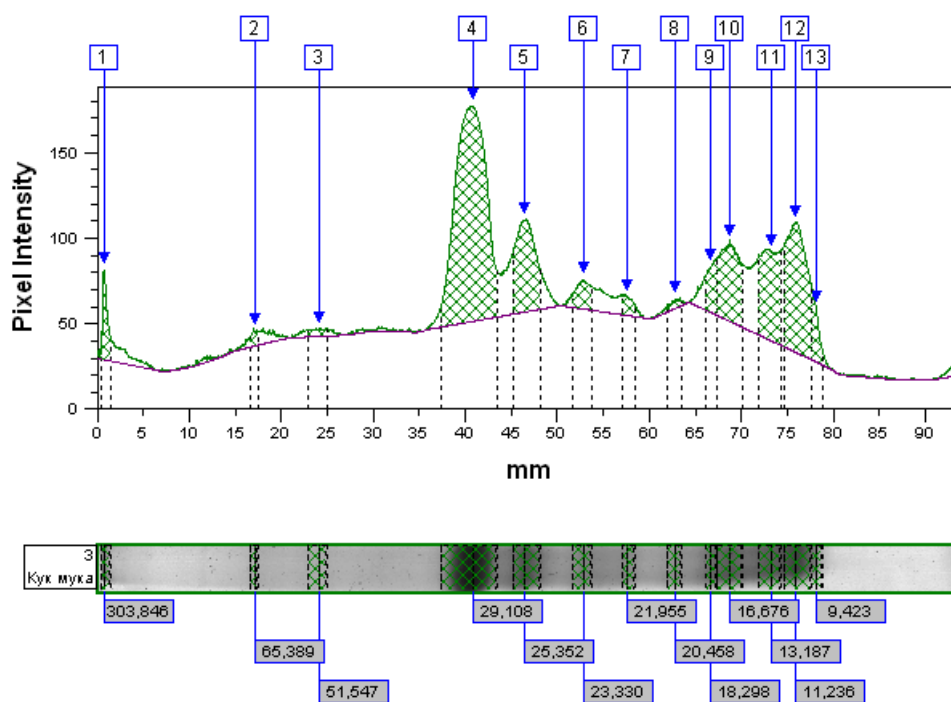


Рис. А5.3. Крива ММР зразків тіста на воді: борошно кукурудзяне (Б_{кук})

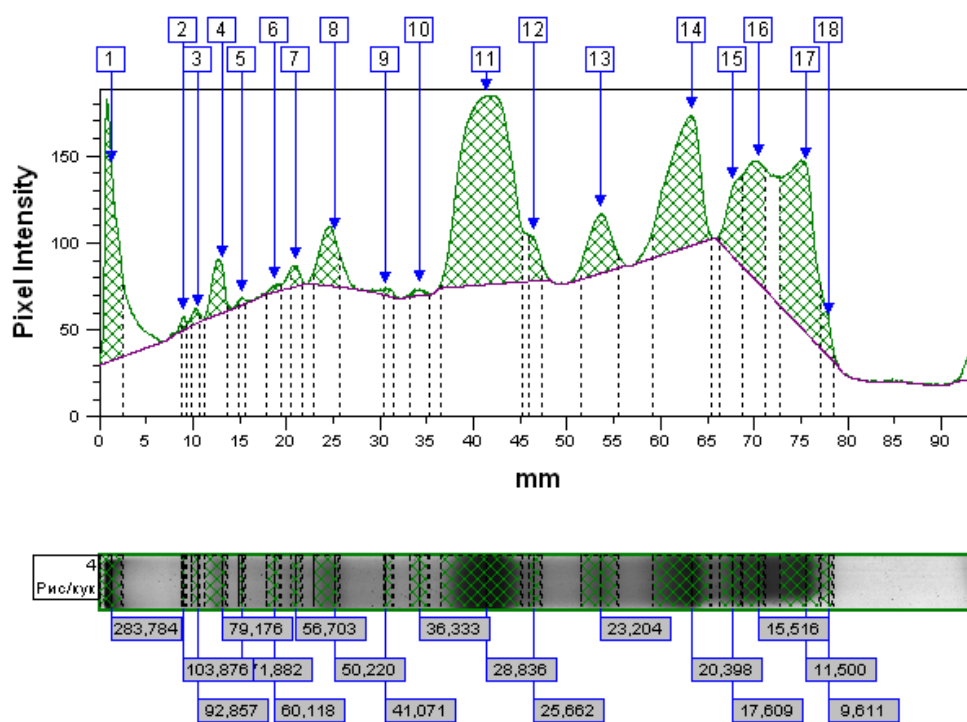


Рис. А5.4. Крива ММР зразків тіста на воді: суміш Б_{рис}/Б_{кук} = 70/30

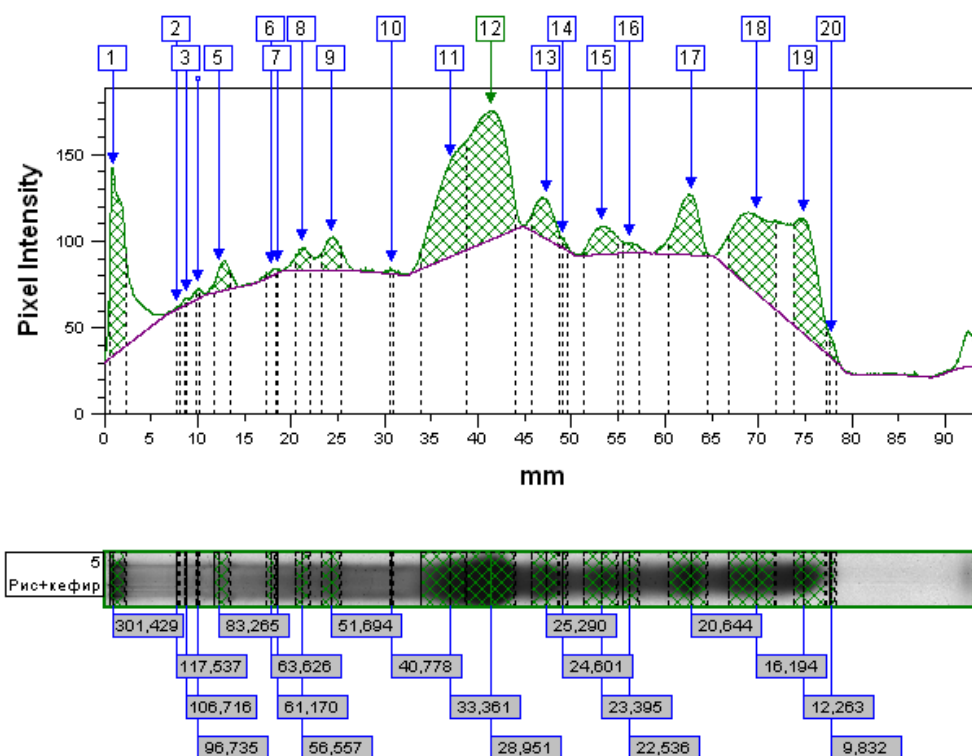


Рис. А5.5. Крива ММР зразків тіста на кефірі: борошно рисове (Б_{рис}+К)

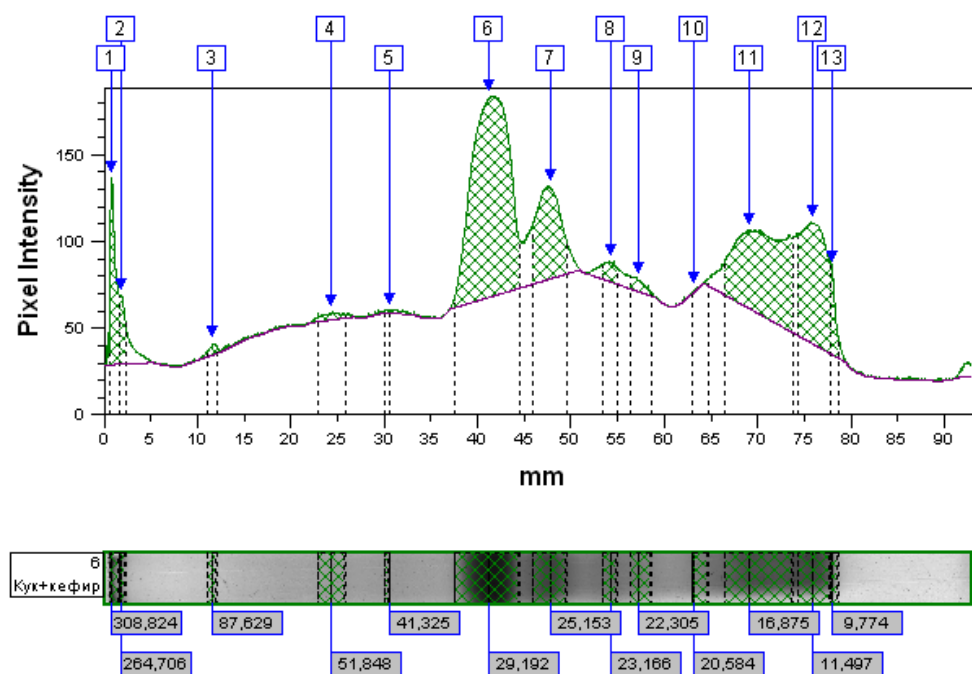


Рис. А5.6. Крива ММР зразків тіста на кефірі: борошно кукурудзяне (Б_{кук}+К)

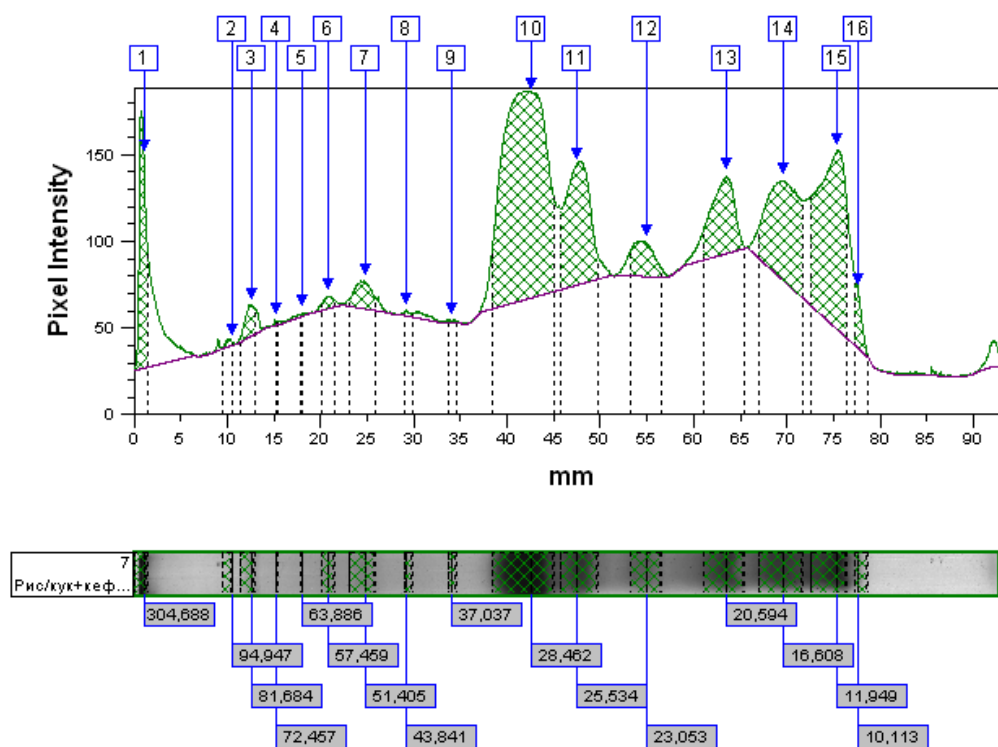


Рис. А5.7. Крива ММР зразків тіста на кефірі: суміш ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30 + \text{К}$)

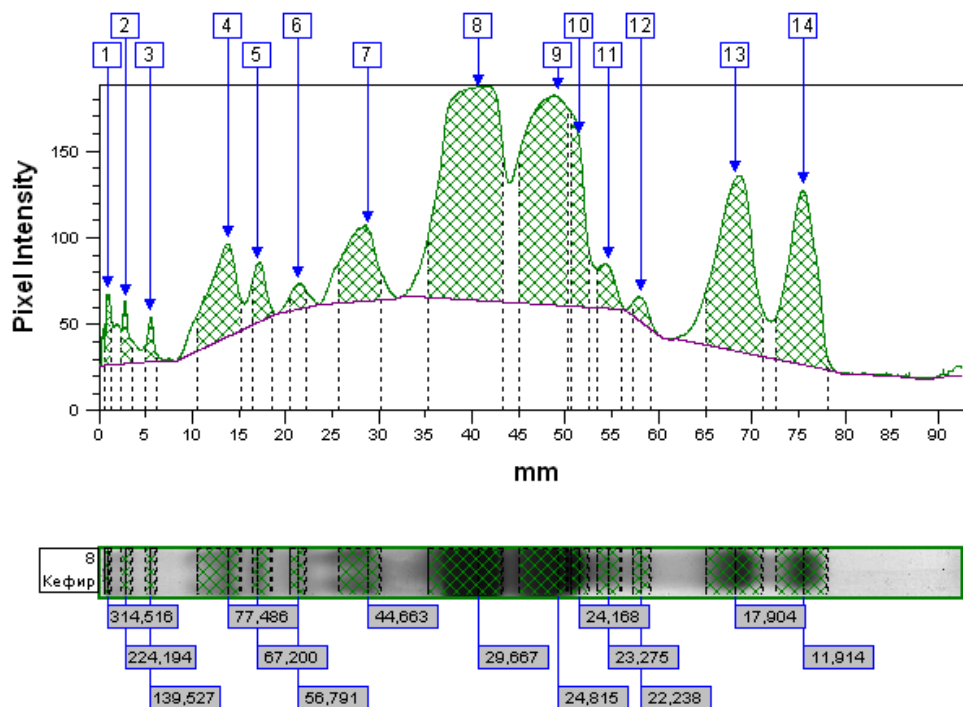


Рис. А5.8. Крива ММР (кефір)

Таблиця А5.1.

Розрахунок вмісту білкових речовин з урахуванням маси зразка і обсягом рідких фракцій взятих для аналізу тіста на воді

| Вид борошна та розчинної фракції | мл ки-сло-ти | мл 0,1н NAOH на титрування | мг азо-ту в пробі | об'єм, мл | на спалювання, мл | г суміші на 1г матеріалу | мг білка на г матеріалу |
|--|--------------|----------------------------|-------------------|-----------|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| Борошно рисове | | | | | | | |
| водна | 10 | 9,1 | 0,1750 | 50 | 5 | 1,747 | 9,66 |
| сольова | 10 | 10,0 | 0,0420 | 10 | 5 | 1,747 | 0,46 |
| спиртова | 10 | 8,7 | 0,2310 | 50 | 5 | 1,747 | 12,76 |
| лужна | 10 | 9,4 | 0,1330 | 50 | 5 | 1,747 | 7,34 |
| Борошно кукурудзяне | | | | | | | |
| водна | 10 | 9,5 | 0,1190 | 50 | 5 | 1,749 | 6,56 |
| сольова | 10 | 10,1 | 0,0280 | 10 | 5 | 1,749 | 0,31 |
| спиртова | 10 | 5,5 | 0,6790 | 50 | 5 | 1,749 | 37,45 |
| лужна | 10 | 10,0 | 0,0490 | 50 | 5 | 1,749 | 2,70 |
| Борошняна суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 | | | | | | | |
| водна | 10 | 9,55 | 0,1050 | 50 | 5 | 1,755 | 5,77 |
| сольова | 10 | 10,05 | 0,0350 | 10 | 5 | 1,755 | 0,38 |
| спиртова | 10 | 7,15 | 0,4410 | 50 | 5 | 1,755 | 24,24 |
| лужна | 10 | 9,45 | 0,1190 | 50 | 5 | 1,755 | 6,54 |

Таблиця А5.2.

Розрахунок вмісту білкових речовин з урахуванням маси зразка і обсягом рідких фракцій взятих для аналізу тіста на кефірі

| Вид борошна та розчинної фракції | мл ки-сло-ти | мл 0,1н NAOH на титрування | мг азо-ту в пробі | об'єм, мл | на спалювання, мл | г суміші на 1г матеріалу | мг білка на г матеріалу |
|--|--------------|----------------------------|-------------------|-----------|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| Борошно рисове | | | | | | | |
| водна | 10 | 9,05 | 0,1750 | 50 | 5 | 1,93 | 9,64 |
| сольова | 10 | 10,10 | 0,0280 | 10 | 5 | 1,93 | 0,31 |
| спиртова | 10 | 7,30 | 0,4200 | 50 | 5 | 1,93 | 23,15 |
| лужна | 10 | 9,75 | 0,0770 | 50 | 5 | 1,93 | 4,24 |
| Борошно кукурудзяне | | | | | | | |
| водна | 10 | 9,4 | 0,1260 | 50 | 5 | 1,91 | 7,02 |
| сольова | 10 | 10,1 | 0,0350 | 10 | 5 | 1,91 | 0,39 |
| спиртова | 10 | 5,4 | 0,6930 | 50 | 5 | 1,91 | 38,59 |
| лужна | 10 | 9,8 | 0,0770 | 50 | 5 | 1,91 | 4,29 |
| Борошняна суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 | | | | | | | |
| водна | 10 | 9,2 | 0,1610 | 50 | 5 | 1,97 | 8,69 |
| сольова | 10 | 10,1 | 0,0280 | 10 | 5 | 1,97 | 0,30 |
| спиртова | 10 | 6,5 | 0,5390 | 50 | 5 | 1,97 | 29,10 |
| лужна | 10 | 9,8 | 0,0770 | 50 | 5 | 1,97 | 4,16 |

Додаток А6 ІЧ-СПЕКТРИ

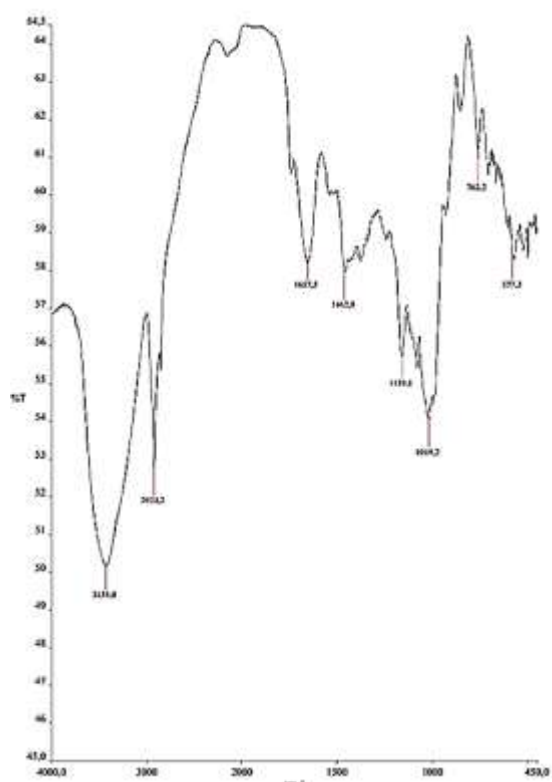


Рис. А6.1. ІЧ-спектр тіста з борошна кукурудзяного

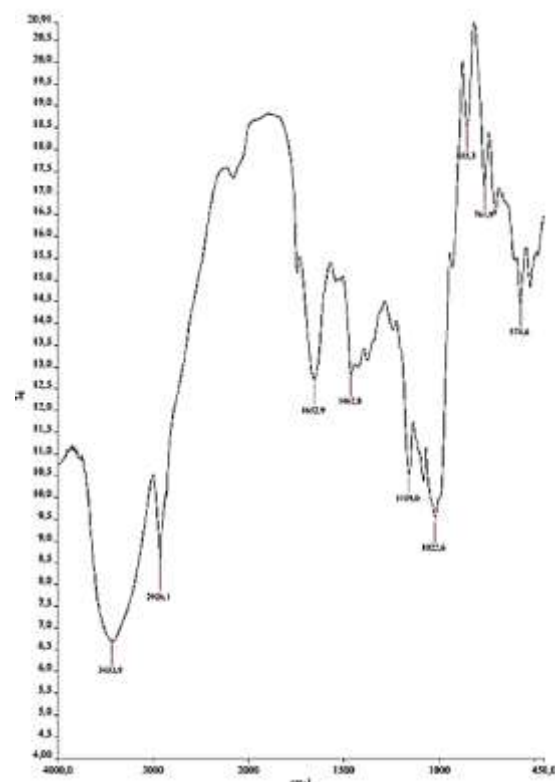


Рис. А6.2. ІЧ-спектр тіста з борошна кукурудзяного з додаванням сироватки та Na КМЦ

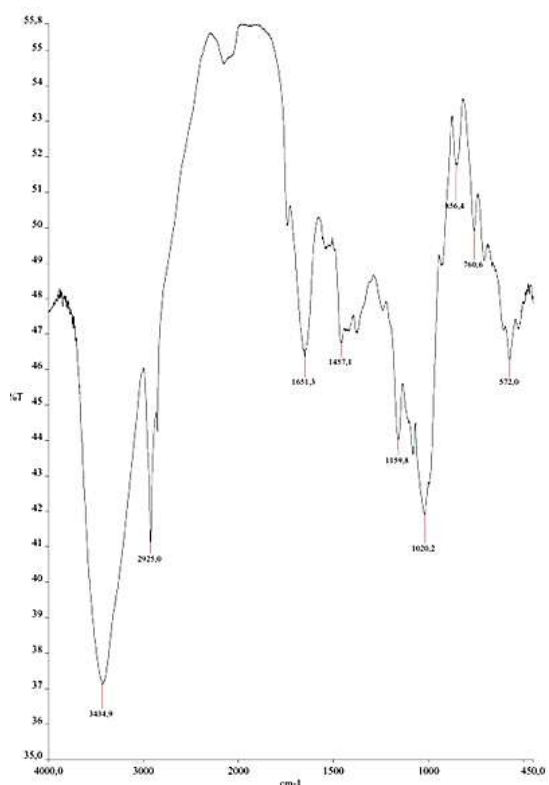


Рис. А6.3. ІЧ-спектр тіста з борошна кукурудзяного з додаванням сироватки

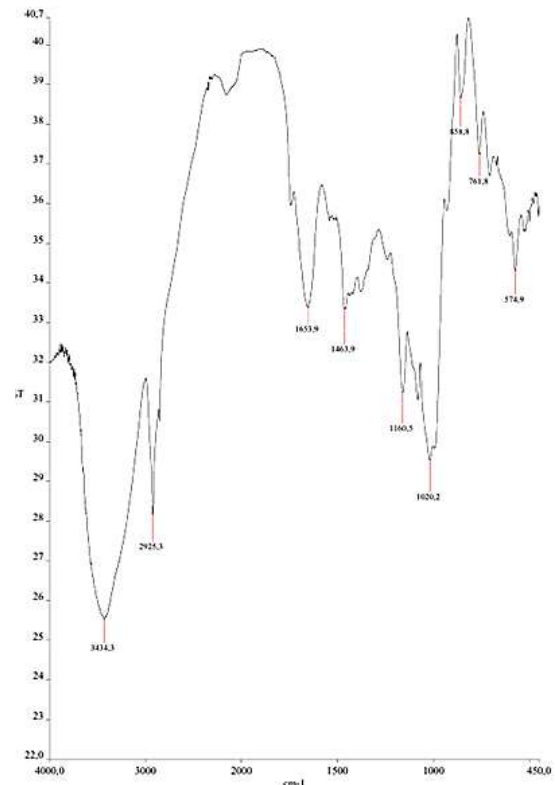


Рис. А6.4. ІЧ-спектр тіста з борошна кукурудзяного з додаванням Na КМЦ

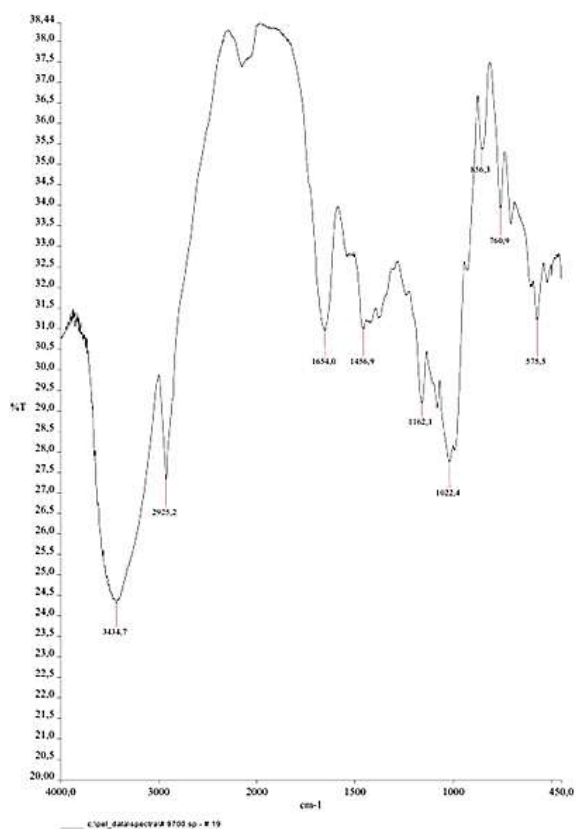


Рис. А6.5. ІЧ-спектр тіста з борошна
рисового

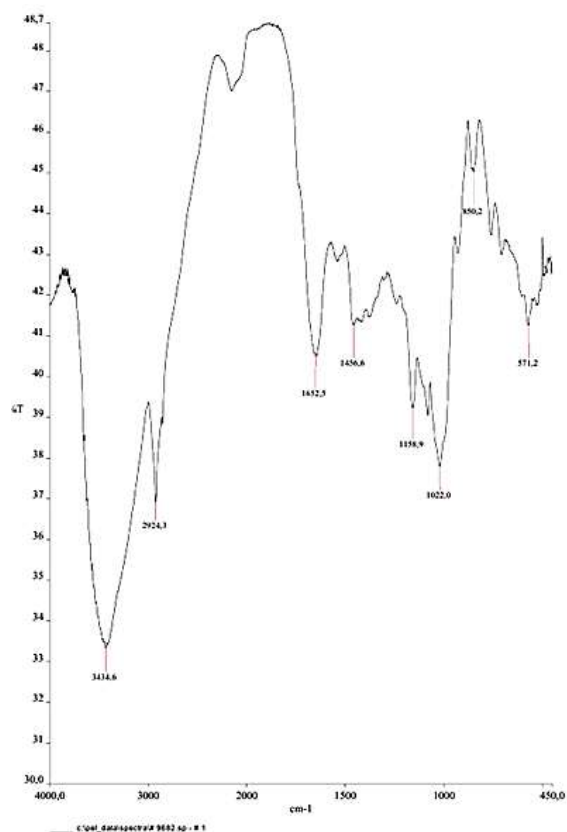


Рис. А6.6. ІЧ-спектр тіста з борошна
рисового з додаванням сироватки та
Na КМЦ

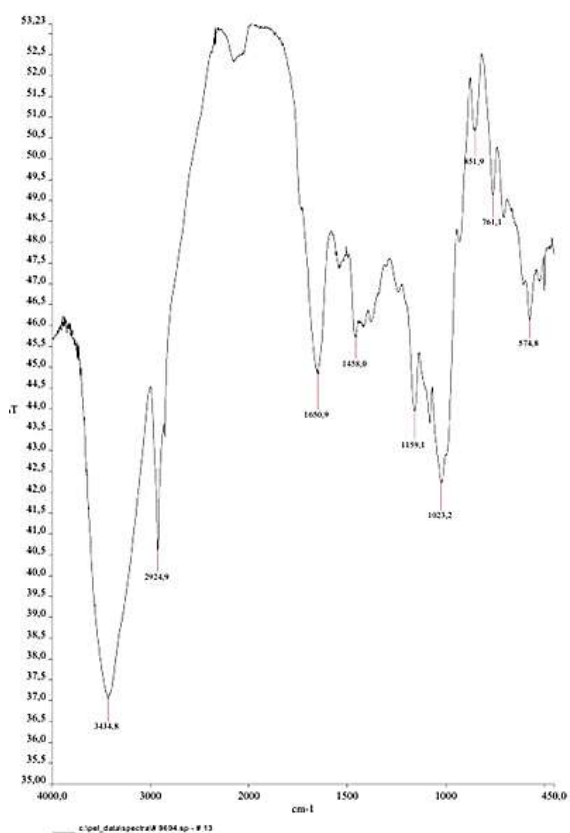


Рис. А6.7. ІЧ-спектр тіста з борошна
рисового з додаванням сироватки

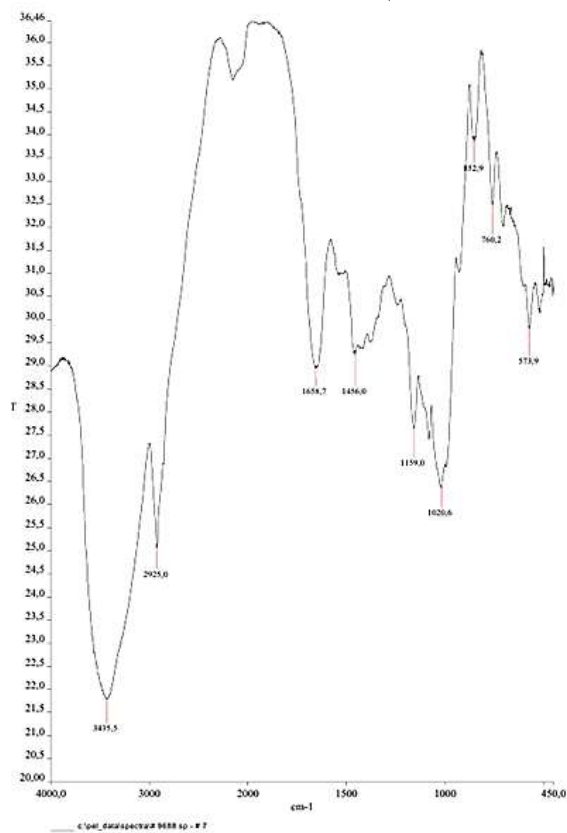


Рис. А6.8. ІЧ-спектр тіста з борошна
рисового з додаванням Na КМЦ

Додаток А7

ДАНІ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ

Таблиця А7.1.

Титрування водно-борошняної суспензії кислотою

| Краплі, шт Δ | V, мл | Склад зразка | | | |
|-----------------|----------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | | Вода 50 мл | 5 г Б _{рис} 45 г вода | 5 г Б _{кук} 45 г вода | 3,5 г Б _{рис} 1,5 г Б _{кук} 45 г вода |
| 0 | 0 | 7,06 | 6,28 | 6,43 | 6,26 |
| 3 | 0,156 | 6,8 | 6,03 | 6,29 | 6,13 |
| 6 | 0,312 | 6,52 | 5,85 | 6,19 | 5,98 |
| 9 | 0,468 | 6,11 | 5,67 | 6,12 | 5,85 |
| 12 | 0,624 | 5,54 | 5,54 | 6,04 | 5,7 |
| 15 | 0,78 | 4,07 | 5,39 | 5,95 | 5,54 |
| 18 | 0,936 | 3,59 | 5,26 | 5,88 | 5,42 |
| 21 | 1,092 | 3,33 | 5,15 | 5,78 | 5,3 |
| 24 | 1,248 | 3,21 | 5,05 | 5,68 | 5,16 |
| 27 | 1,404 | 3,11 | 4,93 | 5,59 | 5,1 |
| 30 | 1,56 | 3,01 | 4,83 | 5,51 | 4,97 |
| 35 | 1,82 | 2,9 | 4,64 | 5,35 | 4,88 |
| 40 | 2,08 | 2,85 | 4,44 | 5,21 | 4,72 |
| 45 | 2,34 | 2,78 | 4,27 | 5,07 | 4,52 |
| 50 | 2,6 | 2,69 | 4,07 | 4,94 | 4,32 |
| 55 | 2,86 | 2,65 | 3,89 | 4,84 | 4,12 |
| 60 | 3,12 | 2,6 | 3,81 | 4,72 | 3,98 |
| 65 | 3,38 | 2,56 | 3,69 | 4,6 | 3,84 |
| 70 | 3,64 | 2,51 | 3,55 | 4,48 | 3,71 |
| 75 | 3,9 | 2,46 | 3,47 | 4,36 | 3,57 |
| 80 | 4,16 | 2,41 | 3,39 | 4,24 | 3,45 |
| 90 | 4,68 | 2,33 | 3,23 | 4 | 3,24 |
| 100 | 5,2 | 2,24 | 3,09 | 3,76 | 3,07 |
| 110 | 5,72 | | 2,96 | 3,56 | 2,94 |
| 120 | 6,24 | | 2,86 | 3,36 | |
| 130 | 6,76 | | 2,74 | 3,2 | |
| 140 | 7,28 | | 2,66 | 3,05 | |
| 150 | 7,8 | | 2,6 | 2,93 | |
| 170 | 8,84 | | | 2,83 | |
| 190 | 9,88 | | | | |
| 210 | 10,92 | | | | |
| 230 | 11,96 | | | | |
| 250 | 13 | | | | |
| 270 | 14,04 | | | | |
| 290 | 15,08 | | | | |
| 310 | 16,12 | | | | |
| 330 | 17,16 | | | | |
| 350 | 18,2 | | | | |
| 370 | 19,24 | | | | |
| 390 | 20,28 | | | | |
| 410 | 21,32 | | | | |

Титрування водно-борошняної суспензії лугом

| Краплі, шт Δ | V, мл | Склад зразка | | | |
|-----------------|-------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| | | Вода 50 мл | 5 г Б _{рис} 45 г вода | 5 г Б _{кук} 45 г вода | 3,5 г Б _{рис} 1,5 г Б _{кук} 45 г вода |
| 0 | 0 | 7,06 | 6,28 | 6,43 | 6,26 |
| 3 | 0,156 | 8,69 | 6,34 | 6,52 | 6,57 |
| 6 | 0,312 | 9,58 | 6,52 | 6,72 | 6,82 |
| 9 | 0,468 | 9,96 | 6,7 | 6,93 | 6,99 |
| 12 | 0,624 | 10,02 | 6,86 | 7,13 | 7,19 |
| 15 | 0,78 | 10,41 | 7,1 | 7,32 | 7,36 |
| 18 | 0,936 | 10,59 | 7,3 | 7,56 | 7,57 |
| 21 | 1,092 | 10,77 | 7,52 | 7,78 | 7,85 |
| 24 | 1,248 | 10,95 | 7,6 | 8,03 | 8,05 |
| 27 | 1,404 | 11,01 | 7,8 | 8,21 | 8,27 |
| 30 | 1,56 | | 8 | 8,41 | 8,52 |
| 35 | 1,82 | | 8,47 | 8,78 | 8,91 |
| 40 | 2,08 | | 8,93 | 9,11 | 9,2 |
| 45 | 2,34 | | 9,32 | 9,32 | 9,44 |
| 50 | 2,6 | | 9,62 | 9,55 | 9,65 |
| 55 | 2,86 | | 9,87 | 9,76 | 9,85 |
| 60 | 3,12 | | 10,08 | 9,96 | 10,05 |
| 65 | 3,38 | | 10,2 | 10,1 | 10,2 |
| 70 | 3,64 | | 10,36 | 10,15 | 10,34 |
| 75 | 3,9 | | 10,51 | 10,27 | 10,46 |
| 80 | 4,16 | | 10,62 | 10,38 | 10,55 |
| 90 | 4,68 | | 10,8 | 10,65 | 10,74 |
| 100 | 5,2 | | 10,96 | 10,82 | 10,89 |
| 110 | 5,72 | | 11,08 | 10,98 | 11 |
| 120 | 6,24 | | 11,17 | 11,08 | 11,09 |
| 130 | 6,76 | | | 11,17 | 11,18 |
| 140 | 7,28 | | | | |
| 150 | 7,8 | | | | |
| 170 | 8,84 | | | | |
| 190 | 9,88 | | | | |
| 210 | 10,92 | | | | |
| 230 | 11,96 | | | | |
| 250 | 13 | | | | |
| 270 | 14,04 | | | | |
| 290 | 15,08 | | | | |
| 310 | 16,12 | | | | |
| 330 | 17,16 | | | | |
| 350 | 18,2 | | | | |
| 370 | 19,24 | | | | |
| 390 | 20,28 | | | | |
| 410 | 21,32 | | | | |

Таблиця А7.3.

Титрування кислотою водно-борошняної суспензії з додаванням кефіру

| Краплі, шт Δ | V, мл | Склад зразка | | | |
|-----------------|-------|----------------------------------|---|---|---|
| | | 10 мл ке- фір + 40 мл вода | 5 г Б _{рис} + 5 г ке- фір + 40 г вода | 5 г Б _{кук} + 5 г ке- фір + 40 г вода | 3,5 г Б _{рис} + 1,5 г Б _{кук} + 5 г кефір + 40 г вода |
| 0 | 0 | 4,67 | 4,87 | 4,86 | 4,9 |
| 3 | 0,156 | 4,62 | 4,83 | 4,82 | 4,88 |
| 6 | 0,312 | 4,59 | 4,8 | 4,79 | 4,85 |
| 9 | 0,468 | 4,56 | 4,77 | 4,76 | 4,89 |
| 12 | 0,624 | 4,53 | 4,74 | 4,73 | 4,8 |
| 15 | 0,78 | 4,5 | 4,71 | 4,71 | 4,77 |
| 18 | 0,936 | 4,48 | 4,69 | 4,68 | 4,75 |
| 21 | 1,092 | 4,45 | 4,66 | 4,66 | 4,72 |
| 24 | 1,248 | 4,42 | 4,63 | 4,63 | 4,7 |
| 27 | 1,404 | 4,4 | 4,61 | 4,61 | 4,67 |
| 30 | 1,56 | 4,37 | 4,58 | 4,59 | 4,65 |
| 35 | 1,82 | 4,33 | 4,54 | 4,54 | 4,61 |
| 40 | 2,08 | 4,28 | 4,5 | 4,52 | 4,57 |
| 45 | 2,34 | 4,24 | 4,46 | 4,49 | 4,53 |
| 50 | 2,6 | 4,2 | 4,42 | 4,45 | 4,49 |
| 55 | 2,86 | 4,17 | 4,38 | 4,42 | 4,45 |
| 60 | 3,12 | 4,13 | 4,35 | 4,38 | 4,41 |
| 65 | 3,38 | 4,09 | 4,31 | 4,34 | 4,39 |
| 70 | 3,64 | 4,06 | 4,28 | 4,31 | 4,36 |
| 75 | 3,9 | 4,02 | 4,24 | 4,27 | 4,32 |
| 80 | 4,16 | 3,99 | 4,2 | 4,23 | 4,28 |
| 90 | 4,68 | 3,92 | 4,14 | 4,16 | 4,21 |
| 100 | 5,2 | 3,85 | 4,08 | 4,09 | 4,14 |
| 110 | 5,72 | 3,78 | 4,01 | 4,03 | 4,07 |
| 120 | 6,24 | 3,71 | 3,95 | 3,97 | 4,01 |
| 130 | 6,76 | 3,63 | 3,89 | 3,9 | 3,94 |
| 140 | 7,28 | 3,56 | 3,83 | 3,84 | 3,87 |
| 150 | 7,8 | 3,49 | 3,77 | 3,77 | 3,8 |
| 170 | 8,84 | 3,32 | 3,65 | 3,64 | 3,66 |
| 190 | 9,88 | 3,15 | 3,53 | 3,5 | 3,52 |
| 210 | 10,92 | 2,99 | 3,41 | 3,35 | 3,37 |
| 230 | 11,96 | | 3,28 | 3,2 | 3,24 |
| 250 | 13 | | 3,14 | 3,06 | 3,1 |
| 270 | 14,04 | | 3,01 | 2,91 | 2,96 |
| 290 | 15,08 | | 2,88 | | |
| 310 | 16,12 | | | | |
| 330 | 17,16 | | | | |
| 350 | 18,2 | | | | |
| 370 | 19,24 | | | | |
| 390 | 20,28 | | | | |
| 410 | 21,32 | | | | |

Титрування лугом водно-борошняної суспензії з додаванням кефіру

| Краплі, шт Δ | V, мл | Склад зразка | | | |
|-----------------|-------|----------------------------------|---|---|---|
| | | 10 мл ке- фір + 40 мл вода | 5 г Б _{рис} + 5 г ке- фір + 40 г вода | 5 г Б _{кук} + 5 г ке- фір + 40 г вода | 3,5 г Б _{рис} + 1,5 г Б _{кук} + 5 г кефір + 40 г вода |
| 0 | 0 | 4,67 | 4,87 | 4,88 | 4,93 |
| 3 | 0,156 | 4,68 | 4,9 | 4,91 | 4,96 |
| 6 | 0,312 | 4,71 | 4,93 | 4,95 | 4,99 |
| 9 | 0,468 | 4,74 | 4,97 | 4,99 | 5,03 |
| 12 | 0,624 | 4,77 | 5 | 5,02 | 5,06 |
| 15 | 0,78 | 4,81 | 5,03 | 5,06 | 5,1 |
| 18 | 0,936 | 4,84 | 5,08 | 5,1 | 5,14 |
| 21 | 1,092 | 4,88 | 5,13 | 5,13 | 5,17 |
| 24 | 1,248 | 4,93 | 5,17 | 5,17 | 5,21 |
| 27 | 1,404 | 4,97 | 5,22 | 5,21 | 5,25 |
| 30 | 1,56 | 5,02 | 5,26 | 5,25 | 5,29 |
| 35 | 1,82 | 5,09 | 5,33 | 5,32 | 5,36 |
| 40 | 2,08 | 5,19 | 5,42 | 5,41 | 5,43 |
| 45 | 2,34 | 5,28 | 5,51 | 5,5 | 5,5 |
| 50 | 2,6 | 5,39 | 5,59 | 5,57 | 5,56 |
| 55 | 2,86 | 5,48 | 5,68 | 5,64 | 5,63 |
| 60 | 3,12 | 5,59 | 5,75 | 5,71 | 5,69 |
| 65 | 3,38 | 5,71 | 5,83 | 5,78 | 5,78 |
| 70 | 3,64 | 5,81 | 5,9 | 5,86 | 5,85 |
| 75 | 3,9 | 5,9 | 5,98 | 5,94 | 5,93 |
| 80 | 4,16 | 6 | 6,24 | 6,02 | 6 |
| 90 | 4,68 | 6,21 | 6,43 | 6,18 | 6,18 |
| 100 | 5,2 | 6,41 | 6,62 | 6,35 | 6,36 |
| 110 | 5,72 | 6,6 | 6,79 | 6,51 | 6,53 |
| 120 | 6,24 | 6,8 | 6,96 | 6,66 | 6,7 |
| 130 | 6,76 | 6,99 | 7,14 | 6,82 | 6,86 |
| 140 | 7,28 | 7,19 | 7,32 | 6,99 | 7,03 |
| 150 | 7,8 | 7,4 | 7,58 | 7,15 | 7,2 |
| 170 | 8,84 | 8 | 8,2 | 7,55 | 7,65 |
| 190 | 9,88 | 8,8 | 9 | 8,09 | 8,26 |
| 210 | 10,92 | 9,5 | 9,45 | 8,69 | 8,88 |
| 230 | 11,96 | 10,01 | 9,8 | 9,15 | 9,33 |
| 250 | 13 | 10,39 | 10,12 | 9,54 | 9,7 |
| 270 | 14,04 | 10,7 | 10,39 | 9,86 | 10,02 |
| 290 | 15,08 | 10,92 | 10,58 | 10,13 | 10,28 |
| 310 | 16,12 | 11,07 | 10,76 | 10,35 | 10,48 |
| 330 | 17,16 | | 10,91 | 10,53 | 10,64 |
| 350 | 18,2 | | 11,03 | 10,68 | 10,78 |
| 370 | 19,24 | | | 10,8 | 10,9 |
| 390 | 20,28 | | | 10,91 | 10,99 |
| 410 | 21,32 | | | 11,01 | 11,09 |

Додаток А8

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНО-БОРОШНЯНИХ СУСПЕНЗІЙ МЕТОДОМ ЛЕЖАЧОЇ КРАПЛІ

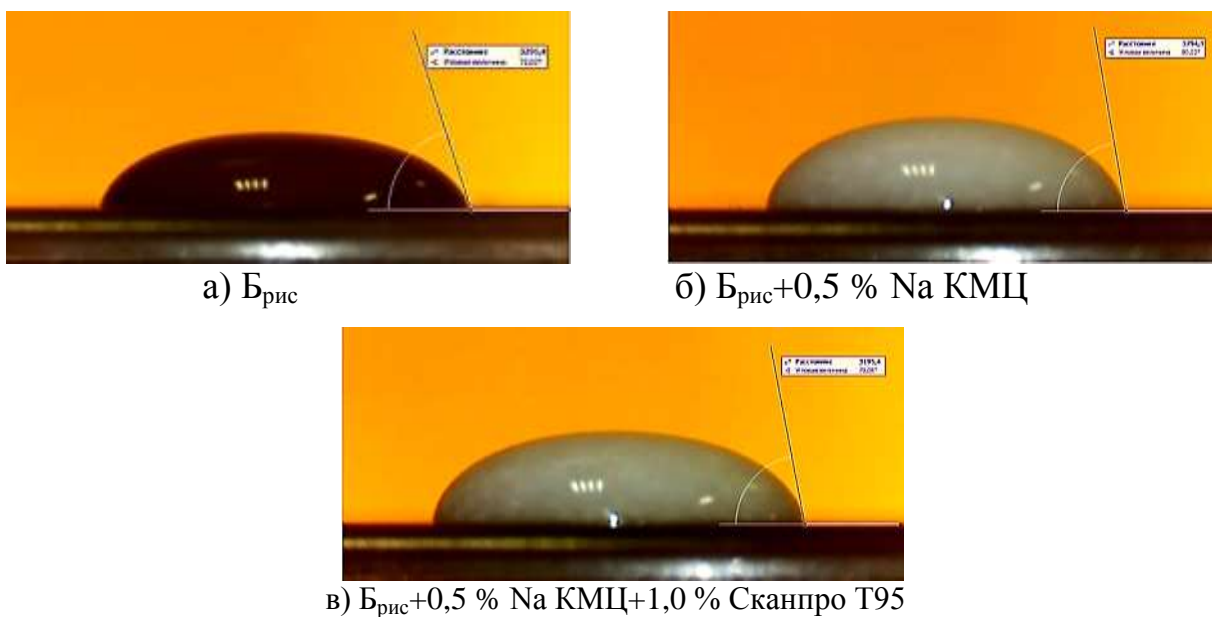


Рис. А8.1. Зовнішній вигляд дослідних зразків – крапель води з добавками: а – $B_{\text{рис}}$; б – $B_{\text{рис}}+0,5\% \text{ Na КМЦ}$; в – $B_{\text{рис}}+0,5\% \text{ Na КМЦ}+1,0\% \text{ Сканпро Т95}$

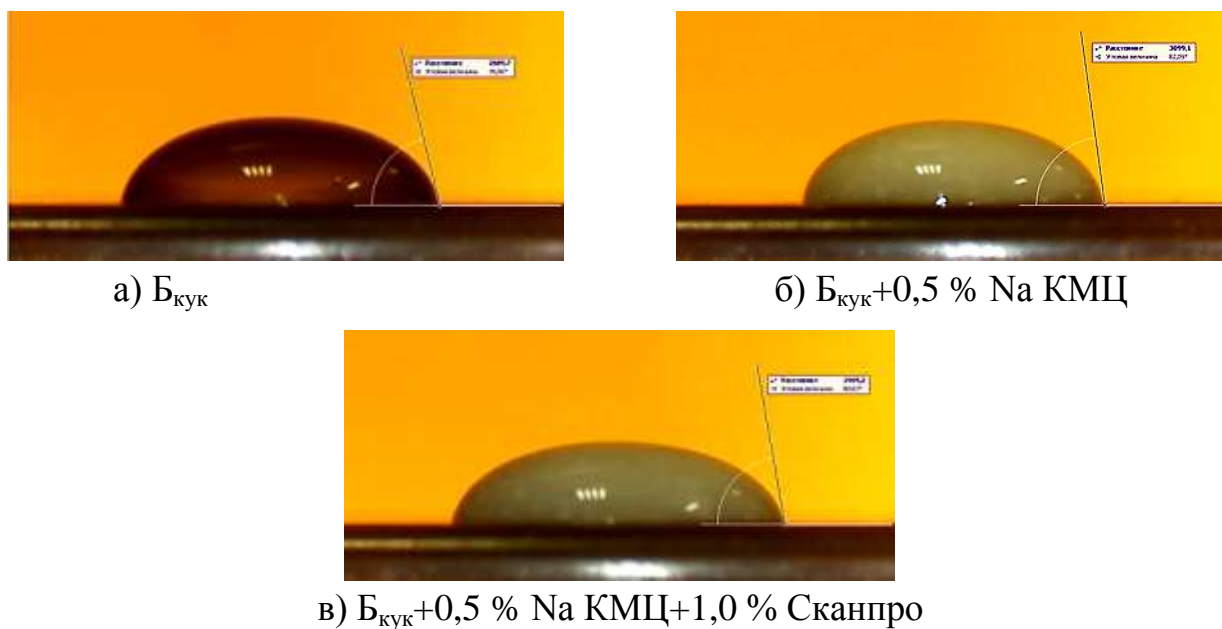


Рис. А8.2. Зовнішній вигляд дослідних зразків – крапель води з добавками: а – $B_{\text{кук}}$; б – $B_{\text{кук}}+0,5\% \text{ Na КМЦ}$; в – $B_{\text{кук}}+0,5\% \text{ Na КМЦ}+1,0\% \text{ Сканпро Т95}$

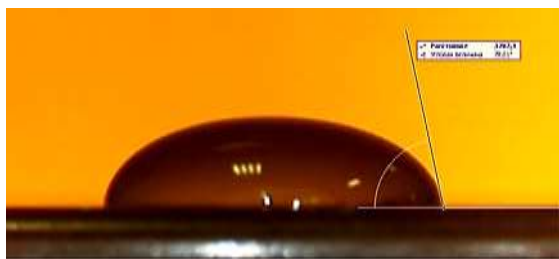
а) $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$ б) $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30 + 0,5 \% \text{ Na KMЦ}$ в) $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30 + 0,5 \% \text{ Na KMЦ} + 1,0 \% \text{ Сканпро Т95}$

Рис. А8.3. Зовнішній вигляд дослідних зразків - крапель води з добавками: а – $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$; б – $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30 + 0,5 \% \text{ Na KMЦ}$; в – $B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30 + 0,5 \% \text{ Na KMЦ} + 1,0 \% \text{ Сканпро Т95}$

Додаток А9

ДАНІ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
для хлібців на кефірі

Таблиця А9.1.

**Умови проведення експериментів, план повнофакторного експерименту
ПФЕ 2³ та значення вихідного параметру Y (хлібці на кефірі)**

| № п/п | План повнофакторного експерименту | | | Умови проведення експериментів | | | Середнє значення функції відгуку Y _{сер} |
|----------|-----------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|---|
| | x ₁ | x ₂ | x ₃ | тривалість перемішування, τх60, с | вологість тіста, % | температура випікання, °С | |
| 1. | - | - | - | 1 | 62 | 170 | 218 |
| 2. | + | - | - | 2 | 62 | 170 | 198 |
| 3. | - | + | - | 1 | 65 | 170 | 248 |
| 4. | + | + | - | 2 | 65 | 170 | 224 |
| 5. | - | - | + | 1 | 62 | 190 | 233 |
| 6. | + | - | + | 2 | 62 | 190 | 216 |
| 7. | - | + | + | 1 | 65 | 190 | 240 |
| 8. | + | + | + | 2 | 65 | 190 | 224 |

Таблиця А9.2.

**Умови проведення експериментів, план повнофакторного експерименту
ПФЕ 2³ та значення вихідного параметру Y (хлібці на розчині Na КМЦ)**

| № п/п | План повнофакторного експерименту | | | Умови проведення експериментів | | | Середнє значення функції відгуку Y _{сер} |
|----------|-----------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------|---|
| | x ₁ | x ₂ | x ₃ | тривалість збивання, τх60, с | вологість тіста, % | температура випікання, °С | |
| 1. | - | - | - | 1 | 62 | 180 | 272 |
| 2. | + | - | - | 2 | 62 | 180 | 285 |
| 3. | - | + | - | 1 | 65 | 180 | 254 |
| 4. | + | + | - | 2 | 65 | 180 | 266 |
| 5. | - | - | + | 1 | 62 | 200 | 261 |
| 6. | + | - | + | 2 | 62 | 200 | 276 |
| 7. | - | + | + | 1 | 65 | 200 | 253 |
| 8. | + | + | + | 2 | 65 | 200 | 262 |

Таблиця А9.3.

План і результати оптимізації режимів приготування безглютенових бездріжджових хлібців на кефірі

| № з/п | x_1 | x_2 | x_3 | Середнє значення функції відгуку $U_{\text{сер}}$ |
|-------|-------|-------|-------|---|
| 1. | 1,50 | 63,5 | 180 | 295 |
| 2. | 1,35 | 63,95 | 183 | 297 |
| 3. | 1,20 | 64,4 | 186 | 302 |
| 4. | 1,05 | 64,85 | 189 | 285 |
| 5. | 0,90 | 65,3 | 192 | 272 |
| 6. | 0,75 | 65,75 | 195 | 268 |
| 7. | 0,60 | 66,2 | 198 | 262 |

Таблиця А9.4.

План і результати оптимізації режимів приготування безглютенових бездріжджових хлібців на розчині Na КМЦ

| № з/п | x_1 | x_2 | x_3 | Середнє значення функції відгуку $U_{\text{сер}}$ |
|-------|-------|-------|-------|---|
| 1. | 1,50 | 63,5 | 180 | 315 |
| 2. | 1,65 | 63,05 | 177 | 310 |
| 3. | 1,80 | 62,60 | 174 | 298 |
| 4. | 1,95 | 62,15 | 171 | 290 |
| 5. | 2,10 | 60,80 | 168 | 282 |
| 6. | 2,25 | 60,35 | 165 | 278 |
| 7. | 2,40 | 59,90 | 163 | 273 |

Таблиця А9.5.

Кодування факторів

| Фактори | Рівні факторів | | | Інтервал | Кодування |
|------------------------------------|----------------|------|-----|----------|------------------------|
| | -1 | 0 | 1 | | |
| x_1 тривалість перемішування, хв | 1 | 1,5 | 2 | 0,5 | $X_1 = T - 1,5 / 0,5$ |
| x_2 вологість тіста, % | 62 | 63,5 | 65 | 1,5 | $X_2 = B - 63,5 / 1,5$ |
| x_3 температура випікання, °С, | 170 | 180 | 190 | 10 | $X_3 = ТБ - 180 / 10$ |

Таблиця А9.6.

Розрахунок дисперсії відтворюваності

| № точки | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₁ ₂ | X ₁ ₃ | X ₂ ₃ | X ₁₂ ₃ | Y ₁ | Y ₂ | Y ₃ | Y _{сеп} | Sj ² - дисперсія i-го досліджу |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---|
| 1 | + | - | - | - | + | + | + | - | 255 | 260 | 270 | 261,7 | 58 |
| 2 | + | + | - | - | - | - | + | + | 227 | 240 | 245 | 237,3 | 86 |
| 3 | + | - | + | - | - | + | - | + | 299 | 292 | 302 | 297,7 | 26 |
| 4 | + | + | + | - | + | - | - | - | 269 | 262 | 275 | 268,7 | 42 |
| 5 | + | - | - | + | + | - | - | + | 280 | 270 | 289 | 279,7 | 90 |
| 6 | + | + | - | + | - | + | - | + | 250 | 260 | 267 | 259,0 | 73 |
| 7 | + | - | + | + | - | - | + | + | 288 | 280 | 295 | 287,7 | 56 |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | + | 265 | 270 | 271 | 268,7 | 10 |
| Уср досліджу | | | | | | | | | | | | 270,0 | |
| Sj ² - сума всіх дисперсій досліджу | | | | | | | | | | | | | 443 |
| Sj | | | | | | | | | | | | | 21,055 |

Таблиця А9.7.

До визначення відтворюваності досліджу

| Відтворюваність досліджу за критерієм Кохрена | | |
|---|------|---|
| G _p - розрахований критерій Кохрена як максимальний квадрат відхилення до суми | 0,13 | G _o розрахований < G _{крит} табличний |
| G - критерій Кохрена табличний ступінь свободи =3-1, кількість дослідів =8 | 0,52 | |

Таблиця А9.8.

Визначення значимості коефіцієнтів

| Кодований коефіцієнт | Значення коефіцієнту | Значимість коефіцієнту | Умови значимості коефіцієнтів |
|----------------------|----------------------|------------------------|---|
| B0 | 270,04 | ✓ | $\Delta Vi \leq Vi$ - коефіцієнт значимий $\Delta Vi \geq Vi$ - коефіцієнт не значимий $\Delta Vi = 4,30$ |
| B1 | -11,63 | ✓ | |
| B2 | 10,63 | ✓ | |
| B3 | 3,71 | коефіцієнт не значимий | |
| B12 | -0,38 | коефіцієнт не значимий | |
| B13 | 1,71 | коефіцієнт не значимий | |
| B23 | -6,21 | ✓ | |
| B123 | 137,46 | ✓ | |

Таблиця А9.9.

Визначення кроків оптимізації

| | | | | |
|-------|--------------|------|--------|------|
| B_1 | -5,81 | | Sb_1 | 0,15 |
| B_2 | 15,94 | | Sb_2 | 0,45 |
| B_3 | 37,08 | | Sb_3 | 3 |
| K_1 | -0,16 | 0,34 | | |
| K_2 | 0,43 | 0,05 | | |
| K_3 | 1,00 | -1 | | |
| S_1 | 0,05 | | | |
| S_2 | 0,02 | | | |
| S_3 | -3,00 | | | |

для хлібців на розчині Na КМЦ

Таблиця А9.10.

Кодування факторів

| Фактори | Рівні факторів | | | Інтервал | Кодування |
|------------------------------------|----------------|------|-----|----------|----------------------|
| | -1 | 0 | 1 | | |
| x_1 тривалість перемішування, хв | 1 | 1,5 | 2 | 0,5 | $X_1 = T - 1,5/0,5$ |
| x_2 вологість тіста, % | 62 | 63,5 | 65 | 1,5 | $X_2 = B - 63,5/1,5$ |
| x_3 температура випікання, °С, | 180 | 190 | 200 | 10 | $x_3 = ТБ - 180/10$ |

Таблиця А9.11.

Розрахунок дисперсії відтворюваності

| № точки | X_0 | X_1 | X_2 | X_3 | X_{12} | X_{13} | X_{23} | X_{123} | Y_1 | Y_2 | Y_3 | $Y_{\text{сеп}}$ | S_j^2 - дисперсія i -го дослідю |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-----------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------------------|
| 1 | + | - | - | - | + | + | + | - | 300 | 305 | 294 | 299,7 | 30 |
| 2 | + | + | - | - | - | - | + | + | 309 | 312 | 320 | 313,7 | 32 |
| 3 | + | - | + | - | - | + | - | + | 276 | 279 | 286 | 280,3 | 26 |
| 4 | + | + | + | - | + | - | - | - | 295 | 293 | 290 | 292,7 | 6 |
| 5 | + | - | - | + | + | - | - | + | 280 | 288 | 292 | 286,7 | 37 |
| 6 | + | + | - | + | - | + | - | + | 300 | 304 | 309 | 304,3 | 20 |
| 7 | + | - | + | + | - | - | + | + | 283 | 273 | 280 | 278,7 | 26 |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | + | 290 | 299 | 275 | 288,0 | 147 |
| Уср дослідю | | | | | | | | | | | | 293 | |
| S_j^2 - сума всіх дисперсій дослідю | | | | | | | | | | | | | 326 |
| | | | | | | | | | | | | S_j | 18,06 |

Таблиця А9.12.

До визначення відтворюваності дослідів

| Відтворюваність дослідів за критерієм Кохрена | | |
|--|------|---|
| G_p - розрахований критерій Кохрена як максимальний квадрат відхилення до суми | 0,45 | G_o розрахований < $G_{крит}$ табличний |
| G - критерій Кохрена табличний ступінь свободи=3-1, кількість дослідів =8 | 0,52 | |

Таблиця А9.13.

Визначення значимості коефіцієнтів

| Кодований коефіцієнт | Значення коефіцієнту | Значимість коефіцієнту | Умови значимості коефіцієнтів |
|----------------------|----------------------|------------------------|--|
| B0 | 293,00 | ✓ | $\Delta B_i \leq B_i$ - коефіцієнт значимий $\Delta B_i \geq B_i$ - коефіцієнт не значимий $\Delta B_i = 3,69$ |
| B1 | 6,67 | ✓ | |
| B2 | -8,08 | ✓ | |
| B3 | -3,58 | коефіцієнт не значимий | |
| B12 | -1,25 | коефіцієнт не значимий | |
| B13 | 0,08 | коефіцієнт не значимий | |
| B23 | 2,00 | коефіцієнт не значимий | |
| B123 | 144,92 | ✓ | |

Таблиця А9.10.

Визначення кроків оптимізації

| | | | | |
|-------|--------------|------|----------|------|
| B_1 | 3,33 | | S_{b1} | 0,15 |
| B_2 | -12,13 | | S_{b2} | 0,45 |
| B_3 | -35,83 | | S_{b3} | 3 |
| K_1 | -0,09 | 0,34 | | |
| K_2 | 0,34 | 0,05 | | |
| K_3 | 1,00 | -1 | | |
| S_1 | 0,05 | | | |
| S_2 | 0,02 | | | |
| S_3 | -3,00 | | | |

Додаток А10

ІДЕНТИФІКАЦІЯ КРИТИЧНИХ ТОЧОК КОНТРОЛЮ

Таблиця А10.1.

Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах при виробництві безглютенових бездріжджових хлібців

| Найменування сировини чи матеріалу | Нормативний документ | Небезпечні чинники | | |
|---|---|---|--------------------------------------|------------------|
| | | Біологічні (Б) | Хімічні (Х) | Фізичні (Ф) |
| Сухі компоненти (борошно, сіль, цукор, натрій двовуглекислий) | ТУ 15.6-00952737-006-2002 ГОСТ 14176-69 ДСТУ 3583-97 ДСТУ 4623:2006 ГОСТ 2156-76 сертифікати фірм виробників, дозвіл на використання МОЗ України | БГКП; МА-ФАМ; КОЕ; дріжджі, плісені; спори бактерій та грибів; екскременти гризунів | Солі важких металів | Шкідливі домішки |
| Геліос 11, концентрат тваринного білка Сканпро Т95 | ТУ У 15.8 – 13848909-001-2008 за висновком гігієнічної експертизи №5.03.02-03/53649 | - | - | - |
| Яйцепродукти | ТУ У 15.8-32086437-002:2007/ГОСТ 30363-96 | плісені;спори бактерій та грибів, екскременти | окислені ліпіди | шкідливі домішки |
| Вода питна | ГОСТ 2874-82 Згідно діючої нормативної документації | Колі - форми | солі важких металів | шкідливі домішки |
| Кефір | ДСТУ 4417:2005 | плісені;спори бактерій та грибів, Колі - форми | окислені ліпіди, солі важких металів | шкідливі домішки |
| Суша На КМЦ | СМС 6500 | - | - | - |
| Смакоароматичні добавки (кунжут, порошок часнику, мак, ванілін) | сертифікати фірм виробників, дозвіл на використання МОЗ України ДСТУ 7012:2009, ГОСТ 16729, ГОСТ 16599; ГОСТ 29049 | плісені;спори бактерій та грибів,- | солі важких металів | шкідливі домішки |

Для визначення КТК необхідно було надати відповіді на наступні запитання:

№1 – Чи існують контрольні (запобіжні) заходи?;

№2 – Чи операція спеціально призначена для усунення або зниження можливості виникнення небезпечного чинника до допустимого рівня?;

№3 – Чи може забруднення від ідентифікованих небезпечних чинників перевищити допустимий рівень або чи можуть вони збільшуватися до недопустимих рівнів?;

№4 – Чи наступна операція усуватиме ідентифікований небезпечний чинник або знижуватиме можливість його виникнення до допустимого рівня?

Визначення критичних точок контролю

| Вхідний матеріал / етап | Вид та ідентифікована небезпека | Питання №1 | Питання №2 | Питання №3 | Питання №4 | Номер КТК |
|---|--|--|------------|------------|------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Сухі компоненти - постачання | Б – патогени, спори бактерій, екскременти гризунів Х – теплотривкі токсини, солі важких металів, радіонукліди, пестициди Ф – шкідливі сторонні матеріали (ШСМ) | Так (теплове оброблення) | | Так | Ні | КТК-1 |
| | | Ні (на підприємстві-виробнику) | | Так | Ні | |
| | | Так (візуальне обстеження і видалення сторонніх предметів) | | Так | Так | |
| Рідкі компоненти | Б – патогени, спори бактерій, екскременти гризунів Х – теплотривкі токсини, солі важких металів, радіонукліди, пестициди Ф – шкідливі сторонні матеріали (ШСМ) | Так (теплове оброблення) | | Так | Ні | |
| | | Ні (на підприємстві-виробнику) | | Так | Ні | |
| | | Так (візуальне обстеження і видалення сторонніх предметів) | | Так | Ні | |
| Вода | Б – фекальні колі форми Х - важкі метали та інші токсичні хімікати | Ні | | Ні | Так | |
| | | Ні | | Ні | Так | |
| 1. Просіювання сипких компонентів, проціджування патоки | Ф – ШСМ | Так (візуальний контроль) | Так | Так | Ні | КТК-2 |
| 2. Підготовка рідких компонентів | Б – патогени, спори бактерій, | Ні (на підприємстві-виробнику) | Ні | Так | Так | |
| 3. Підготовка яйцепродуктів | Б – патогени, спори бактерій, | Ні(на підприємстві-виробнику) | Так | | | |

Продовження табл. А10.2.

| Вхідний матеріал / етап | Вид та ідентифікована небезпека | Питання №1 | Питання №2 | Питання №3 | Питання №4 | Номер КТК |
|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| 4. Заміс тіста | Ф – ШСМ | Так (проціджування) | Ні | Так | Ні | КТК-3 |
| 5. Випікання виробів | Х - токсичні хімікати | Так (дотримання температури) | Ні | | | |
| 6. Охолодження виробів | Б – патогени, спори бактерій, | Так (дотримання температури) | Ні | Так | Ні | КТК-4 |
| 7. Пакування виробів | Б – ріст патогенів | Так (мікробіологічний аналіз) | Ні | Так | Ні | КТК-5 |
| | Ф – ШСМ | Так (візуальний контроль) | Так | Так | Ні | |
| 8. Зберігання виробів | Б – ріст патогенів | Так | Ні | Так | Ні | КТК-6 |
| | Ф - ШСМ | Так | Ні | Так | | |

Додаток А11

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ХЛІБЦІВ

Таблиця А11.1.

Розрахунок показників якості виробу хлібець «Василенківський»

| Найменування показника якості | Значення коефіцієнта вагомості | | Значення показника якості | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|------|------|
| | внутрішнь-огруповий | міжгруповий | окремо властивості | міжгруповий | комплексний | | |
| Колір скоринки | 0,15 | 0,55 | 0,7 | 0,14 | 0,55 | 0,60 | 0,64 |
| Еластичність м'якушки | 0,25 | | | 0,19 | | | |
| Запах | 0,15 | | | 0,11 | | | |
| Характер пористості | 0,15 | | | 0,11 | | | |
| Смак | 0,3 | | | 0,27 | | | |
| Питомий об'єм | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,36 | 0,67 | | |
| Пористість | 0,55 | | | 0,31 | | | |
| Стискаємість | - | - | 0,3 | - | - | 0,22 | |

Таблиця А11.2.

Розрахунок показників якості виробу хлібець «Борщовий»

| Найменування показника якості | Значення коефіцієнта вагомості | | Значення показника якості | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|------|------|
| | внутрішнь-огруповий | міжгруповий | окремо властивості | міжгруповий | комплексний | | |
| Колір скоринки | 0,15 | 0,55 | 0,7 | 0,13 | 0,79 | 0,77 | 0,75 |
| Еластичність м'якушки | 0,25 | | | 0,18 | | | |
| Запах | 0,15 | | | 0,12 | | | |
| Характер пористості | 0,15 | | | 0,10 | | | |
| Смак | 0,3 | | | 0,26 | | | |
| Питомий об'єм | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,37 | 0,74 | | |
| Пористість | 0,55 | | | 0,37 | | | |
| Стискаємість | - | - | 0,3 | - | - | 0,21 | |

Таблиця А11.3.

Розрахунок показників якості виробу хлібець «Маковій»

| Найменування показника якості | Значення коефіцієнта вагомості | | Значення показника якості | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|------|-------------|------|
| | внутрішнь-огруповий | міжгруповий | окремо властивості | міжгруповий | | комплексний | |
| Колір скоринки | 0,15 | 0,55 | 0,7 | 0,13 | 0,53 | 0,63 | 0,65 |
| Еластичність м'якушки | 0,25 | | | 0,18 | | | |
| Запах | 0,15 | | | 0,12 | | | |
| Характер пористості | 0,15 | | | 0,10 | | | |
| Смак | 0,3 | | | 0,26 | | | |
| Питомий об'єм | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,38 | 0,76 | | |
| Пористість | 0,55 | | | | | | |
| Стискаємість | - | - | 0,3 | - | - | 0,21 | |

Таблиця А11.4.

Розрахунок показників якості виробу хлібець з рисового борошна

| Найменування показника якості | Значення коефіцієнта вагомості | | Значення показника якості | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|------|-------------|------|
| | внутрішнь-огруповий | міжгруповий | окремо властивості | міжгруповий | | комплексний | |
| Колір скоринки | 0,15 | 0,55 | 0,7 | 0,11 | 0,68 | 0,58 | 0,58 |
| Еластичність м'якушки | 0,25 | | | 0,16 | | | |
| Запах | 0,15 | | | 0,10 | | | |
| Характер пористості | 0,15 | | | 0,08 | | | |
| Смак | 0,3 | | | 0,22 | | | |
| Питомий об'єм | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,26 | 0,46 | | |
| Пористість | 0,55 | | | | | 0,20 | |
| Стискаємість | - | - | 0,3 | - | - | 0,18 | |

Додаток А12

РОЗРАХУНОК ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБЦІВ

Таблиця А12.1.

Розрахунок харчової цінності окремих рецептурних компонентів

| Найменування сировини | Витрати сировини на 100 кг борошна, кг | | | | на 100 г сировини, г | | | |
|-----------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|------|-----------|--------------|
| | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Василenkівський» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковий» | Білки | Жири | Вуглеводи | Калорійність |
| Борошно рисове | 70 | 65 | 75 | 70 | 7 | 1 | 76 | 322 |
| Борошно кукурудзяне | 30 | 35 | 25 | 30 | 7,2 | 1,5 | 76,1 | 328 |
| Цукор-пісок | 4 | 7 | 4 | 7 | - | - | 99,8 | 374 |
| Меланж | 40 | 40 | 40 | 40 | 12,7 | 12,5 | 0,7 | 166 |
| КТБ*** | - | - | 1 | 0,8 | 95 | 1 | 0,1 | 389 |
| Кефір | 185 | - | - | - | 3 | 1 | 4 | 36 |
| Часник сушений | - | - | 1,5 | - | 16 | 0,4 | 75 | 349 |
| Кориця | - | 1,5 | - | - | 4 | 1,2 | 27,5 | 130 |
| Кунжут | - | - | 0,5 | - | 19,4 | 48,7 | 12,2 | 562 |
| Мак | - | - | - | 2 | 18 | 41,6 | 8,6 | 479 |

Таблиця А12.2.

Розрахунок харчової цінності хлібців «ГлютенOFF» та «Василenkівський»

| Найменування сировини | ГлютенOFF | | | | Василenkівський | | | |
|-----------------------|------------|------------|-------------|--------------|-----------------|------------|-------------|--------------|
| | Білки | Жири | Вуглеводи | Калорійність | Білки | Жири | Вуглеводи | Калорійність |
| Борошно рисове | 1,7 | 0,2 | 18,3 | 77,4 | 1,9 | 0,3 | 21,0 | 88,9 |
| Борошно кукурудзяне | 0,7 | 0,2 | 7,8 | 33,8 | 1,1 | 0,2 | 11,3 | 48,7 |
| Цукор-пісок | - | - | 1,4 | 5,1 | - | - | 3,0 | 11,1 |
| Меланж | 1,7 | 1,7 | 0,1 | 22,8 | 2,2 | 2,1 | 0,1 | 28,2 |
| Кефір | 1,9 | 0,6 | 2,5 | 22,9 | - | - | - | - |
| Кориця | - | - | - | - | - | - | 0,2 | 0,8 |
| Усього | 6,1 | 2,7 | 30,1 | 162,0 | 5,2 | 2,6 | 35,6 | 177,8 |

Розрахунок харчової цінності хлібців «Борщовий» та «Маковій»

| Найменування сировини | Борщовий | | | | Маковій | | | |
|-----------------------|------------|------------|-------------|--------------|------------|----------|-------------|--------------|
| | Білки | Жири | Вуглеводи | Калорійність | Білки | Жири | Вуглеводи | Калорійність |
| Борошно рисове | 2,2 | 0,3 | 24,3 | 103,0 | 2,1 | 0,3 | 22,6 | 95,6 |
| Борошно кукурудзяне | 0,8 | 0,2 | 8,1 | 34,9 | 0,9 | 0,2 | 9,7 | 41,7 |
| Цукор-пісок | - | - | 1,7 | 6,4 | - | - | 3,0 | 11,1 |
| Меланж | 2,2 | 2,1 | 0,1 | 28,3 | 2,2 | 2,1 | 0,1 | 28,1 |
| КТБ*** | 0,4 | - | - | 1,7 | 0,3 | - | - | 1,3 |
| Часник сушений | 0,1 | - | 0,5 | 2,2 | - | - | - | - |
| Кунжут | - | 0,1 | - | 1,2 | - | - | - | - |
| Мак | - | - | - | - | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 4,1 |
| Усього | 5,7 | 2,7 | 34,8 | 177,7 | 5,6 | 3 | 35,4 | 181,9 |

*** - Геліос-11 або Сканпро Т95

Додаток А13

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
НАУКОВОЇ РОЗРОБКИ

Таблиця А13.1

Вихідні дані для розрахунку фактичних витрат здійснення виробни-
чого процесу

| Показник | хлібець «Глюте- нофф» | хлібець «Васи- ленків- ський» | Хлібець «Борщо- вий | хлібець «Мако- вій» |
|---|-----------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| 1. Кількість продукції за зміну (по 100 грам), штук | 2 400 | 1 850 | 1 850 | 1 850 |
| 2. Кількість виробничого персоналу, осіб | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3. Змінна тарифна ставка, грн. | 350 | 350 | 350 | 350 |
| 4. Кількість робочих змін (на 100 кг борошняної суміші), змін | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5. Кількість робочих змін на рік, змін | 260 | 260 | 260 | 260 |
| 6. Вартість, тис. грн.: | | | | |
| а) будівлі, споруди | 340,0 | 340,0 | 340,0 | 340,0 |
| б) машини, обладнання | 849,0 | 849,0 | 849,0 | 849,0 |
| 7. Норма амортизації, %: | | | | |
| а) будівлі, споруди | 5 | 5 | 5 | 5 |
| б) машини, обладнання | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 8. Норма витрат на ремонт, %: | | | | |
| а) будівлі, споруди | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| б) машини, обладнання | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 |
| 9. Матеріальні витрати за зміну: | | | | |
| а) всього сировини, кг | 338,3 | 281,65 | 279,5 | 282,85 |
| б) електроенергія (7,2 кВт./год), кВт.-год | 86,4 | 86,4 | 86,4 | 86,4 |
| в) інші матеріальні витрати, % | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 10. Інші поточні витрати, % | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11. Загальновиробничі витрати, % | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 12. Ціна реалізації одиниці продукції (по 100 грам), грн./шт. | 7,75 | 6,20 | 6,20 | 6,20 |

Розмір поточних витрат виробництва хлібобулочних виробів, грн.

| Елементи витрат | хлібець «Глюте- нофф» | хлібець «Васи- ленків- ський» | Хлібець «Борщо- вий» | хлібець «Мако- вій» |
|---|-----------------------------|--|----------------------------|---------------------------|
| <i>1. Матеріальні витрати, всього</i> | 6 585,0 | 4 346,6 | 4 768,4 | 4 479,5 |
| а) сировина на 100 кг борошна: | 6 108,5 | 3 976,7 | 4 378,4 | 4 103,2 |
| Борошно рисове (27 грн./кг) | 1 890,0 | 1 755,0 | 2 025,0 | 1 890,0 |
| Борошно кукурудзяне (11 грн./кг) | 330,0 | 385,0 | 275,0 | 330,0 |
| Сіль поварена харчова (1,8 грн./кг) | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| Цукор-пісок (11,2 грн./кг) | 44,8 | 78,4 | 44,8 | 78,4 |
| Меланж (32 грн./кг) | 1 280,0 | 1 280,0 | 1 280,0 | 1 280,0 |
| КТБ (180 грн./кг) | - | - | 180,0 | 144,0 |
| Na КМЦ (125 грн./кг) | - | 75,0 | - | 62,5 |
| Кефір (13,00 грн./л) | 2 405,0 | - | - | - |
| Вода (3 грн./м ³) | | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Натрій двовуглекислий (10 грн./кг) | 18,0 | - | - | - |
| Часник сушений (265 грн./кг) | - | - | 397,5 | - |
| Кориця (170 грн./кг) | - | 255,0 | - | - |
| Ванілін (145 грн./кг) | - | 7,3 | - | 7,3 |
| Кунжут (70 грн./кг) | - | - | 35,0 | - |
| Мак (85 грн./кг) | - | - | - | 170,0 |
| - електроенергія (1,98 грн./кг) | 171,1 | 171,1 | 171,1 | 171,1 |
| - інші матеріальні витрати (5% від вартості сировини) | 305,4 | 198,8 | 218,9 | 205,2 |
| <i>2. Витрати на оплату праці, грн.</i> | 700,0 | 700,0 | 700,0 | 700,0 |
| <i>3. Відрахування на соціальні заходи, 22%</i> | 154,0 | 154,0 | 154,0 | 154,0 |
| <i>4. Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів, всього</i> | 874,5 | 856,4 | 856,4 | 856,4 |
| а) амортизація основних засобів, всього | 555,2 | 537,0 | 537,0 | 537,0 |
| - будівель та споруд | 65,4 | 47,2 | 47,2 | 47,2 |
| - машин та обладнання | 489,8 | 489,8 | 489,8 | 489,8 |
| б) поточний ремонт, всього | 319,3 | 319,3 | 319,3 | 319,3 |
| - будівель та споруд | 24,6 | 24,6 | 24,6 | 24,6 |
| - машин та обладнання | 294,8 | 294,8 | 294,8 | 294,8 |
| <i>5. Інші витрати, всього</i> | 629,8 | 622,6 | 622,6 | 622,6 |
| а) інші поточні витрати | 157,5 | 155,6 | 155,6 | 155,6 |
| б) загальновиробничі витрати | 472,4 | 466,9 | 466,9 | 466,9 |
| <i>Всього витрат за зміну, грн.</i> | 8 943,4 | 6 679,6 | 7 101,3 | 6 812,4 |
| <i>Всього витрат на рік, тис. грн.</i> | 2 325,3 | 1 736,7 | 1 846,3 | 1 771,2 |

* Ціни вказані за період листопад-грудень 2017 року; джерело <https://prom.ua/>

ДОДАТОК Б
ПАТЕНТИ УКРАЇНИ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

Додаток Б1

СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ



Додаток Б2

СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ



Додаток БЗ

СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ



ДОДАТОК В
НОРМАТИВНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Додаток В1

«ХЛІБЦІ БЕЗДРІЖДЖОВІ БЕЗГЛЮТЕНОВІ»

ТЕХНІЧНІ УМОВИ (ПРОЕКТ)

ТУ У 10.7–38159665–145:2017

ДКПП 10.7
ПОГОДЖЕНО

УКНД 67.040
ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Харківського національного
технічного університету сільського
господарства ім. П. Василенка

д.т.н., проф. Мельник В. І.

«30» листопада 2017 р.



Директор
ТОВ «НВП «Східна Україна»
Моїсєєв О. В.



«30» листопада 2017 р.

ХЛБЦІ БЕЗДРІЖДЖОВІ БЕЗГЛЮТЕНОВІ
ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ПРОЕКТ

ТУ У 10.7-38159665-145:2017

(Введено вперше)

Дата надання чинності «01» грудня 2017 р.

Чинні до «01» грудня 2022 р.

РОЗРОБЛЕНО

Професор кафедри технологій
переробних і харчових виробництв
ХНТУСГ ім. Петра Василенка

Шаніна О. М.

«20» листопада 2017 р.

Аспірант ХНТУСГ
ім. Петра Василенка

Галясний І. В.

«20» листопада 2017 р.

Завідувач кафедри технологій
переробних і харчових виробництв
ХНТУСГ ім. Петра Василенка

Гавриш Т. В.

«20» листопада 2017 р.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1. Ці технічні умови (далі за текстом – ТУ) поширюються на безглютеніві бездріжджові хлібці: «Глютенофф», «Борщовий», «Маковій» (далі за текстом – безглютеніві бездріжджові хлібці), які призначені для реалізації в оптово-роздрібній торгівлі.

Розроблення та поставлення на виробництво продукції цієї групи здійснюються згідно з ДСТУ 4582.

Безглютеніві бездріжджові хлібці виробляються з суміші борошна рисового та кукурудзяного, цукру-піску, солі повареної харчової, яєчних продуктів, концентрату тваринних білків (Геліос-11 або Сканпро Т 95), карбоксиметилцелюлози натрієвої солі (Na КМЦ), води або кефіру та смакових добавок (часник сушений, кунжут, мак, ванілін). Концентрат тваринних білків та карбоксиметилцелюлози натрієву сіль використовують для поліпшення структури бездріжджових безглютенівих хлібців та покращення органолептичних характеристик готових виробів.

1.2. Приклад умовного позначення борошняних формованих виробів підвищеної харчової цінності під час замовлення для ідентифікації та для посилення в інших нормативних документах:

- «Безглютенівий бездріжджовий хлібець «Глютенофф», ТУ У 10.7–38159665–145:2017;
- «Безглютенівий бездріжджовий хлібець «Борщовий», ТУ У 10.7–38159665–145:2017;
- «Безглютенівий бездріжджовий хлібець «Маковій», ТУ У 10.7–38159665–145:2017.

В цих ТУ для виробництва безглютенівих бездріжджових хлібців використано патенти на корисну модель № 10939 Україна, МПК А21D 8/02 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенівих хлібців», автори Гавриш Т.В., Галясний І.В., Шаніна О.М., Дугіна К.В. та № 10940 Україна, МПК А21D 8/02

«Спосіб виробництва бездріжджових безглютенених хлібців», автори Шаніна О.М., Галясний І.В., Дугіна К.В., Гавриш Т.В.

1.3. Обов'язкові вимоги до якості бездріжджових безглютенених хлібців, що забезпечують їх безпеку для життя і здоров'я населення, охорони довкілля, наведені в 3.3.5, 3.3.6 та розділах 4, 5 цих ТУ.

ТУ треба перевіряти регулярно, але не рідше одного разу на п'ять років для надання їм чинності чи останньої перевірки якщо не виникає потреби перевірити їх раніше у разі прийняття нормативно-правових актів відповідних національних (міждержавних) стандартів та інших нормативних документів, за якими регламентовано інші вимоги, ніж ті, що встановлено в ТУ.

2 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

2.1. В цих ТУ наведені нормативні посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 2120 – 93 Хлібопекарське виробництво. Терміни та визначення

ДСТУ 2296 – 93 Система сертифікації УкрСЕПРО. Знак відповідності.

Форми, розміри, технічні вимоги та правила застосування

ДСТУ 4588:2006. Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання

ДСТУ 2316 –93 Цукор-пісок. Технічні умови

ДСТУ 3145 – 95 Коди та кодування інформації. Штрихове кодування.

Загальні вимоги

ДСТУ 4417:2005 Кефір. Технічні умови

ДСТУ 7012:2009 Кунжут. Технічні умови

ДСТУ 3583– 97 Сіль кухонна. Загальні технічні умови

ДСТУ 7696:2015 Мак олійний. Загальні технічні вимоги

ДСТУ-Н CODEX STAN 118:2014 Харчові продукти спеціального дієтичного споживання для осіб з непереносимістю глютену. Загальні вимоги

ДСТУ 4582:2006 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Хліб та хлібобулочні вироби. Основні положення

ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові технічні умови

ДСТУ 9569:2009. «Папір парафінований. Технічні умови»

ТУ 15.6-00952733-006-2002 Борошно рисове. Технічні умови

ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті.

ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони)

ГОСТ 12.2.003 – 91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности (ССБП. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки)

ГОСТ 12.3.002 – 75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности (ССБП. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки)

ГОСТ 17.2.3.02 – 78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями (Охорона природи. Атмосфера. Правила установлення допустимих викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами)

ГОСТ 2874 – 82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством (Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю)

ГОСТ 5667 – 65 Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий (Хліб та хлібобулочні вироби. Правила приймання, методи відбирання зразків, методи визначання органолептичних показників і маси виробів)

ГОСТ 5668 – 68 Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира (Хліб та хлібобулочні вироби. Методи визначання масової частки жиру)

ГОСТ 5669 – 96 Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости (Хлібобулочні вироби. Метод визначання пористості)

ГОСТ 5670 – 96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности (Хлібобулочні вироби. Методи визначання кислотності)

ГОСТ 5672 – 68 Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли сахара (Хліб та хлібобулочні вироби. Методи визначання масової частки цукру)

ГОСТ 8227 – 56 Хлеб и хлебобулочные изделия. Укладывание, хранение и транспортирование (Хліб та хлібобулочні вироби. Укладання, зберігання та транспортування)

ГОСТ 13511 – 91 Ящики из гофрированного картона для пищевых продуктов, спичек, табака и моющих средств. Технические условия (Ящики із гофрованого картону для харчових продуктів, сірників, тютюну та мийних засобів. Технічні умови)

ГОСТ 14192 – 96 Маркировка грузов (Маркування вантажів)

ГОСТ 14176–69 Мука кукурузная. Технические условия. (Борошно кукурудзяне. Технічні умови)

ГОСТ 21094 – 75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности (Хліб та хлібобулочні вироби. Метод визначання вологості)

ГОСТ 2156-76 Натрий двууглекислый. Технические условия (Натрій двовуглекислий. Технічні умови)

ГОСТ 26927 – 86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути (Сировина та продукти харчові. Метод визначання ртуті)

ГОСТ 26929 – 94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов (Сировина та

продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначання вмісту токсичних елементів)

ГОСТ 26930 – 86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка (Сировина та продукти харчові. Метод визначання миш'яку)

ГОСТ 26931 – 86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди (Сировина та продукти харчові. Методи визначання міді)

ГОСТ 26932 – 86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца (Сировина та продукти харчові. Методи визначання свинцю)

ГОСТ 26933 – 86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия (Сировина та продукти харчові. Методи визначання кадмію)

ГОСТ 26934 – 86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка (Сировина та продукти харчові. Метод визначання цинку)

ГОСТ 25951-83 Пленка полиэтиленовая термоусадочная. Технические условия (Плівка поліетиленова термоусадочна. Технічні умови)

ГОСТ 16729-71 Чеснок сушеный. Технические условия (Часник сушений. Технічні умови)

Р 50-056-96 Продукція фасована в пакованні. Загальні вимоги до кількості

2.2. Безглютенові бездріжджові хлібці повинні відповідати вимогам цих ТУ, виробляються згідно з технологічною інструкцією, рецептурами та додержанням санітарних правил, які затверджені у встановленому порядку.

2.3. Асортимент

2.3.1. Залежно від використання сировини безглютенові бездріжджові хлібці виробляються в наступному асортименті:

«Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Глютенофф»;

«Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий»;

«Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій».

2.4. Характеристики

2.4.1. За органолептичними показниками безглютенові бездріжджові хлібці повинні відповідати вимогам, вказаними в таблиці 1.

2.4.2. За фізико-хімічними показниками безглютенові бездріжджові хлібці повинні відповідати вимогам, вказаними в таблиці 2.

2.4.3. За показниками безпеки безглютенові бездріжджові хлібці повинні відповідати вимогам, наведеним в таблиці 3.

2.4.4. Вміст пестицидів в безглютенових бездріжджових хлібцях не повинен перевищувати допустимих рівнів, встановлених «Медико-біологічними вимогами та санітарними нормами якості продовольственого сировини та харчових продуктів» МБТ №5061.

Таблиця 1 – Органолептичні показники

| Найменування показника | хлібець «Глютенофф» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|
| Форма | відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових випливів | | |
| Поверхня | гладка, без підривів та тріщин | гладка, посипана кунжутом | гладка, посипана маком |
| Скоринка | Колір від світло-коричневого до темно-коричневого | | |
| Стан м'якушки | пропечена, еластична, без слідів непромісу | | |
| Колір м'якушки | світло - жовтий | білий або кремовий | світло - жовтий |
| Смак та запах | приємний, з присмаком кефіру | приємний, з присмаком часнику | приємний солодкуватий, маковий |

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники

| Найменування показника | хлібець «Глютенофф» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» | Метод контролювання |
|--|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| Вологість м'якушки, %, не більше | 61,0 | 60,0 | 60,0 | ГОСТ 21094 – 75 |
| Кислотність м'якушки, град, не більше | 3,0 | 2,0 | 2,0 | ГОСТ 5670 – 96 |
| Пористість м'якушки, % не менше | 62,0 | 65,0 | 64,0 | ГОСТ 5669–96 |
| Масова частка білку в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 5,9 | 5,6 | 5,5 | ДСТУ 4588:2006 |
| Масова частка жиру в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 2,6 | 2,6 | 2,9 | ГОСТ 5668 – 68 |

Таблиця 3 – Показники безпеки

| Назва показника | Гранично допустимі рівні | Методи контролювання |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Токсичні елементи, мг/кг, не більше ніж: | | |
| Свинцю | 0,3 | Згідно з ГОСТ 26932 – 86 |
| Кадмію | 0,05 | Згідно з ГОСТ 26933 – 86 |
| Миш'яку | 0,1 | Згідно з ГОСТ 26930 – 86 |
| Ртуті | 0,01 | Згідно з ГОСТ 26927 – 86 |
| Міді | 5,0 | Згідно з ГОСТ 26931 – 86 |
| Цинку | 25,0 | Згідно з ГОСТ 26934 – 86 |
| Мікотоксини, мг/кг, не більше ніж: | | |
| афлатоксин В1 | 0,005 | Згідно з 5.4 ДСТУ 4588:2006 |
| Зеараленон | 1,0 | |
| Дезоксиніваленон | 0,5 | |
| Радіонукліди, Бк/кг, не більше ніж: | | |
| ¹³⁷ Cs | 30 | Згідно з 5.4 ДСТУ 4588:2006 |
| ⁹⁰ Sr | 10 | |

2.5. Вимоги до сировини

2.5.1. Для виробництва безглютенових бездріжджових хлібців використовується наступна сировина:

- борошно рисове, згідно з ТУ 15.6-00952737-006-2002;
- борошно кукурудзяне, згідно з ГОСТ 14176-69;
- концентрат тваринного білка Сканпро Т95 при наявності дозволу центрального органу виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;
- цукор-пісок, згідно ДСТУ 2316 –93;
- сіль поварена харчова, згідно ДСТУ 3583– 97;
- сода харчова згідно ГОСТ 2156-76;
- карбоксиметилцелюлози натрієва сіль харчова при наявності дозволу центрального органу виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;
- вода питна, згідно ГОСТ 2874 – 82;
- яйце продукти, згідно ДСТУ 5028:2008;

- кефір, згідно ДСТУ 4417:2005;
- кунжут, згідно ДСТУ 7012:2009;
- часник сушений, згідно ГОСТ 16729;
- мак олійний, згідно ДСТУ 7696:2015.

2.5.2. Сировину та напівфабрикати іноземного виробництва використовують за умови наявності висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи центрального органу виконавчої влади з питань охорони здоров'я та сертифіката відповідності центрального органу виконавчої влади з питань технічного регулювання та споживчої політики.

2.5.3. Вміст токсичних елементів, мікотоксинів та пестицидів у сировині регламентовано МБТ 5061.

2.5.4. Вміст глютену у сировині регламентовано ДСТУ-Н CODEX STAN 118:2014.

2.5.5. Кожну партію сировини та матеріалів, що надходить на підприємство супроводжують документами, які підтверджують її відповідність нормативним документам.

2.6. Пакування

2.6.1. Безглютенові бездріжджові хлібці випускають упакованим у паперові пакети. Для пакування готових виробів використовують паперові пакети, згідно з ДСТУ 9569:2009 та інші пакувальні матеріали, застосування яких у контакті з харчовими продуктами дозволено центральним органом виконавчої влади з питань охорони здоров'я.

Примітка 1. Пакування виробів проводять після вистигання продукції.

2.6.2. Безглютенові бездріжджові хлібці випікають та фасують масою нетто 100 г в споживчу тару:

- коробки з картону згідно з ГОСТ 13511 – 91 або іншої діючої нормативної документації чи закордонного виробництва при наявності позитивного висновку центрального органу державної санітарно-епідеміологічної експертизи виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;

- пакети з паперових та комбінованих чи металізованих матеріалів за наявності позитивного висновку центрального органу державної санітарно-епідеміологічної експертизи виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

2.6.3. Допустимі відхили виробів (в кінці терміну максимальної витримки на підприємстві після виймання з печі) для штучних виробів масою до 0,2 кг включно не повинні перевищувати – мінус 5,0 %.

Примітка 2. Відхили маси виробів у більшу сторону від встановленої маси не обмежують.

Примітка 3. Для виробів, виготовлених на комплексно-механізованих лініях дозволено перевищення встановленого для окремого виробу мінусового відхилення маси на 1,0 %.

2.6.4. Вагові та фасовані вироби упаковують у транспортну тару:

- ящики з гофрокартону згідно з ГОСТ 13511 або іншої діючої нормативної документації чи закордонного виробництва при наявності дозволу центрального органу виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;

- ящики дощаті згідно з діючою нормативною документацією;

- пакети з паперових матеріалів, дозволених до використання центральним органом державної санітарно-епідеміологічної експертизи виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;

- інші види тари, що дозволені до використання центральним органом державної санітарно-епідеміологічної експертизи виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

2.6.5. Безглютенові бездріжджові хлібці укладають в ящики щільно.

2.6.6. В пакувальній одиниці повиненні бути безглютенові бездріжджові хлібці одного виду.

2.6.7. Ящики та інші пакувальні матеріали повинні бути цілими, чистими, сухими та не заражені шкідниками хлібних запасів, без стороннього запаху.

2.7. Маркування

2.7.1. Упаковані та фасовані вироби повинні мати маркування, нанесене безпосередньо на пакувальний матеріал або етикетку, яку наклеюють на пакування.

2.8.2. Маркування повинно містити таку інформацію:

На кожен одиницю споживчої тари (пакет, коробку) необхідно нанести наступну інформацію:

- назву виробу;
- назву підприємства-виробника, його адресу;
- масу виробу, кг;
- склад продукту (перелік сировини та спеціальних добавок, використаних у процесі виготовлення виробів), спеціальна призначеність продукту, рекомендації щодо споживання;
- дату виготовлення;
- інформацію про харчову та енергетичну цінність продукту;
- термін придатності до споживання (термін реалізації) та умови зберігання;
- товарний знак (за наявності) згідно з ДСТУ 2296;
- штрих-код (за наявності) згідно з ДСТУ 3145;
- позначення цих умов.

2.8.3. Маркування виконується українською мовою. Допускається поряд з маркуванням державною мовою наносити чи дублювати інформацію іншою мовою.

2.8.4. Транспортне маркування

У разі необхідності застосовують транспортне маркування – згідно ГОСТ 14192 з нанесенням маніпуляційних знаків.

На кожен одиницю транспортної тари наносять маркування, що характеризує продукцію:

- назву виробів;
- назву підприємства-виробника, його адресу і телефон;
- масу нетто, кг;
- дату виготовлення;
- термін придатності до споживання (термін реалізації) та умови зберігання;
- товарний знак (за наявності) згідно з ДСТУ 2296;
- штрих-код (за наявності) згідно з ДСТУ 3145;
- позначення цих ТУ.

2.8.5. Маркування продукції для експорту, у разі необхідності, оформляють мовою країни-покупця.

2.8.6. Маркування наносять наклеюванням ярлика або нанесенням виразного відбитка трафаретом чи штампувальною фарбою, що не змивається і не має запаху.

На тару з продукцією для експорту маркування наносять чорною фарбою, що не змивається і не має запаху, через трафарет або штампом на обидві торцеві чи бічні сторони ящика.

2.8.7. Номер укладальника чи зміни зазначають на ярлику, вкладеному всередину коробок, пачок, пакетів, ящиків тощо, чи проставляють штемпелем на зовнішній стороні тари.

2.8.8. Для продукції, яка пройшла державну сертифікацію (у разі необхідності), на кожній пакованій одиниці ставлять знак відповідності згідно з ДСТУ 2296.

2.8.9. У разі постачання продукції на експорт вимоги щодо пакування, маркування та маси можна коригувати відповідно до контракту чи угоди.

3 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

3.1. При виробництві безглютенкових бездріжджових хлібців потрібно керуватись вимогами безпеки, що встановлені ДСТУ-Н CODEX STAN 118:2014.

3.2. Технологічне устаткування повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003.

3.3. Технологічний процес повинен здійснюватися згідно з ГОСТ 12.3.002

3.4. Повітря робочої зони повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005.

4 ВИМОГИ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

4.1. Стічні води під час виробництва повинні підлягати очищенню та відповідати СанПиН 4630.

4.2. Контроль гранично допустимих викидів в атмосферу здійснюється відповідно до ГОСТ 17.2.3.02 і державними санітарними правилами охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами) ДСП 201.

4.2. Охорона ґрунту від забруднення побутовими і промисловими відходами здійснюється відповідно до вимог санітарних правил утримання територій населення місць згідно із СанПиН 42-128-4690.

5 ПРИЙМАННЯ

5.1. Правила приймання безглютенкових бездріжджових хлібців відповідно до ГОСТ 5667 (хліба та булочних виробів). Безглютенкові бездріжджові хлібці приймають партіями. Відповідність партії продукції вимогам цього стандарту засвідчують штампом в товарно-транспортній накладній.

Для кожної партії виробів у товарно-транспортну накладну проставляють дату виготовлення і час виймання готових виробів з печі.

5.1.1. Партією вважається:

- на складі підприємства – будь-яка кількість безглютенових бездріжджових хлібців одного виду, виготовленого на одній технологічній лінії протягом однієї доби та оформленого одним документом про якість;

- в торгівельній мережі – будь-яка кількість безглютенових бездріжджових хлібців одного виду та типу, розфасованого в один вид упаковки, однієї дати виготовлення та оформленого одним документом про якість.

5.1.2. Для визначення відповідності якості безглютенових бездріжджових хлібців вимогам цих ТУ підприємство-виробник проводить приймальний та періодичний контроль.

5.1.3. За умови комп'ютерної системи оформлення у товарно-транспортну накладну вносять у спеціально відведене місце (рамку) таку інформацію: «Штамп про якість. Продукція відповідає вимогам нормативної документації. Контролер, прізвище або номер контролера».

5.2. Органолептичні показники, якість, пакування та маркування, розміри, масу нетто безглютенових бездріжджових хлібців визначають у кожній партії.

5.3. Порядок та періодичність контроль за вмістом токсичних елементів, мікотоксинів, пестицидів та радіонуклідів при виробництві безглютенових бездріжджових хлібців здійснюють відповідно до МР 4.4.4-108

5.4. Фізико-хімічні показники визначають періодично і за вимогою одержувача-споживача. Періодичність контролювання встановлює підприємство-виробник.

5.5. Періодичність контролювання вмісту токсичних елементів та мікотоксинів згідно з МР 4.4.4-108.

Порядок установлює виробник продукції за погодженням з органами санітарно-епідеміологічного нагляду.

5.6. Вміст пестицидів у готовій продукції контролюють за вимогою одержувача-споживача.

6 МЕТОДИ КОНТРОЛЮВАННЯ

Контролювання показників якості та безпеки здійснюють акредитовані лабораторії підприємств та інших компетентних організацій (на договірних засадах) за методами згідно з чинними стандартами.

Упаковані вироби перед аналізуванням звільняють від упаковки.

6.1. Методи відбирання проб та методи визначання органолептичних показників та маси хліба та середньої маси фасованої продукції – згідно з ГОСТ 5667.

6.2. Методи контролювання фізико-хімічних показників:

- визначання масової частки жиру згідно з ГОСТ 5668;
- визначання пористості згідно з ГОСТ 5669;
- визначання кислотності згідно з ГОСТ 5670;
- визначання масової частки цукру згідно з ГОСТ 5672;
- визначання вологості згідно з ГОСТ 21094.

6.3. Токсичні елементи визначають згідно методів, приведених в 2.5.3, мінералізація проб – згідно з ГОСТ 26929.

6.4. Мікотоксини визначають згідно з МР 2964, МР 3184, МР 5177, МУ 4082. Пестициди визначаються згідно з ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000.

6.5. Радіонукліди визначають згідно з МУ 5778 та МУ 5779. Допускається використовувати інші методики, що затверджені центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

6.6. Якість сировини та матеріалів контролюють при вхідному контролі згідно з документами, виданими підприємством-виробником, що засвідчують їх якість.

7 ТРАНСПОРТУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ

7.1. Транспортування

Транспортування та зберігання безглютенових бездріжджових хлібців здійснюються згідно з ГОСТ 8227.

Безглютенові бездріжджові хлібці транспортують у критих транспортних засобах усіх видів, відповідно до правил перевезень, встановлених на даному виді транспорту.

7.1.1. Транспортні засоби повинні бути чистими, не зараженими шкідниками хлібних запасів, без стороннього запаху.

7.1.2. Пакування вантажу проводиться згідно з ДСТУ 9569:2009.

7.2. Зберігання

7.2.1. Ящики та пакети з безглютеновими бездріжджовими хлібцями повинні зберігатися в складських приміщеннях на стелажах.

7.2.2. Приміщення для зберігання безглютенових бездріжджових хлібців повинні бути чистими, сухими, з хорошою вентиляцією, не заражені шкідниками хлібних запасів, захищені від дії атмосферних опадів, з відносною вологістю повітря не більше 75 %, за температури не нижчої ніж плюс 4⁰С. Не допускається зберігати безглютенові бездріжджові хлібці разом з продуктами, що мають специфічний запах, а також що містять глютен.

7.2.3. Строк придатності безглютенових бездріжджових хлібців складає не більше 24 год.

7.2.4. Реалізація продукції у роздрібній торговельній мережі повинна здійснюватись за наявності інформації, поданої підприємством-виробником, про енергетичну цінність, вміст білка, жиру, вуглеводів, та спеціальних харчових добавок у 100 г виробу.

8 ГАРАНТІЇ ВИРОБНИКА

8.1. Виробник гарантує відповідність безглютенових бездріжджових хлібців цим ТУ за умови додержання умов транспортування та зберігання.

8.2. Строк придатності до споживання відповідно до 7.2.3 за умови дотримання вимог наведених в 7.2.2.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Харчова та енергетична цінність 100 г хлібців

| Найменування виробів | Харчова цінність | | | Енергетична цінність, ккал |
|----------------------|------------------|---------|--------------|----------------------------|
| | Білки, г | Жири, г | Вуглеводи, г | |
| хлібець «Глютенофф» | 6,1 | 2,7 | 30,1 | 162,0 |
| хлібець «Борщовий» | 5,7 | 2,7 | 34,8 | 177,7 |
| хлібець «Маковій» | 5,6 | 3,0 | 35,4 | 181,9 |

Таблиця А.2 – Органолептичні показники хлібців

| Найменування показника | хлібець «Глютенофф» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|------------------------|--|-------------------------------|--------------------------------|
| Форма | відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових впливів | | |
| Поверхня | гладка, без підривів та тріщин | гладка, посипана кунжутом | гладка, посипана маком |
| Скоринка | Колір від світло-коричневого до темно-коричневого | | |
| Стан м'якушки | пропечена, еластична, без слідів непромісу | | |
| Колір м'якушки | світло - жовтий | білий або кремовий | світло - жовтий |
| Смак та запах | приємний, з присмаком кефіру | приємний, з присмаком часнику | приємний солодкуватий, маковий |

Таблиця А.3 – Фізико-хімічні показники хлібців

| Найменування показника | хлібець «Глютенофф» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
|--|---------------------|--------------------|-------------------|
| Вологість м'якушки, %, не більше | 61,0 | 60,0 | 60,0 |
| Кислотність м'якушки, град, не більше | 3,0 | 2,0 | 2,0 |
| Пористість м'якушки, % не менше | 62,0 | 65,0 | 64,0 |
| Масова частка білку в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 5,9 | 5,6 | 5,5 |
| Масова частка жиру в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 2,6 | 2,6 | 2,9 |

ДОДАТОК Б

БІБЛІОГРАФІЯ

1. МБТ 5061 –89 Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 1990 (Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини і харчових продуктів М., 1990), затверджені Міністерством охорони здоров'я СРСР від 1989–08 –01.
2. ДР – 97 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування та питній воді, затверджені Міністерством охорони здоров'я СРСР України від 1997– 08–19 № 255.
3. Правила з організації і ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах, затверджені наказом Укрхлібпрому від 2000–07–19 № 37 та постановою правління Укоопспілки від 2000– 06 – 30 № 146.
4. Р 50-056 – 96 Продукція фасована в пакованні. Загальні вимоги до кількості, затверджена наказом Держспоживстандарту № 300 від 18.07.96
5. СанПиН 4630–88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения (Санітарні правила і норми щодо охорони поверхневих вод від забруднення), затверджені Міністерством охорони здоров'я СРСР від 1988–07 –04 № 4630.
6. ДСП 201–97 Державні санітарні правила «Охорона атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)», затверджені Міністерством охорони здоров'я України від 1997 –07–09 № 201.
7. СанПиН 42-128-4690 – 88 Санитарные правила содержания территорий населенных мест (Санітарні правила утримання територій населених місць), затверджені МОЗ СРСР від 1988 – 08–05 № 4690, затверджені Міністерством охорони здоров'я СРСР 1988 – 08– 05 № 4690.
8. МР 4.4.4-108 – 2004 Методичні рекомендації. Періодичність контролю продовольчої сировини та харчових продуктів за показниками безпеки, затверджені Міністерством охорони здоров'я України від 2004–07–02 № 329.

Додаток В2
ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
З ВИГОТОВЛЕННЯ БЕЗДРІЖДЖОВИХ
БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ
ТІ 38159665–145:2017

ЗАТВЕРДЖУЮ

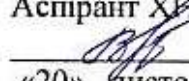


ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
 З ВИГОТОВЛЕННЯ БЕЗДРІЖДЖОВИХ
 БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБЦІВ
 ТІ 38159665-145:2017


Термін дії: з «01» грудня 2017 р.

РОЗРОБЛЕНО

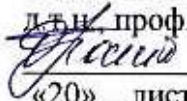
Аспірант ХНТУСГ ім. П. Василенка

 Галясний І. В.
 «20» листопада 2017 р.

Завідувач кафедри технологій
 переробних і харчових виробництв
 ХНТУСГ ім. Петра Василенка

 Гавриш Т. В.
 «20» листопада 2017 р.

Професор кафедри технологій
 переробних і харчових
 виробництв ХНТУСГ ім. П. Василенка
 д.т.н. проф.

 Шанина О. М.
 «20» листопада 2017 р.

1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

Дана технологічна інструкція поширюються на виробництво бездріжджових безглютенових хлібців, які виробляються з борошна рисового, борошна кукурудзяного, цукру-піску, солі повареної харчової, меланжу, концентрату тваринних білків (Сканпро Т95 або Геліос-11), карбоксиметилцелюлози натрієвої солі (Na КМЦ), води або кефіру та смакових добавок (часник сушений, кунжут, мак). Концентрат тваринних білків (КТБ) та Na КМЦ використовують для покращення структури бездріжджових безглютенових хлібців та покращення органолептичних характеристик.

Технологічна інструкція поширюється на всі підприємства, які виготовляють хлібобулочні вироби на обладнанні, що серійно випускається, на малі цехи та підприємства з обладнанням потужністю 50-200 кг/год.

Загальні положення з організації та ведення технологічного процесу виробництва бездріжджових безглютенових хлібців викладені в «Сборнике технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий». – М.: Прейскурантиздат, 1989 – 161 с. У даній технологічній інструкції наведені основні відмінності технології, які полягають у підготовці та внесенні основних та додаткових інгредієнтів при виготовленні бездріжджових безглютенових хлібців, коригуванні технологічних параметрів процесів тістоведення та теплової обробки.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Бездріжджові безглютенові хлібці виготовляють прямокутної форми, масою 100 г.

Якість готової продукції повинна відповідати ТУ У 10.7–38159665–145:2017.

3 ПЕРЕЛІК СИРОВИНИ

3.1. Сировина:

- борошно рисове, згідно з ТУ 15.6-00952737-006-2002;
- борошно кукурудзяне, згідно з ГОСТ 14176-69;

- концентрат тваринного білка Сканпро Т95 при наявності дозволу центрального органу виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;
- цукор-пісок, згідно ДСТУ 2316 –93;
- сіль поварена харчова, згідно ДСТУ 3583– 97;
- сода харчова згідно ГОСТ 2156-76;
- карбоксиметилцелюлози натрієва сіль харчова при наявності дозволу центрального органу виконавчої влади у сфері охорони здоров'я;
- вода питна, згідно ГОСТ 2874 – 82;
- яйце продукти, згідно ДСТУ 5028:2008;
- кефір, згідно ДСТУ 4417:2005;
- кунжут, згідно ДСТУ 7012:2009;
- часник сушений, згідно ГОСТ 16729;
- мак олійний, згідно ДСТУ 7696:2015.

3.2. Кожна партія сировини повинна супроводжуватись сертифікатом якості.

3.3. Показники безпеки сировини не повинні перевищувати допустимі рівні, встановлені МБТ 5061 – 89 Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов (Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини і харчових продуктів).

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Підготовка сировини до виробництва та її дозування

Підготовка борошняної сировини, солі, цукру, води та інших компонентів до виробництва повинна проводитись згідно відповідного розділу в «Сборнике технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий». – М.: Прейскурантиздат, 1989 – 161 с.

Виходячи з цього, необхідно визначити кількість добавок-поліпшувачів, що йдуть на приготування однієї порції суміші.

Кількість добавок поліпшувачів для отримання безглютенових бездріжджових хлібців обирають згідно з Пат. на корисну модель № 10939 Україна, МПК А21D 8/02 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців», автори Гавриш Т.В., Галясний І.В., Шаніна О.М., Дугіна К.В.; Пат. на корисну модель № 10940 Україна, МПК А21D 8/02 «Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців», автори Шаніна О.М., Галясний І.В., Дугіна К.В., Гавриш Т.В.

4.2. Розрахунок рецептур бездріжджових безглютенових хлібців

Витрати сировини на 100 кг борошна для виготовлення безглютенових бездріжджових хлібців, масою 100 г необхідно, кг:

Таблиця 1 – Рецептури безглютенових бездріжджових хлібців

| Найменування сировини | Витрати сировини на 100 кг борошна, кг | | |
|---------------------------|--|--------------------|-------------------|
| | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
| Борошно рисове | 70,0 | 75,0 | 70 |
| Борошно кукурудзяне | 30,0 | 25,0 | 30 |
| Сіль поварена харчова | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Цукор-пісок | 4,0 | 4,0 | 7,0 |
| Меланж | 40,0 | 40,0 | 40,0 |
| Геліос-11 / Сканпро Т95 | - | 1,0 | 0,8 |
| На КМЦ (у сухому вигляді) | - | - | 0,6 |
| Кефір | 185 | - | - |
| Натрій двовуглекислий | 1,8 | - | - |
| Часник сушений | - | 1,5 | - |
| Кориця | - | - | - |
| Ванілін | - | - | 0,05 |
| Кунжут | - | 0,5 | - |
| Мак | - | - | 2,0 |

4.3. Вологість тіста корегується з врахуванням якості борошняної сировини, стану обладнання тощо, дані наведені в таблиці 2

Таблиця 2 – Режими приготування тіста для безглютенових виробів

| Режими приготування тіста | Найменування виробу | | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | хлібець «ГлютенOFF» | хлібець «Борщовий» | хлібець «Маковій» |
| Вологість, % | 64-64,5 | 63-63,5 | 63-63,5 |
| Початкова температура, °С | 25-30 | 35-40 | 35-40 |
| Тривалість збивання, х 60 с | 8-10 | 10-12 | 10-12 |
| Температура випікання, °С | 180-185 | 175-180 | 175-180 |

4.4. Замішування тіста

Під час виробничого процесу рисове та кукурудзяне борошно очищують від сторонніх домішок шляхом просіювання та перемішують. Потім готують розчин карбоксиметилцелюлози натрієвої солі, застосовуючи всю рецептурну кількість води та залишають для набрякання не менше 2 годин. Температура води для розчинення повинна складати 30...40⁰С. Цукор, КТБ, сіль просіюють.

Спочатку готується яєчно-цукрова суміш з добавками-поліпшувачами.

Для цього яйцепродукти (меланж) разом із цукром збивають протягом 6-8 хв у збивальній машині спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу, потім додають КТБ та продовжують збивати протягом 1-2 хв. Отриману яєчно-цукрову суміш з'єднують з підготовленим розчином Na КМЦ.

Для замісу тіста борошно та додаткову сировину (сіль, смако-ароматичні добавки) додають до збивальної машини та замішують безглютенове тісто на малих обертах робочого органу збивальної машини протягом 1 хв. Після цього отримане тісто направляють в депозитор, за допомогою якого отримують порції тіста в формах однакової маси та випікають.

Якщо застосовувати кефір в якості рідкої фази, то заміс тіста здійснюють наступним чином. Спочатку збивають меланж протягом 2-3 хв, додають цукор та продовжують збивати 5-6 хв. Потім кефір перемішують із содою харчовою, сіллю та поєднують з перемішують з яєчно-цукровою масою 1 хв. Далі заміс тіста аналогічний вище описаному.

4.5. Термічна обробка

Термічну обробку безглютенових бездріжджових хлібців проводять у печах. Тістові заготівлі у формах для термічної обробки розміщують у робочу камеру шафи. Випікання здійснюють за температури 175-180⁰С протягом 30...35 хв.

4.6. Охолодження

Готові вироби направляють на охолодження при температурі 18...25⁰С та відносній вологості не більше 75 % до повного вистигання, після чого пакують згідно ТУ У 10.7-38159665-145:2017 «Хлібці безглютенові бездріжджові».

4.7. Метрологічне забезпечення

Метрологічне забезпечення виробництва безглютенового парового хліба здійснюється згідно з додатком 8 «Сборника технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий». – М.: Прейскурантиздат, 1989 – 161 с.

Аспірант ХНТУСГ
ім. П. Василенка

 Галясний І. В.

Завідувач кафедри технологій
переробних і харчових виробництв
ХНТУСГ ім. Петра Василенка

 Гавриш Т. В.

Професор кафедри технологій
переробних і харчових виробництв
ХНТУСГ ім. П. Василенка
д.т.н., проф.

 Шаніна О. М.

Додаток В3

РЕЦЕПТУРИ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖОВИХ ХЛІБЦІВ
«ГЛЮТЕНОФФ», «БОРЦОВИЙ», «МАКОВІЙ»

РЦ 38159665–145:2017

ЗАТВЕРДЖУЮ

**РЕЦЕПТУРИ**

РЦ 38159665–145:2017

Безглютенові бездріжджові хлібці**«Глютенофф», «Борщовий», «Маковій»**

До ТІ 38159665–145:2017 з виготовлення бездріжджових безглютенових хлібців

Розроблено: Харківським національним технічним університетом сільського господарства імені Петра Василенка

Безглютенові бездріжджові хлібці
«ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій»

Безглютенові бездріжджові хлібці на основі суміші з рисового та кукурудзяного борошна мають форму, що відповідає формі для випікання.

Випускається фасованим в паперові пакети, масою 100 г

Вологість 60,0% ± 3,0%

| Найменування сировини | Витрати сировини на 100 кг борошна, кг | | |
|------------------------|--|------------------|-----------------|
| | Хлібець ГлютенOFF | Хлібець Борщовий | Хлібець Маковій |
| Борошно рисове | 70,0 | 75,0 | 70 |
| Борошно кукурудзяне | 30,0 | 25,0 | 30 |
| Сіль поварена харчова | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Цукор-пісок | 4,0 | 4,0 | 7,0 |
| Олія рослинна | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Меланж | 40,0 | 40,0 | 40,0 |
| Сканпро Т95 | - | 1,0 | 0,8 |
| КМЦ (у сухому вигляді) | - | - | 0,6 |
| Кефір | 185 | - | - |
| Натрій двовуглекислий | 1,8 | - | - |
| Часник сушений | - | 1,5 | - |
| Ванілін | - | - | 0,05 |
| Кунжут | - | 0,5 | - |
| Мак | - | - | 2,0 |
| Всього сировини | 332,3 | 148,5 | 151,85 |

В 100 г безглютенових бездріжджових хлібцях міститься:

| Найменування виробів | Харчова цінність | | | Енергетична цінність Ккал |
|----------------------|------------------|---------|--------------|---------------------------|
| | Білки, г | Жири, г | Вуглеводи, г | |
| Хлібець ГлютенOFF | 6,1 | 2,7 | 30,1 | 162,0 |
| Хлібець Борщовий | 5,7 | 2,7 | 34,8 | 177,7 |
| Хлібець Маковій | 5,6 | 3,0 | 35,4 | 181,9 |

ХНТУСГ ім. П. Василенка, професор

ХНТУСГ ім. П. Василенка, аспірант

ХНТУСГ ім. П. Василенка, зав.кафедри



Шаніна О.М.



Галясний І. В.

Гавриш Т.В.

ДОДАТОК Г
АКТИ ДЕГУСТАЦІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖОВИХ
ХЛІБЦІВ

Додаток Г1

АКТ ДЕГУСТАЦІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖОВИХ

ХЛІБЦІВ

(ТОВ «НВП-СХІДНА УКРАЇНА»)



АКТ

дегустації нового виробу - безглютенових бездріжджових хлібців

20.11.2017 р.

м. Харків

Присутні:

Від підприємства:

директор Моїсєєв О. В.

Від ВУЗу:

д.т.н., професор кафедри ТПХВ, ХНТУСГ ім. П.Василенка Шаніна О. М.,
 аспірант кафедри ТПХВ, ХНТУСГ ім. П.Василенка Галясний І. В.

На дегустації представлені нові безглютенові бездріжджові хлібці в асортименті:

- «Глютенофф»,
- «Борщовий»,
- «Маковій»,

Розробники: д.т.н., професор кафедри ТПХВ, ХНТУСГ ім. П.Василенка Шаніна О. М., аспірант кафедри ТПХВ, ХНТУСГ ім. П.Василенка Галясний І. В.

Продукт рекомендується для щоденного вживання всім верствам населення, а також для людей, хворих на целиацію.

Технологічний процес виробництва безглютенових бездріжджових хлібців включає попередню підготовку сировини: просіювання та перемішування борошна рисового та кукурудзяного, просіювання інших сипучих рецептурних компонентів. Готують розчин натрій карбоксиметилцелюлози, застосовуючи всю рецептурну кількість води та залишають для набрякання не менше 2 годин. Замість тіста починають зі

збивання меланжу в присутності цукру та білкової добавки Сканпро Т95 протягом 5-6 хв спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини. Підготовлену яечно-цукрову масу збивають з набряклим водним розчином натрій карбоксиметилцелюлози. Наприкінці замішування тіста поєднують збиту суміш з сипкою сировиною. Утворене тісто обережно перемішують і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 180 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Учасники дегустації зазначили:

- Представлені зразки продукції можуть широко застосовуватись у харчуванні людей, хворих на целиацію та всіх інших груп населення;
- Якість продукції характеризується високими органолептичними показниками;
- У зв'язку з актуальністю використання дієтичних продуктів харчування, представлена продукція є важливою і бажаною в сучасному раціоні населення.

За результатами дегустації комісія встановила:

1. Відзначити новизну розробки, високі органолептичні властивості та спрямованість продукту на дієтичне харчування.
2. Відзначити економічну ефективність виробництва безглютенних бездріжджових хлібців.
3. Рекомендувати представлену продукцію до харчування людей, хворих на целиацію та усіх інших груп населення.

Від підприємства:

керівник

 О. В. Моїсєєв

Від ХНТУСГ ім. П. Василенка:

д.т.н., проф.



Шаніна О. М.

аспірант



Галясний І. В.

Додаток Г2

АКТ ДЕГУСТАЦІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖОВИХ

ХЛІБЦІВ

(ТОВ «ЧАРІВНА МОЗАЇКА»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Головний технолог
Кондитерське підприємство
ТОВ «Чарівна мозаїка»



Григоренко А. М.

«15» 09 2017 р.

АКТ

дегустації нового виробу – безглютенових бездріжджових хлібців

Присутні:

Від підприємства:

головний технолог Григоренко А. М., завідувач виробництвом Бугаєв О. Ю.

Від ХНТУСГ ім. П. Василенка:

к.т.н., доц. Гавриш Т. В., аспірант Галясний І. В.

На дегустації представлені нові безглютенові бездріжджові хлібці в асортименті:

- «Глютенофф»;
- «Борщовий»;
- «Маковій».

Розробники: зав. кафедри ТПХВ, ХНТУСГ ім. Василенка к.т.н., доц. Гавриш Т. В., аспірант кафедри ТПХВ, ХНТУСГ ім. П. Василенка Галясний І. В.

Продукт рекомендується для щоденного вживання всім верствам населення, а також для людей, хворих на целиакію.

Технологічний процес виробництва безглютенових бездріжджових хлібців включає попередню підготовку сировини: просіювання та перемішування борошна рисового та кукурудзяного, просіювання інших сипучих рецептурних компонентів. Готують розчин натрій карбоксиметилцелюлози, застосовуючи всю рецептурну кількість води та залишають для набрякання не менше 2 годин. Замість тіста починають зі збивання меланжу в присутності цукру та білкової добавки Сканпро Т95 протягом 5-6 хв спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини. Підготовлену яечно-цукрову масу збивають з набряклим водним розчином натрій карбоксиметилцелюлози. Наприкінці замішування тіста поєднують збиту суміш з сипкою сировиною. Утворене тісто обережно перемішують і розміщують у форми для випікання. Випікання

здійснюють за температури 180 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Учасники дегустації зазначили:

- Представлені зразки продукції можуть широко застосовуватись у харчуванні людей, хворих на целиакію та всіх інших груп населення;
- Якість продукції характеризується високими органолептичними показниками;
- У зв'язку з актуальністю використання дієтичних продуктів харчування, представлена продукція є важливою і бажаною в сучасному раціоні населення.

За результатами дегустації комісія встановила:

1. Відзначити новизну розробки, високі органолептичні властивості та спрямованість продукту на дієтичне харчування.
2. Відзначити економічну ефективність виробництва безглютенкових бездріжджових хлібців.
3. Рекомендувати представлену продукцію до харчування людей, хворих на целиакію та усіх інших груп населення.

Від підприємства:

Головний технолог
Завідувач виробництвом

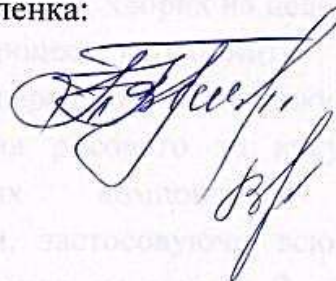


А. М. Григоренко
О. Ю. Бугаєв

Від ХНТУСГ ім. П. Василенка:

к.т.н., доц..

аспірант



Т. В. Гавриш

І. В. Галясний

ДОДАТОК Д
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Додаток Д1

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖО-
ВИХ ХЛІБЦІВ

(ТОВ «НВП-СХІДНА УКРАЇНА»)

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. П. Василенка

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Харківського національного
технічного університету сільського
господарства ім. П. Василенка
д.т.н., проф. Мельник В. Т.

«30»

листопада 2017 р.



Директор
ТОВ «НВП-Східна Україна»
Моїсєєв О. В.

«30» листопада 2017 р.



А К Т

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник ТОВ «НВП-Східна Україна»

(найменування організації)

Моїсєєв О. В.

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати роботи, яку виконано на тему:
№0115U000583 «Використання безглютенової сировини і сучасних добавок
утворювачів структури для створення харчових продуктів лікувальної дії»,
№0117U003078 «Застосування високобілкової борошняної сировини в
технології безглютенового хліба»

(найменування теми, № держ.реєстрації)

на кафедрі технологій переробних і харчових виробництв Харківського
національного технічного університету сільського господарства ім.
П.Василенка

вартістю 10,750 (десять тисяч сімсот п'ятдесят) грн.

(цифрами та прописом)

яка виконувалася з 01.11.2017 р. по 30.11.2017 р.

впроваджені у цехах ТОВ «НВП-Східна Україна»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів - технології безглютенових бездріжджових
та безглютенових парових хлібців та рекомендації щодо їх впровадження у
виробництво

(експл. виробу, роботи, технології; виробниц. виробу, технології,
функціонуван. систем)

2. Характеристика масштабу впровадження дослідно-промислові партії

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження: Технологія виробництва безглютенових бездріжджових та безглютенових парових хлібців

Методика (метод) впровадження у виробництво

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нові технології безглютенових бездріжджових та безглютенових парових хлібців та рекомендації щодо їх впровадження у виробництво

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка акти випробувань від 20.11.2017 р. на ТОВ «НВП-Східна Україна»

(вказати номер і дату актів випробувань, найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- у виробничий процес приготування хлібобулочних виробів на ТОВ «НВП-Східна Україна» для широкого кола споживачів

(ділянка, цех/цехи, процес)

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається)

очікуваний _____ тис.грн. _____

(від впровадження в проект)

фактичний _____ тис.грн. _____

у тому числі часткова (дольова) участь ВНЗу

_____ тис.грн. _____

(%, цифрами і прописом)

8. Питома економічна ефективність впровадження

результатів _____ тис.грн. _____

9. Обсяг впровадження 400 кг

що становить _____ % від обсягу впровадження, що покладено в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, який розраховано по

закінченні НДР: $E_{\text{гар}} =$ _____ тис.грн., а під час поетапного впровадження:


$E_{\text{гар}}$ _____ під час укладення договору.

10. Соціальний і науково-технічний ефект переробка борошна зернових культур різного за якістю для виробництва безглютенових бездріжджових та безглютенових парових хлібців, розширення асортименту, підвищення конкурентоспроможності на ринку збуту, впровадження принципів максимального використання сировинних ресурсів, розширення кола споживачів, створення дієтичного харчування

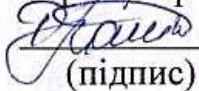
(охорона навколишнього середовища, надр; оздоровлення та покращення умов праці, удосконалення структури управління, науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

ВІД ВНЗ

Зав. кафедрою ТПХВ

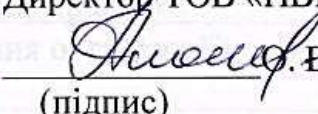

(підпис) Т. В.Гавриш
П.І.Б.

Керівник роботи


(підпис) О. М. Шаніна
П.І.Б.

ВІД ПІДПРИЄМСТВА

Директор ТОВ «НВП-Східна Україна»


(підпис) В. В. Моїсєєв
П.І.Б.

Додаток Д2

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖДЖО-
ВИХ ХЛІБЦІВ

(ТОВ «ЧАРІВНА МОЗАЇКА»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Головний технолог
Кондитерське підприємство
ТОВ «Чарівна мозаїка»



Григоренко А.М.

«02» 10 2017 р.

АКТ

Впровадження безглютенових бездріжджових хлібців
«ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій»
на підприємстві ТОВ «Чарівна мозаїка»

– Цим актом підтверджується, що безглютенові бездріжджові хлібці «ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій», розроблені на базі Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка впроваджені на підприємстві ТОВ «Чарівна мозаїка» в м. Харків.

У виробничих умовах підприємства ТОВ «Чарівна мозаїка» у період з 11.09.2017 по 30.09.2017 було виготовлено по 100 кг безглютенових бездріжджових хлібців «ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій» (всього 300 кг).

Вид впровадження результатів. Вироблені та реалізовані дослідні партії безглютенових бездріжджових хлібців «ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій»

Одержаний результат. Продукт для щоденного вживання всім верствам населення, а також для людей, хворих на целиакію. Вироби відзначаються добрими органолептичними показниками, користуються попитом у споживачів. Виробництво та реалізація безглютенових бездріжджових хлібців «ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій» дозволить розширити асортимент хлібобулочних виробів загального та спеціального призначення.

к.т.н., доц.

аспірант

Т. В. Гавриш

І. В. Галясний

ДОДАТОК Е
АКТИ ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ

Додаток Е1

АКТ ВИРОБНИЧОГО ВИПРОБУВАННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖ-
ДЖОВИХ ХЛІБЦІВ

(ТОВ «НВП-СХІДНА УКРАЇНА»)



АКТ

про випуск дослідно-промислової партії безглютенових бездріжджових хлібців «ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій»

Ми, що підписалися нижче, склали цей акт про те, що за період з 01.11.2017 по 30.11.2017 р. здійснено випуск трьох дослідно-промислових партій безглютенових бездріжджових хлібців «ГлютенOFF», «Борщовий», «Маковій» у наступному асортименті:

- безглютеновий бездріжджовий хлібець «ГлютенOFF» виготовлений з суміші борошна рисового та кукурудзяного у співвідношенні 70:30 % відповідно, в якості рідкої фази застосовано кефір;
- безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий» виготовлений з суміші борошна рисового та кукурудзяного у співвідношенні 75:25 % відповідно з додаванням концентрату тваринних білків (Сканпро Т95) у кількості 1,0 % відповідно до маси борошняної суміші;
- безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій» виготовлений з суміші борошна рисового та кукурудзяного у співвідношенні 70:30 % відповідно з додаванням концентрату тваринних білків (Сканпро Т95) та натрій карбоксиметилцелюлози (СМС 6500) у кількості 0,8 та 0,5 % відповідно до маси борошняної суміші;

Сировина, яка використовувалася для виготовлення вказаних хлібобулочних виробів, відповідає вимогам нормативної документації.

Технологія приготування безглютенового бездріжджового хлібця «ГлютенOFF». На етапі підготовки сировини борошно рисове та борошно кукурудзяне просіюють та ретельно перемішують, просіюють інші сипучі рецептурні компоненти. Замість тіста починають зі збивання меланжу в присутності цукру протягом 5-6 хв спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини. Окремо збивають до утворення однорідної гомогенної маси кефір з додаванням рослинної олії, солі, двовуглекислого натрію та поєднують із збитим меланжем. Утворене тісто обережно перемішують з борошняною сумішшю і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 170 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Технологія приготування безглютенового бездріжджового хлібця «Борщовий» відбувається за наступною схемою: замість тіста починають з

перемішування борошняної суміші з сіллю та всією рецептурною кількістю води. Потім отриману суміш поєднують зі збитою (протягом 5-6 хв. спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини) масою на основі меланжу в присутності цукру, олії та білкової добавки Сканпро Т95 та додають подрібнений часник. Утворене тісто обережно перемішують і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 170...175 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Технологія приготування безглютенового бездріжджового хлібця «Маковій» відбувається за наступною схемою: на етапі підготовки сировини борошно рисове та борошно кукурудзяне просіюють та ретельно перемішують, додають сіль та насіння маку. Готують розчин натрій карбоксиметилцелюлози, застосовуючи всю рецептурну кількість води та залишають для набрякання не менше 2 годин. Замість тіста починають зі збивання меланжу в присутності цукру та білкової добавки Сканпро Т95 протягом 5-6 хв спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини. Підготовлену яєчно-цукрову масу збивають з набряклим водним розчином натрій карбоксиметилцелюлози. Наприкінці замішування тіста поєднують збиту суміш з сипкою сировиною. Утворене тісто обережно перемішують і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 180 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Глютенофф» має форму, що відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових впливів. Поверхня гладка, без підривів та тріщин. Стає м'якушки пропечений, еластичний, без слідів непромісу та має світло-жовтий колір. Смак та запах приємний, з присмаком кефіру.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий» має форму, що відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових впливів. Поверхня гладка, посипана кунжутом. Стає м'якушки пропечений, еластичний, без слідів непромісу та має білий або кремовий колір. Смак та запах приємний з присмаком часнику.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій» має форму, що відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових впливів. Поверхня гладка, посипана маком. Стає м'якушки пропечений, еластичний, без слідів непромісу та має світло-жовтий колір. Смак та запах приємний, солодкий з присмаком маку.

ВИСНОВКИ

1. Готові безглютенові бездріжджові хлібці мали достатньо високі споживчі властивості, характеризувалися добрими фізико-хімічними, органолептичними властивостями та відповідали вимогам нормативної документації.
2. Внесення полісахаридних та білкових добавок до рецептури безглютенових бездріжджових хлібців позитивно впливає на хід

технологічного процесу. Використання натрій карбоксиметилцелюлози та Сканпро Т95 не передбачає змін в апаратурному оформленні. Параметри технологічного процесу не відрізняються від технології традиційного хліба, тому нові технології можуть бути впроваджені у виробництво без переобладнання технологічних ліній хлібопекарського виробництва.

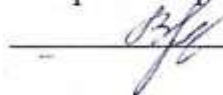
Від кафедри ТПХВ:

Професор кафедри ТПХВ,
д-р техн. наук, проф.



Шаніна О. М.

аспірант кафедри ТПХВ



Галясний І. В.

Від ТОВ «НВП-Східна
Україна»:

Генеральний директор



О. В. Моїсєєв

Додаток Е2

АКТ ВИРОБНИЧОГО ВИПРОБУВАННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БЕЗДРІЖ-
ДЖОВИХ ХЛІБЦІВ

(ТОВ «ЧАРІВНА МОЗАЇКА»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Головний технолог
Кондитерське підприємство
ТОВ «Чарівна мозаїка»



Григоренко А.М.

АКТ

виробничого випробування з виробництва бездріжджових
безглютенових хлібців
«Глютенофф», «Борщовий», «Маковій»

Дійсний акт складений співробітниками ТОВ «Чарівна мозаїка» головним технологом Григоренко А. М., зав. виробництвом Бугаєвим О. Ю. і представниками Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка к.т.н., доц. Гавриш Т. В., аспірантом Галясним І. В. про те, що за період 13-15 вересня 2017 р. на ТОВ «Чарівна мозаїка» проведено виробництво нових бездріжджових безглютенових хлібців.

Технологія приготування безглютенового бездріжджового хлібця «Глютенофф». На етапі підготовки сировини борошно рисове та борошно кукурудзяне просіюють та ретельно перемішують, просіюють інші сипучі рецептурні компоненти. Замість тіста починають зі збивання меланжу в присутності цукру протягом 5-6 хв. спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини. Окремо збивають до утворення однорідної гомогенної маси кефір з додаванням рослинної олії, солі, двовуглекислого натрію та поєднують із збитим меланжем. Утворене тісто обережно перемішують з борошняною сумішшю і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 170 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Технологія приготування безглютенового бездріжджового хлібця «Борщовий» відбувається за наступною схемою: замість тіста починають з перемішування борошняної суміші з сіллю та всією рецептурною кількістю води. Потім отриману суміш поєднують зі збитою (протягом 5-6 хв. спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини) масою на основі меланжу в присутності цукру, олії та білкової добавки Сканпро Т95 та додають подрібнений часник. Утворене тісто обережно перемішують і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 170...175 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Технологія приготування безглютенового бездріжджового хлібця «Маковій» відбувається за наступною схемою: на етапі підготовки сировини борошно рисове та борошно кукурудзяне просіюють та ретельно перемішують, додають сіль та насіння маку. Готують розчин натрій карбоксиметилцелюлози, застосовуючи всю рецептурну кількість води та залишають для набрякання не менше 2 годин. Замість тіста починають зі збивання меланжу в присутності цукру та білкової добавки Сканпро Т95 протягом 5-6 хв спочатку на низьких, потім на швидких обертах робочого органу збивальної машини. Підготовлену яєчно-цукрову масу збивають з набряклим водним розчином натрій карбоксиметилцелюлози. Наприкінці замішування тіста поєднують збиту суміш з сипкою сировиною. Утворене тісто обережно перемішують і розміщують у форми для випікання. Випікання здійснюють за температури 180 °С протягом 25...30 хв. Готові хлібці охолоджують.

Показники якості бездріжджових безглютенових виробів наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості безглютенових хлібобулочних виробів

| Найменування показника | Хлібець Глютенофф | Хлібець Борщовий | Хлібець Маковій |
|--|--|-------------------------------|--------------------------------|
| Органолептичні | | | |
| Форма | відповідає хлібній формі, в якій проводилося випікання без бокових впливів | | |
| Поверхня | гладка, без підривів та тріщин | гладка, посипана кунжутом | гладка, посипана маком |
| Скоринка | Колір від світло-коричневого до темно-коричневого | | |
| Стан м'якушки | пропечена, еластична, без слідів непромісу | | |
| Колір м'якушки | світло - жовтий | білий або кремовий | світло - жовтий |
| Смак та запах | приємний, з присмаком кефіру | приємний, з присмаком часнику | приємний солодкуватий, маковий |
| Фізико-хімічні | | | |
| Вологість м'якушки, %, не більше | 61,0 | 60,0 | 60,0 |
| Кислотність м'якушки, град, не більше | 3,0 | 2,0 | 2,0 |
| Пористість м'якушки, % не менше | 62,0 | 64,0 | 65,0 |
| Масова частка білку в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 5,9 | 4,9 | 5,6 |
| Масова частка жиру в перерахунку на сухі речовини, % не менше | 2,6 | 2,5 | 2,6 |

ВИСНОВКИ

1. Готові безглютенові бездріжджові хлібці мали достатньо високі споживчі властивості, характеризувалися добрими фізико-хімічними, органолептичними властивостями та відповідали вимогам нормативної документації.

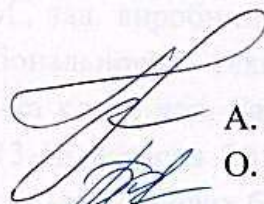
2. Внесення полісахаридних та білкових добавок до рецептури безглютенових бездріжджових хлібців позитивно впливає на хід технологічного процесу. Використання натрій карбоксиметилцелюлози та Сканпро Т95 не передбачає змін в апаратурному оформленні.

3. Параметри технологічного процесу не відрізняються від технології традиційного хліба, тому нові технології можуть бути впроваджені у виробництво без переобладнання технологічних ліній хлібопекарського виробництва.

Від підприємства:

Головний технолог

Завідувач виробництвом



А. М. Григоренко

О. Ю. Бугаєв

Від ХНТУСГ ім. П. Василенка:

к.т.н., доц.

аспірант



Т. В. Гавриш

І. В. Галясний

ДОДАТОК Ж
ДОВІДКИ ПРО УЧАСТЬ У ВИСТАВКАХ

ДОВІДКА

Дійсна довідка підтверджує, що 26 вересня 2015 р. в Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенка відбулася виставка-дегустація «Ніч науки». У рамках цього проекту науковці різних університетів Харкова представили науково-дослідницькі проекти в галузі сучасних технологій у різних галузях науки.

Свої розробки представили 15 вищих навчальних закладів міста:

- Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна;
- Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;
- Національний фармацевтичний університет;
- Харківський національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди;
- Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка;
- Харківський національний медичний університет;
- Харківський національний університет радіоелектроніки;
- Харківський національний автомобільно-дорожній університет;
- Харківський національний університет внутрішніх справ;
- Харківський державний університет харчування та торгівлі;
- Харківський гуманітарний університет «Народна українська академія»;
- Харківський планетарій ім. Ю.Гагаріна;
- Український державний університет залізничного транспорту;
- Українська інженерно-педагогічна академія;
- Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова.

Експонати від ХНТУСГ представлені робітниками та аспірантами кафедри технологій переробних та харчових виробництв.

У дегустації взяли участь співробітники вищих навчальних закладів міста Харкова та практичні робітники агропідприємств Харківської області.

Метою дегустації було ознайомлення спеціалістів та потенційних споживачів з науковими розробками фахівців ХНТУСГ, порівняння нової продукції з традиційними виробами за органолептичними показниками, біологічною та харчовою цінністю.

Кафедрою ТПХВ ХНТУСГ були представлені наступні експонати:

ПРОДУКТ

*Безглютеновий бездріжджовий хлібець
«Оригінальний»*
*Безглютеновий бездріжджовий хлібець
«Макова пасолода»*
*Безглютеновий бездріжджовий хлібець
«Родзинка»*
*Безглютеновий бездріжджовий хлібець
«Кунжутний»*
*Безглютеновий бездріжджовий хлібець
«Шкандитний»*
*Хлібець безглютеновий паровий
«Східний»*
*Хлібець безглютеновий паровий
«Сонячний»*
*Хлібець безглютеновий паровий
«Цілющий»*
Пластивці «Паросток»
Пластивці «Еко-Скарб»
Пластивці «Бадьорість»

РОЗРОБНИКИ

Шапіна О. М., Галяєний І. В.
Шапіна О. М., Галяєний І. В.
Шапіна О. М., Галяєний І. В.
Андрієнко О. О.
Шапіна О. М., Галяєний І. В.
Ястребова Л. М.
Шапіна О. М., Галяєний І. В.
Шапіна О. М., Міщенко С. М.,
Дугіна К. В.
Шапіна О. М., Міщенко С. М.,
Власова К. Г., П. І.
Шапіна О. М., Міщенко С. М.
Фоміна І. М., Ізмайлова О. О.
Фоміна І. М., Ізмайлова О. О.
Фоміна І. М., Ізмайлова О. О.

Учасники дегустації дали позитивну оцінку розробкам науковців кафедри ТПХВ. Гості відмітили важливість та користь продуктів та прийшли до висновку, що виробництво даної продукції дозволить:

- поширити асортимент безглютенових бездріжджових хлібобулочних виробів у сучасному харчовому виробництві;
- підвищити харчову та біологічну цінність безглютенових бездріжджових хлібобулочних виробів;
- підвищити харчову та біологічну цінність круп'яних виробів;
- отримати вироби з високими органолептичними показниками якості.

Фахівцями та учасниками рекомендовано продовжити дослідження в напрямку використання місцевої сировини в технологіях безглютенових хлібобулочних виробів з метою підвищення харчової та біологічної цінності харчової продукції та поширення асортименту.

Проректор з наукової роботи
Харківського національного
університету сільськогосподарського
Пр. Василенка, д.т.н., проф.



В. А. Войтов

ДОВІДКА

про участь у виставці-дегустації наукових досягнень Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка присвяченої 85-ти річчю ХНТУСГ, яка проводилася 6 листопада 2015 р.

Виставку-дегустацію було організовано з метою огляду досягнень наукових шкіл Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка в галузі науки та з огляду перспектив підвищення ефективності і практичної значимості наукових досліджень та впровадження їх результатів у виробництво.

Науковцями і фахівцями кафедри технологій переробних і харчових виробництв Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка було представлено зразки продукції, виробленої за новими прогресивними технологіями, що викликали увагу та цікавість серед гостей та відвідувачів виставки-дегустації.

На виставці від кафедри технологій переробних і харчових виробництв було представлено такі експонати:

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Глютенофф»

Розробники: Шаніна О. М., Галясний І. В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій»

Розробники: Шаніна О. М., Галясний І. В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Василенківський»

Розробники: Шаніна О. М., Галясний І. В. Андрієнко О. О.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий»

Розробники: Шаніна О. М., Галясний І. В. Ястребова Л. М.

Спирт харчовий оброблений магнітними полями «Crystal»

Розробники: Попова Е.М, Боровікова Н.О.

Пластівці підвищеної біологічної цінності «Паросток»

Розробники: Фоміна І.М., Ізмайлова О.О.

Пластівці підвищеної біологічної цінності «Еко-Скарб»

Розробники: Фоміна І.М., Ізмайлова О.О.

Пластівці підвищеної біологічної цінності «Бадьорість»

Розробники: Фоміна І.М., Ізмайлова О.О.

Крупа підвищеної харчової цінності «Світанок»

Розробники: Шаніна О.М., Дугіна К.В.

Крупа підвищеної харчової цінності «Цілюща»

Розробники: Шаніна О.М., Дугіна К.В.

Крупа підвищеної харчової цінності «Веселка»

Розробники: Шаніна О.М., Дугіна К.В.

Хліб «Вітамінний»

Розробники: Лобачова Н.Л., Сабадаш С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Пікатний»

Розробники: Шаніна О. М., Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Східний»

Розробники: Шаніна О. М., Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Дістичний»

Розробники: Шаніна О. М., Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Апетитний»

Розробники: Шаніна О. М., Мінченко С.М.

Проректор з наукової роботи
Харківського національного технічного
університету сільського господарства
ім. П. Василенка, д.т.н., проф.



В. А. Войтов

ДОВІДКА

**про участь Харківського торговельно-економічного інституту
Київського національного торговельно-економічного університету
у 8-й міжрегіональній спеціалізованій виставці з міжнародною
участю «Освіта Слобожанщини та навчання за кордоном – 2015»
5-7 листопада 2015 р.**

На виставці було представлено такі експонати:

Ватрушки «Насолода», збагачені функціональними інгредієнтами з нетрадиційної сировини.

Розробники: Мостова Л.М., Лещенко К.В.

Паштет з курячої печінки «Східна казка» з соєвим сиром Тофу.

Розробники: Жуков Є.В., Гудименко Є.М.

Технологія м'якого морозива «Кефірне», «Смаковите», «Медове» на кисломолочній основі оздоровчого призначення.

Розробники: Мостова Л.М., Ніколенко О.В.

Котлети «Strong» збагачені кріопорошком з виноградних кісточок.

Розробники: Жуков Є.В., Гаряга А.О.

Розробка технології безглютенових бездріжджових хлібців «Глотенофф» та «Маковій».

Розробники: Шаніна О.М., Галясний І.В.

Мафіни «Чарівниця», «Шоколадно-гарбузові», «Сонячний промінь» геродієтичного призначення.

Розробники: Свідло К.В., Трохименко О.В.

Фондан «Шоколадна лава» зі зниженою кількістю жирів та підвищеним вмістом мікроелементів для студентів.

Розробники: Жулінська О.В., Волкова А.В.

Пристрій для декомпресійної обробки харчових продуктів.

Розробники: Мартиненко Л.Г., Определякова К.В.

Безглютеновий рисовий хліб «Слобожанський край» лікувально-профілактичного призначення.

Розробники: Жуков Є.В., Нурєва А.В.

Оладки сирні «Генеральські» з додаванням шроту насіння вівса та гарбуза.

Розробники: Свідло К.В., Соболев Ю.С.

Пряник гарбузовий «Сонячний» з клітковиною насіння гарбуза та олією льону геродієтичного призначення.

Розробники: Свідло К.В., Шевченко А.А.

Пряник медово-імбирний геродієтичного призначення «Медова зірка» з слітковиною ядер волоського горіха, олією насіння гарбуза та дистозірою.

Розробники: Свідло К.В., Шевченко А.А.

Пряник житньо-пшеничний геродієтичного призначення «Горіховий рай» з слітковиною зародків пшениці та олією ядер волоського горіху.

Розробники: Свідло К.В., Шевченко А.А.

Січеники з птиці «Рожеві», «Смачні», «Слобожанські», збагачені овочево-ягідною яриною.

Розробники: Мостова Л.М., Ковнір Ю.О.

Печиво цукрове функціонального спрямування.
Розробники: Бачинська Я.О., Ухналь Я.В.

Пряники зі шротами та стевією.
Розробники: Бачинська Я.О., Ухналь Ж.В.

Дитяче харчування «Гарбузове пюре зі стевією».
Розробники: Афанасьєва В.А.

Спред «Імбирний».
Розробники: Афанасьєва В.А.

Джем вишневий низькокалорійний зі стевією «Солодка казка».
Розробники: Бачинська Я.О., Пономарьова І.М.

Джем вишневий зі стевією без цукру.
Розробники: Бачинська Я.О., Пономарьова І.М.

Макаронні вироби функціонального призначення.
Розробники: Чуйко М.М., Чуйко А.М.

Борошняні вироби функціонального призначення.
Розробники: Чуйко А.М., Чуйко М.М.

Хліб пшеничний функціонального призначення.
Розробники: Чуйко М.М., Кожухарь О.І.

Наукові основи розробки і впровадження додаткових послуг у готельно-ресторанних комплексах.
Розробники: Чуйко А.М., Асауленко Є.І., Кобиф Н.Г.

Солоний сирковий виріб «Смачний снідаюк»
Розробники: Шубіна Л.Ю., Дерев'яно Т.М.

М'ясний наштет функціонального призначення «Здоров'я».
Розробники: Шубіна Л.Ю., Кучеренко М.А., Милашич С.В.

Квашена капуста з брусницею «Радість».
Розробники: Непочатих Т.А., Козаков Д.М.

Кетчуп функціонального призначення «Богатирський».
Розробники: Непочатих Т.А., Каминін О.К.

Сухарі з цукатами з гарбузу.
Розробники: Непочатих Т.А., Брюхнов Д.В.

Вівсяне печиво функціонального призначення «Алінка».
Розробники: Непочатих Т.А., Бутова А.В.

Хліб пшеничний, збагачений сумішшю шротів.
Розробники: Бачинська Я.О., Ковбаса Н.О.

Хліб житній з вівсяними пластівцями та позитивником.
Розробники: Бачинська Я.О., Блохіна А.О.

Керівник виставкового проекту
«Освіта Слобожанщини»,
директор виставкової фірми АДГ

О.В. Товстиженко



З ОРИГІНАЛОМ ЗГІДНО
Неч. БК [Signature] Буйнова Н.О.

ДОВІДКА
ПРО УЧАСТЬ У ОБЛАСНІЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНІЙ ВИСТАВЦІ – ЯРМАРОК
«ПРОДУКТИ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ЖИТТЯ»

10 вересня 2016 р.

Сумський НАУ, вул. Г.Кондратьєва, 160,

Обласна спеціалізована виставка-ярмарок «Продукти для здорового життя» була організована на території Сумського НАУ з ініціативи Сумської обласної державної адміністрації за участі першого заступника голови Сумської обласної державної адміністрації Олександра Марченка, заступника голови Сумської ОДА Миколи Подопрігори, директора Сумської торгово-промислової палати Костянтина Макаренка, директора Департаменту агропромислового розвитку Сумської ОДА Петра Турчина та голови Аграрного союзу Олексія Каргавого.

Достойно презентував на виставці свої досягнення Сумський національний аграрний університет. Були представлені тематичні експозиції, майстер-класи з виготовлення екологічної продукції харчування.

Справжній ажіотаж викликали майстер-класи від фахівців факультету харчових технологій та дегустація продукції. Експозиція технологів була представлена повітними розробками продукції харчування, монографіями, науковими звітами, патентами, програмними розробками. Була виставлена продукція, яка розроблена згідно сучасних досягнень науки і техніки в галузі виробництва продуктів харчування і забезпечує комплексну безвідходну переробку сільськогосподарської сировини, виробництво екологічно безпечних продуктів харчування з урахуванням потреб різних вікових груп і стану здоров'я населення та продуктів підвищеної біологічної цінності з місцевої сировини, що викликали велику увагу та цікавість гостей, а також відвідувачів виставки.

Серед представлених різноманітних експонатів були і наступні розробки:

1. Булочка безглютенова «Дитяча посмішка» *Шаніна О.М., Лобачова Н.Л.*
2. Хліб безглютеновий формовий «Гурман» *Шаніна О.М., Лобачова Н.Л.*
3. Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці «Паросток» *Фоміна І.М., Ізмайлова О.О.*
4. Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці «Еко-Скарб» *Фоміна І.М., Ізмайлова О.О.* ●
5. Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці «Бадьорієть» *Фоміна І.М., Ізмайлова О.О.*
6. Спирт «Кристали» *д.б.н., проф. Попова Е. М.*
7. Водка «Органік» *д.б.н., проф. Попова Е. М.*
8. Крупа підвищеної харчової цінності «Світанок» *Шаніна О.М., Дугіна К.В.*
9. Крупа підвищеної харчової цінності «Цілюща» *Шаніна О.М., Дугіна К.В.*

10. Крупа підвищеної харчової цінності «Веселка» *Шаніна О.М., Дугіна К.В.*
11. Хлібець безглютеновий парвий «Східний» *Шаніна О.М., Мінченко С.М.*
12. Хлібець безглютеновий парвий «Сонячний» *Шаніна О.М., Мінченко С.М.*
13. Хлібець безглютеновий парвий «Цілющий» *Шаніна О.М., Мінченко С.М.*
14. Хлібець безглютеновий парвий «Пікантний» *Шаніна О.М., Мінченко С.М.*
15. Хлібець безглютеновий парвий «Дієтичний» *Шаніна О.М., Мінченко С.М.*
16. Безглютеновий бездріжджовий хлібець «ГлютенOFF» *Гавриш Т.В., Галясний І. В., Шаніна О. М.*
17. Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій» *Гавриш Т.В., Галясний І. В., Шаніна О. М.*
18. Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Василенківський» *Гавриш Т.В., Галясний І. В., Шаніна О. М.*
19. Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий» *Гавриш Т.В., Галясний І. В., Шаніна О. М.*

Членами оргкомітету та відвідувачами виставки було відзначено актуальність та високий науковий рівень представлених розробок, відмічено, що вони розраховані на вітчизняного виробника.

Ректор Сумського НАУ

д.с.г.н проф.



Ладика В.І.

ДОВІДКА

Дійсна довідка підтверджує, що 24 вересня 2016 р. в Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенка відбулася виставка-дегустація «Ніч науки в Харкові 2016». У рамках цього проекту науковці 18 установ-учасників представили науково-дослідницькі проекти в галузі новітніх технологій.

У дегустації продуктів, представлених кафедрою технологій переробних та харчових виробництв взяли участь співробітники середніх та вищих навчальних закладів міста Харкова. Метою дегустації було ознайомлення спеціалістів галузі та потенційних споживачів з науковими розробками фахівців ХНТУСГ, порівняння продуктів харчування, виготовлених за новітніми технологіями з виробами, виготовленими за традиційними технологіями.

Учасники дегустації дали позитивну оцінку розробкам науковців кафедри ТПХВ. Гості відмітили важливість та користь продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, які виготовляються за новими та вдосконаленими технологіями.

Робітниками та аспірантами кафедри ТПХВ були представлені такі експонати:

Зернові пластівці з пророщеної пшениці «Паросток»

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І. М., ас. Ізмайлова О.О.

Зернові пластівці з пророщеної пшениці «Еко-Скарб»

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І. М., ас. Ізмайлова О.О.

Зернові пластівці з пророщеної пшениці «Бадьорість»

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І. М., ас. Ізмайлова О.О.

Крупа підвищеної харчової цінності «Світанок»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Дугіна К.В.

Крупа підвищеної харчової цінності «Цілюща»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Дугіна К.В.

Крупа підвищеної харчової цінності «Веселка»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Дугіна К.В.

Безглютеновий паровий хлібець «Пікатний»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Східний»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Дістичний»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Апетитний»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Сонячний»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Мінченко С.М.

Спирт оброблений магнітними полями "Кристалл"

Розробники: д.б.н., проф. Попова Е.М., ст.в. Боровікова Н.О..

Горілка на основі спирту обробленого магнітними полями "Органік"

Розробники: д.б.н., проф. Попова Е.М., ст.в. Боровікова Н.О..

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Глютенофф»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп.

Галясний І.В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп.

Галясний І.В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Василенківський»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп.

Галясний І.В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий»

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп.

Галясний І.В.

Хліб фірмовий на заквасці спонтанної дії «Живильний»

Розробники: к.т.н., доц. Мельник О.Ю., к.т.н., доц. Лобачова Н.Л.,

Сухоставець К.М.

Проректор з наукової роботи
Харківського національного технічного
університету сільського господарства ім.
П. Василенка, д.т.н., проф.



В. А. Войтов

ДОВІДКА
про участь Харківського національного технічного університету
сільського господарства ім. П. Василенка
у X міжнародній виставці
«Освіта Слобожанщини та навчання за кордоном»
10-12 листопада 2016 року

На виставці було представлено такі експонати:

Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці
«Паросток».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., ас. Ізмайлова О.О.

Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці
«Еко-Скарб».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., ас. Ізмайлова О.О.

Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці
«Бадьорість».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., ас. Ізмайлова О.О.

Безглютеновий паровий хлібець «Східний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Дієтичний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Апетитний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., асп. Мінченко С.М.

Безглютеновий паровий хлібець «Сонячний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., асп. Мінченко С.М.

Крупа підвищеної харчової цінності «Цілюща».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Дугіна К.М.

Крупа підвищеної харчової цінності «Веселка».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Дугіна К.М.

Крупа підвищеної харчової цінності «Світанок».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Дугіна К.М.

Спирт оброблений магнітними полями "Кристалл"

Розробники: д.б.н., проф. Попова Е.М., ст.в. Боровікова Н.О..

Горілка на основі спирту обробленого магнітними полями "Органік"

Розробники: д.б.н., проф. Попова Е.М., ст.в. Боровікова Н.О.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Глютенофф»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф.Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф.Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Василенківський»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф.Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Борщовий»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф.Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

Керівник виставкового проекту
«Освіта Слобожанщини»,
директор виставкової фірми АДТ



О.В. Товстиженко

ДОВІДКА

про участь Харківського національного технічного університету
сільського господарства ім. П. Василенка

у XI міжнародній виставці

«Освіта Слобожанщини та навчання за кордоном – 2017»

13 - 15 квітня 2017 року

На виставці були представлені понад 50 учасників – з України, а також заклади освіти, агенції та установи Австрії, Ізраїлю, Польщі, Словаччини, Словенії, США, Туреччини, Чехії та інших країн.

Учасники виставки не тільки демонстрували свої досягнення, а також встановлювали нові партнерські зв'язки. Не винятком став і Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка.

На виставці від кафедри технологій переробних та харчових виробництв ХНТУСГ ім. П. Василенка були представлені наступні наукові розробки:

- Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Глютенофф»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф. Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

- Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Маковій»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф. Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

- Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Василенківський»

Розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., проф. Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.

- Безглютеновий паровий хлібець «Східний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп. Мінченко С.М.

- Безглютеновий паровий хлібець «Дієтичний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Гавриш Т.В., асп. Мінченко С.М.

- Безглютеновий паровий хлібець «Апетитний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., асп. Мінченко С.М.

- Безглютеновий паровий хлібець «Пікантний».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., асп. Мінченко С.М.

- Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці «Паросток».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., ас. Ізмайлова О.О.

- Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці «Еко-Скарб».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., ас. Ізмайлова О.О.

- Зернові пластівці підвищеної біологічної цінності з пророщеної пшениці «Бадьорість».

Розробники: к.т.н., доц. Фоміна І.М., ас. Ізмайлова О.О.

- Крупа підвищеної харчової цінності «Шілюща».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Дугіна К.М.

- Крупа підвищеної харчової цінності «Веселка».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Дугіна К.М.

- Крупа підвищеної харчової цінності «Світанок».

Розробники: д.т.н., проф. Шаніна О.М., к.т.н., доц. Дугіна К.М.

- Спирт оброблений магнітними полями "Кристалл"

Розробники: д.б.н., проф. Попова Е.М., ст.в. Боровікова Н.О.

- Горілка на основі спирту обробленого магнітними полями "Органік"

Розробники: д.б.н., проф. Попова Е.М., ст.в. Боровікова Н.О.

Керівник виставкового проекту
«Освіта Слобожанщини»,
директор виставкової фірми АДТ



О.В. Товстиженко

ДОВІДКА

Дійсна довідка підтверджує, що 07 листопада 2017 р. в Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенка відбулася виставка-дегустація продукції підвищеної біологічної та харчової цінності в рамках заходу «Тиждень науки». Науковцями різних університетів Харкова було представлено науково-дослідницькі проекти в галузі харчових технологій. У дегустації взяли участь співробітники ХНТУСГ ім. П.Василенка, ХДУХТ та ХТЕІ КНТЕУ. Голова дегустаційної комісії - д.т.н., проф. Богомолів О.В.; члени дегустаційної комісії: д.т.н., проф. Шаніна О.М.; д.т.н. доц. Свідло К.В., к.т.н.; доц. Гавриш Т.В., к.т.н.; доц. Гревцева Н.В.; к.т.н., доц. Бредихін В.В.; к.т.н., доц. Денисенко С.А..

На виставці було представлено такі експонати:

Безглютеновий паровий хлібець «Східний»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Міщенко С.М.)

Безглютеновий паровий хлібець «Дієтичний»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Міщенко С.М.)

Безглютеновий паровий хлібець «Апетитний»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Міщенко С.М.)

Безглютеновий паровий хлібець «Сонячний»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Міщенко С.М.)

Зернові пластівці з пророщеної пшениці «Паросток»
(розробники: к.т.н., доц. Фоміна І. М., ас. Ізмайлова О.О.)

Зернові пластівці з пророщеної пшениці «Еко-Скарб»
(розробники: к.т.н., доц. Фоміна І. М., ас. Ізмайлова О.О.)

Зернові пластівці з пророщеної пшениці «Бадьорість»
(розробники: к.т.н., доц. Фоміна І. М., ас. Ізмайлова О.О.)

Крупа підвищеної харчової цінності «Світланок»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Дугіна К.В.)

Крупа підвищеної харчової цінності «Цілюща»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Дугіна К.В.)

Крупа підвищеної харчової цінності «Веселка»
(розробники: д.т.н., проф. Шаніна О. М., к.т.н., доц. Дугіна К.В.)

Смузі "Фруктова мрія"

(розробники: к.т.н., ст. викладач Жуков С.В., магістр Мордовець А. В.)

Торт "Медовий" оздоровчого призначення

(розробники: к.т.н., ст. викладач Жуков С.В., магістр Стройлова Є. В.)

Безглютеновий бездріжджовий хлібець «ГлютенOFF»

(розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.)

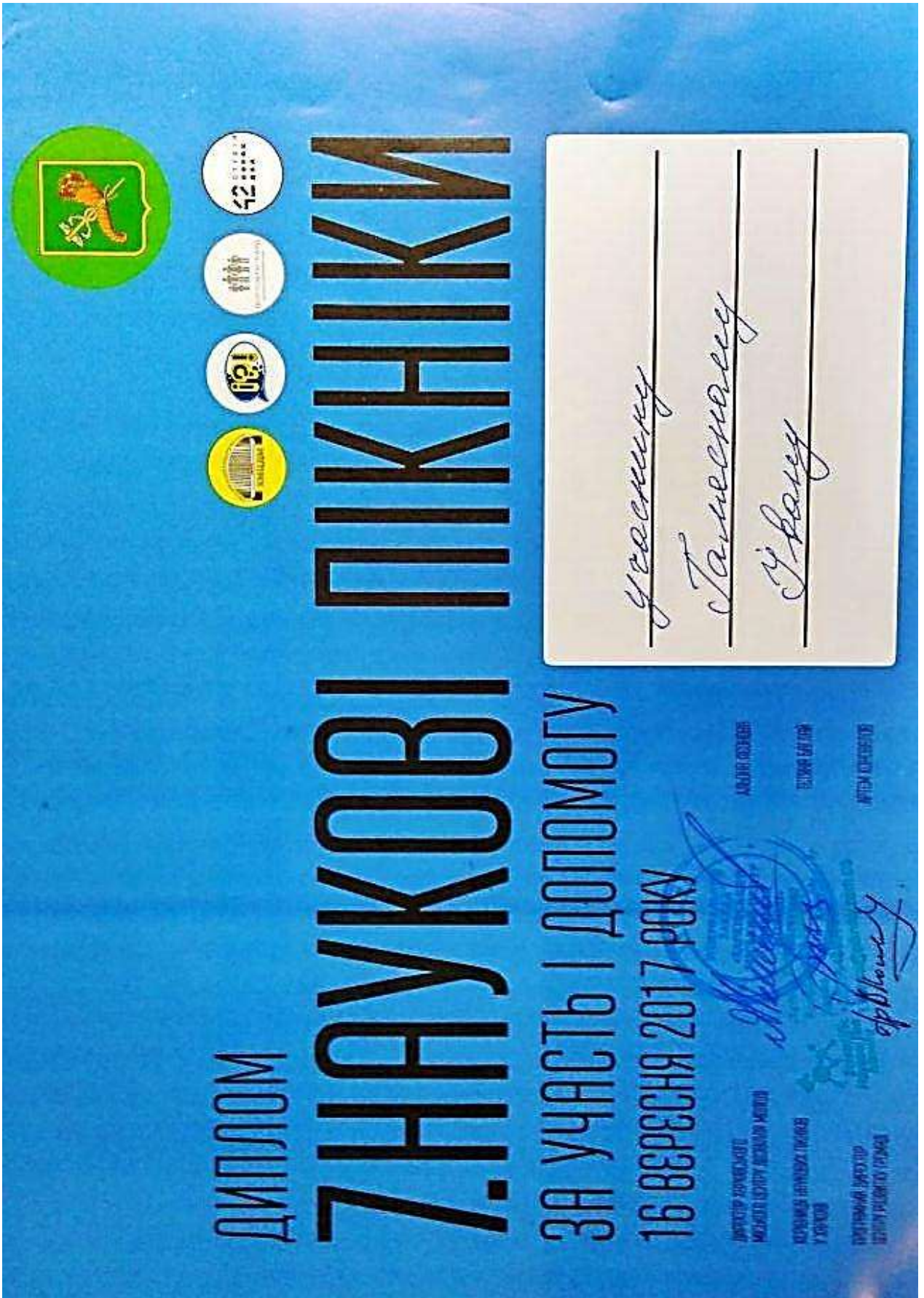
Безглютеновий бездріжджовий хлібець «Василенківський»

(розробники: к.т.н., доц. Гавриш Т.В., д.т.н., проф. Шаніна О. М., асп. Галясний І. В.)

Проректор з наукової роботи
Харківського національного технічного
університету сільського господарства
ім. П. Василенка, д.т.н., проф.



В. І. Мельник



ДОДАТОК К
АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У
НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС

Додаток К1

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У НА-
ВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ХНТУСГ ІМ. П. ВАСИЛЕНКА

Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. Петра Василенка



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

(найменування організації)

Ректор ХНТУСГ ім. Петра Василенка академік Нанка Олександр Володимирович

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджуються, що результати дисертаційної роботи Галясного Івана Володимировича «Наукове обґрунтування технології безглютенових бездріжджових хлібців»,

яку виконано на кафедрі технологій переробних та харчових виробництв за період з 2015 р. по теперішній час

впроваджені в навчальний процес підготовки фахівців за спеціальністю 181 «Харчові технології»

(найменування підприємства, де здійснювалося впровадження)

1. Вид впроваджених результатів технологія безглютенових бездріжджових хлібців

2. Форма впровадження методичні вказівки до виконання лабораторної роботи, окремі лекції з дисциплін

3. Новизна одержаних результатів: розвинено теоретичні положення щодо регулювання поверхневих властивостей водно-борошняних суспензій в присутності поліпшувачів в технології безглютенових бездріжджових хлібців.

4. Перелік курсів та дисциплін, в рамках яких викладені результати НДР «Технологія хліба, макаронних, кондитерських виробів та харчоконцентратів»

5. Впроваджені: в навчальний процес ХНТУСГ ім. П. Василенка

6. Соціальний і науковий ефект міститься в розробленні спеціальних видів хлібобулочних виробів для вживання хворими на целиакію, а також для масового вживання; поширенні знань стосовно способу регулювання поверхневих властивостей водно-борошняних суспензій в присутності поліпшуючих добавок в технології безглютенових бездріжджових хлібців.

Проректор з наукової роботи
Харківського національного технічного
університету сільського господарства
ім. П. Василенка
д.т.н., проф..



Мельник В. І.

Додаток К2

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У НА-
ВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ХТЕІ КНТЕУ

Харківський торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного університету



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ХТЕІ КНТЕУ

К. Д. Гурова

02 2019 р.

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету

(найменування організації)

Директор ХТЕІ КНТЕУ Гурова Капіталіна Дмитрівна

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджуються, що результати дисертаційної роботи Галясного Івана Володимировича «Наукове обґрунтування технології безглютенкових бездріжджових хлібців»,

яку виконано на кафедрі технологій переробних та харчових виробництв ХНТУСГ ім. Петра Василенка

за період з 2015 р. по теперішній час

впроваджені в навчальний процес підготовки фахівців за спеціальністю 181 «Харчові технології»

(найменування підприємства, де здійснювалося впровадження)

1. Вид впроваджених результатів технологія безглютенкових бездріжджових хлібців
2. Форма впровадження окремі лекції з дисциплін
3. Новизна одержаних результатів: розвинено теоретичні положення щодо молекулярно-масового розподілу білкових фракцій безглютенового борошняного тіста з використанням концентратів тваринних білків та гідроколоїдів в технології безглютенкових бездріжджових хлібців.
4. Перелік курсів та дисциплін, в рамках яких викладені результати НДР «Оздоровче харчування», «Наукове моделювання»
5. Впроваджені: в навчальний процес ХТЕІ КНТЕУ

6. Соціальний і науковий ефект полягає в розробленні спеціальних видів хлібобулочних виробів як для хворих на целиакію, так і для масового споживання; розширенні знань стосовно утворення високомолекулярних фракцій білків у безглютеновому тісті, подібних глютенінам пшениці, що сприяють збалансуванню хлібопекарських властивостей.

Заступник директора з науково-педагогічної роботи Харківського торговельно-економічного інституту КНТЕУ
кандидат педагогічних наук, доцент



Олійник Н. Ю.