

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

РОЖНО ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 664.691/694

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ
ВИРОБІВ**

05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів
та харчових концентратів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Юрчак Віра Гаврилівна,

Національний університет харчових технологій,
професор кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Шаніна Ольга Миколаївна,

Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка,
професор кафедри технологій переробних і
харчових виробництв,

кандидат технічних наук, доцент

Макарова Ольга Василівна,

Одеська національна академія харчових
технологій, докторант кафедри технології хліба,
кондитерських, макаронних виробів і
харчоконцентратів.

Захист відбудеться 16 травня о 10³⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.06. Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А – 311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий 13 квітня 2018 року.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради, к. т. н., доцент

Ю. В. Камбулова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним завданням харчової промисловості України є забезпечення населення харчовими продуктами високої якості, підвищеної харчової цінності, в достатньому асортименті. В останні десятиліття фахівці та науковці харчової галузі значну увагу приділяють розробленню продуктів профілактичного, оздоровчого та дієтичного призначення.

Продукти для дієтичного харчування призначені для споживання людьми з певними захворюваннями. Особливої дієти потребують хворі на цукровий діабет, фенілкетонурію, целиацію. Створення таких продуктів передбачає збагачення їх певними харчовими інгредієнтами чи, навпаки, виключення інших. У разі розроблення дієтичних продуктів для хворих на целиацію, яка є генетичним захворюванням, необхідне повне виключення з них білка глютену. Глютен міститься в пшениці, житі, ячмені та інших злакових і входить до складу клейковини – основного структуроутворювального компонента пшеничного борошна при виробництві хліба, макаронних виробів, борошняних кондитерських виробів.

В Україні виробництво безглютенових харчових продуктів недостатньо розвинене, асортимент безглютенових макаронних виробів забезпечується лише за рахунок імпортової продукції з країн Європейського союзу, а саме таких виробників як «Molino di Ferro» (Італія), «Dr. Schär» (Німеччина), «SamMill» (Румунія), «Glutenex» (Польща) та ін.

Розробленню технології безглютенових борошняних виробів присвячені праці вітчизняних та зарубіжних вчених Дорохович А. М., Дорохович В. В., Дробот В. І., Юргачової К. Г., Шаніної О. М., Шнейдер Д. В., Gallagher E., Marti A., Pagani M. A.

Проте вітчизняних розробок технології безглютенових макаронних виробів нами не виявлено, а інформація про зарубіжні технології досить обмежена і не дає змоги адаптувати їх до вітчизняного виробництва.

Низка публікацій свідчить про можливість використання зернових культур рису, гречки, кукурудзи як сировини для виробництва безглютенових продуктів. З цього переліку кукурудзяне борошно має певні переваги для виготовлення безглютенових макаронних виробів з нього. Воно не містить глютену, має цінний хімічний склад за вмістом вітамінів: В₁, В₂, РР та β-каротину; мінеральних речовин: кальцію, магнію, заліза, фосфору та харчових волокон. Кукурудза є поширеною культурою в сільськогосподарському виробництві України, за 2015 – 2017 роки збір її склав більше 40 % від загального обсягу виробництва зернових культур.

Розроблення технології безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна потребує вивчення його технологічних властивостей як сировини макаронного виробництва, пошуку структуроутворювачів для забезпечення високої якості виробів, обґрунтування їх дозувань, способів підготовки і внесення, дослідження закономірностей перебігу технологічних процесів і їх впливу на якість напівфабрикатів і готових виробів.

Тому розроблення технології макаронних виробів з кукурудзяного борошна, яка б була адаптована до вітчизняних умов виробництва, є актуальним завданням макаронної промисловості України.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження було виконано відповідно до тематики науково-дослідної роботи кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів № 0112u004635 «Наукове обґрунтування вдосконалення технології макаронних виробів у разі перероблення борошна пониженої якості та створення продуктів оздоровчого призначення», яка координується з науковим напрямом НУХТ «Розроблення технологій харчових продуктів оздоровчої та профілактичної дії».

Метою роботи є наукове обґрунтування використання кукурудзяного борошна як основної сировини для виробництва безглютенових макаронних виробів та розроблення вітчизняної технології макаронних виробів дієтичного призначення.

Для досягнення мети були визначені **наступні завдання**:

- провести огляд літературних джерел та інтернет-ресурсів згідно теми дисертаційної роботи і теоретично обґрунтувати вибір основної сировини та структуроутворювачів для їх використання в подальших дослідженнях;
- вивчити макаронні властивості різних сортів кукурудзяного борошна та визначити сорт борошна для виготовлення макаронних виробів;
- провести порівняльну оцінку структуроутворювачів за їх впливом на якість виробів, визначити дозування, параметри підготовки до виробництва та реологічні характеристики їх колоїдних розчинів для виготовлення безглютенових виробів;
- визначити вплив параметрів тістоприготування на показники якості тіста та процес формування безглютенових макаронних виробів, здійснити оптимізацію процесу тістоприготування;
- дослідити форми зв'язку вологи в сирих макаронних виробках, процес сушіння виробів і теплофізичні та масообмінні характеристики;
- дослідити процеси сорбції та десорбції води безглютеновими макаронними виробами, їх взаємозв'язок з мікроструктурою виробів;
- вивчити харчову та біологічну цінність, здійснити комплексну оцінку якості розроблених безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна;
- розробити апаратурно-технологічну схему та нормативну документацію на безглютенові макаронні вироби, визначити економічний ефект виробництва безглютенових макаронних виробів.

Об'єкт досліджень – технологія безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна.

Предмет досліджень – кукурудзяне борошно, структуроутворювачі вуглеводної природи: нативні і модифіковані види крохмалю, камедь ксантану, карбоксиметилцелюлоза (КМЦ); та білкові: сухий яєчний білок (СЯБ), желатин; напівфабрикати та безглютенові макаронні вироби.

Методи досліджень – органолептичні, фізико-хімічні, теплофізичні методи досліджень сировини, напівфабрикатів та готових виробів; ротаційний та візкозиметричний методи визначення реологічних характеристик колоїдних розчинів структуроутворювачів; методи визначення біологічної цінності виробів; методи моделювання, оптимізації процесів і статистичної обробки експериментальних даних з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтована технологія безглютенових

макаронних виробів з кукурудзяного борошна тонкого помелу із застосуванням структуроутворювачів різної природи та технологічних прийомів для забезпечення структуроутворення в напівфабрикатах та виробках.

Вперше на підставі проведених досліджень гранулометричного складу кукурудзяного борошна, його водопоглинальної здатності, вмісту каротиноїдних пігментів, амілолітичної та протеолітичної активності встановлені технологічні властивості кукурудзяного борошна як сировини макаронного виробництва та рекомендовано до використання кукурудзяне борошно тонкого помелу. Встановлена відповідність гранулометричного складу кукурудзяного борошна тонкого помелу і макаронного борошна. Доведено, що більш висока водопоглинальна здатність кукурудзяного борошна зумовлює необхідність збільшення вологості тіста до 36 – 37 %.

Обґрунтовано структуроутворювальну здатність ксантану, КМЦ, желатину, СЯБ, екструдованого кукурудзяного борошна та можливість застосування процесу заварювання кукурудзяного борошна тонкого помелу для забезпечення структуроутворення при виготовленні макаронних виробів з кукурудзяного борошна.

Вивчені реологічні характеристики колоїдних розчинів структуроутворювачів за різного дозування і температури набухання та залежність між реологічними характеристиками колоїдних розчинів структуроутворювачів, якістю напівфабрикатів і макаронних виробів з кукурудзяного борошна, на підставі чого обґрунтовано параметри підготовки структуроутворювачів та їх дозування для забезпечення найкращої якості виробів. Встановлено, що найкращу структуроутворювальну здатність при виготовленні безглютенових макаронних виробів проявляють ксантан і СЯБ, яка досягається у разі внесення ксантану у кількості 0,7 % до маси борошна у вигляді колоїдного розчину за температури 80°C, в'язкість та міцність якого становить 190,6 Па·с та 666 Па відповідно; СЯБ за дозування 5,0 % до маси борошна у вигляді відновленого розчину за температури 20°C, в'язкість якого становить 0,00281 Па·с.

Досліджені форми зв'язку води в макаронному тісті з кукурудзяного борошна та вплив стану води на процес конвективного сушіння, тепло- та масообмінні характеристики макаронних виробів; встановлено більший вміст води макро- та мікрокапілярів у сирих виробках з кукурудзяного борошна, більший вміст осмотично зв'язаної води у виробках з ксантаном (26,07 %) і з СЯБ (28,04 %), та зменшення кількості міцно зв'язаної адсорбційної води (18,49 – 23,13 %) порівняно з пшеничними виробками; доведено, що це зумовлює більшу швидкість сушіння кукурудзяних макаронних виробів, зниження значень першої критичної вологості та зменшення загальної тривалості сушіння. Встановлено, що коефіцієнти масовіддачі є більшими для зразків з кукурудзяного борошна і корелюють зі швидкістю їх сушіння.

Досліджено сорбційні властивості розроблених макаронних виробів і встановлено їх взаємозв'язок з мікроструктурою виробів. Доведено, що вищу сорбційну здатність та більшу кількість міцно зв'язаної води мономолекулярного шару мають вироби з тонкопористою структурою, а саме з ксантаном та з СЯБ. Встановлено, що більша міцність макаронних виробів з кукурудзяного борошна корелює з утворенням в них тонкопористої структури.

Практичне застосування одержаних результатів. Розроблені та затверджені технічні умови ТУ У 10.7-2188913853-006:2017, технологічні інструкції та рецептури на вироби безглютенові макаронні «Кукурудзяні» на основі кукурудзяного борошна (ТІ У та РЦ У 10.7-2188913853-006:2017). Розроблені технології апробовані у виробничих умовах ФО-П «Вартаньян О. А.» під ТМ «Мак-Вар Екопродукт». Розрахований економічний ефект виробництва безглютенових макаронних виробів. Новизна технічних рішень підтверджена патентами України на корисну модель.

Особистий внесок здобувача. Автором проведені експериментальні дослідження технологічних властивостей кукурудзяного борошна, структуроутворювачів та впливу способів їх внесення на якість безглютенових макаронних виробів. Визначено вплив параметрів тістоприготування на якість безглютенових макаронних виробів. Досліджено форми зв'язку вологи, процес сорбції-десорбції та кінетику сушіння безглютенових макаронних виробів. Визначено харчову та біологічну цінність безглютенових макаронних виробів. Розроблено патенти України на способи виготовлення безглютенових макаронних виробів та нормативну документацію.

Аналіз і узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації проведені спільно з науковим керівником – д. т. н., проф. В. Г. Юрчак; а також за консультацій науковців інших кафедр – к. т. н., доц. О. В. Подобій, к. т. н., доц. І. В. Дубковецького.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень були представлені на 81 – 83 Міжнародних наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (НУХТ, м. Київ, 2015 – 2017 р.); на «VI Міжнародній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології» (КПІ, м. Київ, 20 – 22 квітня 2016 р.); на Всеукраїнському конкурсі наукових робіт з природничих, технічних та гуманітарних наук з напрямку «Харчова промисловість та переробка сільськогосподарської продукції» (квітень 2017 р.) ХДУХТ, в м. Харків; на міжнародній науково-практичній конференції «Иновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения» (квітень 2015 р.) у Державному університеті Акакія Церетелі, м. Кутаїсі (Грузія); на «X Международной научной конференции студентов и аспирантов» (23 – 24 апреля 2015 года) у МГУП, м. Могильов (Республіка Білорусь); на науковій конференції «Научни трудове на университет по хранителни технологии» (2015 р.) у УХТ, м. Пловдив (Болгарія).

Публікації. За результатами досліджень, викладеними у дисертаційній роботі, опубліковано 24 наукові праці: з них 6 статей (3 – у фахових виданнях, затверджених МОН України, 2 – у міжнародних виданнях, 1 – в інших виданнях); 11 матеріалів наукових конференцій та тез доповідей; 7 патентів України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 219 найменувань та 12 додатків. Обсяг основного тексту дисертації становить 160 сторінок. Дисертаційна робота включає 65 таблиць і 24 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, розкрито наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості про особистий внесок автора, апробацію та опублікування результатів, структуру та обсяг роботи.

У *першому розділі «Характеристика безглютенових харчових продуктів, сировини для їх виготовлення та аналіз розробок безглютенових макаронних виробів»* показано, що в Україні майже весь асортимент дієтичних безглютенових макаронних виробів забезпечується тільки зарубіжними виробниками. Обґрунтована актуальність розробки технології макаронних виробів дієтичного призначення. Доведено, що перспективною сировиною для виготовлення цих макаронних виробів є кукурудзяне борошно, потребують вивчення технологічні властивості кукурудзяного борошна як сировини для безглютенових макаронних виробів.

Проаналізовано способи виготовлення безглютенових харчових продуктів та застосування різних видів структуроутворювачів. Показано, що для забезпечення виробництва безглютенових макаронних виробів високої якості актуальним завданням є вибір та встановлення оптимального дозування структуроутворювачів й дослідження способів їх підготовки.

Наведені характеристики харчових добавок різної природи та проаналізовано механізм їх дії як структуроутворювачів для розробки технології безглютенових харчових продуктів.

У *другому розділі «Характеристика сировини та методів дослідження»* наведені показники якості сировини, яка використовується в дослідженнях, а саме: борошна кукурудзяного різних сортів – тонкого помелу ТМ «O-la-la» та ТМ «Формула здоров'я»; обойного – ТМ «Альта-віста» та ПП «Ранок», й екструдованого; структуроутворювачів: нативного і модифікованого крохмалю, камеді ксантану, КМЦ, СЯБ та желатину.

Розроблено блок-схему напрямів досліджень.

Описані методи дослідження якості сировини, напівфабрикатів та готових виробів. Наведено методику визначення гранулометричного складу сировини за допомогою лазерного гранулометра Mastersizer Micro та ситовим аналізом. Описані методи визначення загальної суми каротиноїдних пігментів в борошні фотоколориметруванням екстрактів каротиноїдів; протеолітичної активності ферментів в кукурудзяному борошні методом формольного титрування за кількістю утвореного амінного азоту протягом 1 год. за температури 37°C; реологічних показників колоїдних розчинів структуроутворювачів на ротаційному віскозиметрі типу «РЕОТЕСТ – 2»; структуру макаронного тіста характеризували крихтуватістю, за масою фракцій тіста, що відрізняються розмірами крихт.

В роботі використовували метод експериментально-статистичного моделювання. Оптимізацію параметрів тістоприготування здійснювали за допомогою методу Бокса-Уілсона («крутого сходження») для задач типу «Склад – Технологія – Властивість».

Форми зв'язку вологи з матеріалом вивчали методом термогравіметрії на дериватографі Q-1000. Кінетику сушіння макаронних виробів досліджували на

експериментальній сушильній установці. Розраховували тепло– та масообмінні характеристики виробів у процесі сушіння. Процеси сорбції-десорбції води макаронними виробами досліджували на вакуумній сорбційній установці Мак-Бена. Мікроструктуру макаронних виробів вивчали на підставі аналізу кривих розподілення пор за розмірами, розрахованими за ізотермами сорбції-десорбції.

Описані методи визначення харчової та біологічної цінності безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна. Вміст білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів розраховували, виходячи з хімічного складу борошна та інших видів сировини. Розраховували інтегральний скор за споживання 100 г виробів та амінокислотний скор за незамінними амінокислотами. Перетравлюваність білкових речовин безглютенових макаронних виробів оцінювали за інтенсивністю їх гідролізу пепсином і трипсином *in vitro*, за методикою Покровського-Єртанова. Перетравлюваність вуглеводів визначали за кількістю редуруючих цукрів, які накопичуються в процесі гідролізу зварених макаронних виробів ферментами шлунково-кишкового тракту людини, за методом *in vitro*. Кількість редууючих цукрів визначали йодометричним методом Шорля у модифікації ВНДІХП.

Комплексний показник якості (КПЯ) розраховували, використовуючи основні принципи кваліметрії.

У третьому розділі «Дослідження технологічних властивостей кукурудзяного борошна, структуроутворювачів та їх впливу на якість безглютенових макаронних виробів» вивчено технологічні властивості різних сортів кукурудзяного борошна як сировини для виготовлення безглютенових макаронних виробів, реологічні характеристики колоїдних розчинів структуроутворювачів, способів їх підготовки і внесення.

Встановлено, що найбільш дрібним і однорідним є борошно тонкого помелу (ТМ «О-Іа-Іа»), яке за крупністю відповідає макаронному борошну. Водопоглинальна здатність кукурудзяного борошна в 1,3 – 1,4 рази вища, ніж пшеничного борошна, що вимагає збільшення вологості тіста для виробництва макаронних виробів. Каротиноїдних пігментів в кукурудзяному борошні міститься значно більше (0,284 – 0,685 мг/100 г), порівняно з пшеничним.

Протеолітична активність різних сортів кукурудзяного борошна в 2 – 3 рази вища, порівняно з пшеничним (окрім зразка ТМ «О-Іа-Іа», для якого значення відповідає пшеничному). Автолітична активність їх майже в 2 рази нижча, ніж автолітична активність пшеничного борошна.

Встановлено, що у кукурудзяному борошні міститься 2,5 – 3,3 % жиру. Кислотність кукурудзяного борошна вища, ніж пшеничного і становить – 3,2 – 4,4 град.

Для розробки технології безглютенових макаронних виробів обрано кукурудзяне борошно тонкого помелу.

Порівняльна оцінка якості безглютенових макаронних виробів, виготовлених із застосуванням як структуроутворювачів нативного картопляного крохмалю та різних видів модифікованого крохмалю показала, що вони не забезпечують отримання виробів високої якості, оскільки за рахунок технологічних режимів замішування не створюються умови, необхідні для їх клейстеризації або набухання.

Досліджували використання структуроутворювачів: камеді ксантану, КМЦ та желатину у вигляді колоїдних розчинів; СЯБ – у відновленому вигляді.

Визначені на ротаційному віскозиметрі реологічні характеристики колоїдних розчинів ксантану, КМЦ (рис. 1, табл. 1) та желатину за різної температури набухання та різного дозування. Капілярним віскозиметром визначена в'язкість відновлених розчинів СЯБ.

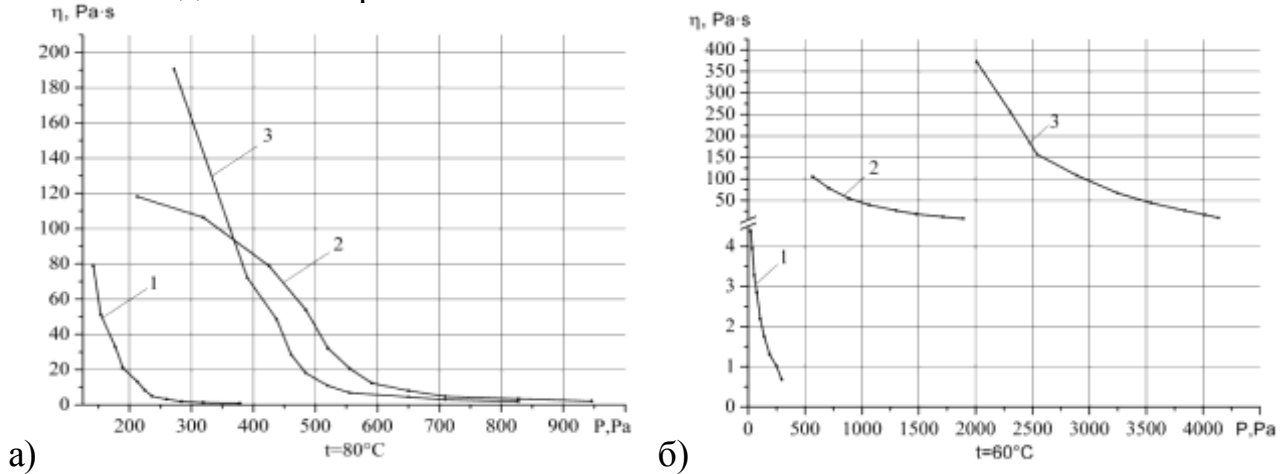


Рисунок 1 – Реологічні криві динамічної в'язкості колоїдних розчинів за температури а) ксантану – 80°C; б) КМЦ – 60°C; де дозування, %, ксантану або КМЦ: 1 – 0,3, 2 – 0,5, 3 – 0,7.

Таблиця 1 – Реологічні характеристики колоїдних розчинів ксантану

Дозування ксантану, %	Реологічні характеристики колоїдних розчинів							
	η_0 , Па·с	η_m , Па·с	$\eta_0 - \eta_m$, Па·с	P_{k1} , Па	P_{k2} , Па	P_m , Па	P_{k1}/P_{k2}	P_m/P_{k1}
при набуханні за температури води 60°C								
0,3	49,25	0,86	48,39	47,28	210,10	248,22	0,225	5,25
0,5	74,86	1,26	73,60	70,92	327,71	413,70	0,216	5,83
0,7	177,30	1,49	175,81	94,56	533,66	579,18	0,177	6,13
при набуханні за температури води 80°C								
0,3	78,80	0,86	77,94	70,92	209,43	260,04	0,339	3,67
0,5	118,20	2,16	116,04	94,56	491,12	591,00	0,193	6,25
0,7	190,62	1,89	188,73	59,10	423,91	666,20	0,139	8,20

Показники якості безглютенових макаронних виробів з ксантаном та СЯБ наведені в табл. 2, 3.

Таблиця 2 – Основні показники якості макаронних виробів з ксантаном

Показники	Дозування ксантану, % до маси борошна, у вигляді колоїдного розчину					
	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
	за температури 60°C			за температури 80°C		
Поверхня	ледь шорстка		гладка	ледь шорстка		гладка
Колір	кремовий		світло-жовтий	світло-жовтий		
Злам	борошнистий		скловидний	скловидний		
Кислотність, град	3,4±0,2	3,2±0,2	3,4±0,2	3,2±0,2	3,2±0,2	3,4±0,2
Міцність, Н	3,6±0,1	4,2±0,1	4,4±0,1	4,5±0,1	4,7±0,1	5,3±0,1
Збереження форми	при варінні зберігається, вироби не злипаються					
Перехід сухих речовин у варильну воду, % до СР	12,9±0,2	12,6±0,2	12,3±0,2	12,0±0,2	11,2±0,2	9,8±0,2

Встановлено, що найкраща якість макаронних виробів з кукурудзяного борошна досягається за додавання: ксантану у кількості 0,7 % до маси борошна;

або СЯБ за дозування 5,0 % до маси борошна, за температури колоїдного розчину ксантану – 80°C, в'язкість якого становить 190,6 Па·с, міцність – 579 Па; температура води для відновлення СЯБ – 20°C, в'язкість відновленого розчину становить 0,00281 Па·с.

Таблиця 3 – Основні показники якості макаронних виробів з СЯБ

Показники	Вироби з сухим СЯБ		Вироби з відновленим СЯБ за температури, за дозування			
			20°C		40°C	
	2,5 %	5,0 %	2,5 %	5,0 %	2,5 %	5,0 %
Поверхня	ледь шорстка			гладка	шорстка	гладка
Колір	кремовий		світло-жовтий			
Злам	борошнистий			склови- дний	борошни- стий	склови- дний
Наявність мікротріщин	поодинокі		відсутні		поодинокі	
Кислотність, град	3,9±0,2	3,8±0,2	3,8±0,2	3,9±0,2	3,8±0,2	3,8±0,2
Міцність, Н	3,6±0,1	3,5±0,1	3,8±0,1	4,6±0,1	3,6±0,1	4,1±0,1
Перехід сухих речовин у варильну воду, % до СР	14,2±0,2	15,1±0,2	13,7±0,2	11,8±0,2	14,1±0,2	12,9±0,2

Прийнятна якість макаронних виробів досягається за використання КМЦ або желатину: КМЦ у кількості 0,3 % до маси борошна; желатину – 1,0 % до маси борошна, і температури підготовки колоїдного розчину КМЦ – 60°C (в'язкість становить 4,4 Па·с, міцність – 189 Па); колоїдного розчину желатину – 20°C, в'язкість якого – 531,9 Па·с, міцність – 1595 Па.

Хороша якість безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна без використання харчових добавок-структуроутворювачів досягається у разі заміни 20 % кукурудзяного борошна тонкого помелу екструдованим кукурудзяним борошном або використання технологічного прийому заварювання частини борошна тонкого помелу в кількості 10 % від загальної маси борошна. Вироби мають дещо нижчу якість за показником переходу сухих речовин у варильну воду, для яких він становить 16,6 – 17,6 % до СР, проте їх міцність вища – 5,9 – 7,9 Н.

У четвертому розділі «Дослідження процесів тістоприготування та формування безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна» обґрунтовано вибір вологості тіста, визначено вплив параметрів тістоприготування на крихтуватість тіста, швидкість пресування та продуктивність пресу. Визначено вплив вакуумної обробки тіста на якість безглютенових макаронних виробів. Здійснено оптимізацію процесу тістоприготування для макаронних виробів з внесенням ксантану та СЯБ.

Встановлено, що тісто з кукурудзяного борошна є дрібнокрихтуватим. Збільшення вологості з 34 % до 36 – 37 % сприяє утворенню більш крупнокрихтуватого тіста (рис. 2), при цьому досягається найвища швидкість пресування макаронних виробів і продуктивність пресу (табл. 4).

Приготування колоїдних розчинів ксантану та КМЦ або заварювання частини кукурудзяного борошна за температури води 60 – 80°C покращує структуру макаронного тіста, підвищує швидкість пресування та продуктивність пресу. За використання СЯБ, желатину та екструдованого борошна позитивний ефект досягається за температури води 20 – 30°C.

У разі використання екструдованого кукурудзяного борошна для поліпшення якості макаронних виробів застосування вакуумної обробки тіста є ефективним і сприяє поліпшенню кольору та скловидності виробів, збільшенню міцності до 10 Н та зменшенню переходу сухих речовин у варильну воду до 14,9 % до СР.

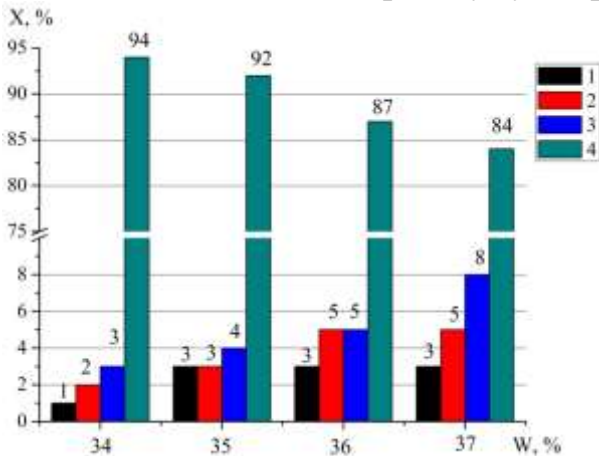


Рисунок 2 – Крихтуватість макаронного тіста з внесеним ксантаном за вологості 34 – 37 %, де X – залишок на ситі; 1 – № 7; 2 – № 5; 3 – № 3; 4 – № 1

Вивчали вплив кількості внесеного ксантану у вигляді колоїдного розчину (X_1), вологості тіста (X_2) та температури відновленого розчину (X_3) на якість макаронних виробів. Встановлено залежність критерію оптимальності Y_1 , % до СР, від параметрів технологічного процесу приготування тіста. Отримано рівняння регресії як у кодованому (1), так і в натуральному виді (2).

$$Y_1 = 12,77 - 0,14 \cdot X_1 - 0,15 \cdot X_2 - 0,79 \cdot X_3 \quad (1)$$

$$Y_1 = 33,6 - 0,014 \cdot G_{\text{кс.}} - 0,075 \cdot W_{\text{т}} - 3,95 \cdot t_{\text{к.р.}} \quad (2)$$

Встановлені параметри оптимуму: $X_1(G_{\text{кс.}}) - 0,7\%$; $X_2(W_{\text{т}}) - 36\%$; $X_3(t_{\text{к.р.}}) - 80^\circ\text{C}$.

Також здійснено оптимізацію процесу тістоприготування макаронних виробів з внесеним СЯБ. Отримано рівняння регресії у кодованому виді (3) та в натуральному виді (4), що свідчать про позитивний вплив дозування СЯБ (X_1 , %), вологості тіста (X_2 , %), та температури колоїдного розчину (X_3 , $^\circ\text{C}$), на показник переходу сухих речовин у варильну воду Y_1 , % до СР.

$$Y_1 = 13,6 - 0,9 \cdot X_1 - 0,475 \cdot X_2 + 0,25 \cdot X_3 \quad (3)$$

$$Y_1 = 49,725 - 0,9 \cdot G_{\text{СЯБ}} - 0,95 \cdot W_{\text{т}} - 0,025 \cdot t_{\text{в.р.}} \quad (4)$$

Встановлені параметри оптимуму: $X_1(G_{\text{СЯБ}}) - 5,0\%$; $X_2(W_{\text{т}}) - 36\%$; $X_3(t_{\text{в.р.}}) - 20^\circ\text{C}$.

Встановлені технологічні параметри включені до нормативної документації на безглютенові макаронні вироби.

У п'ятому розділі «Дослідження фізико-хімічних процесів під час сушіння та зберігання безглютенових макаронних виробів» встановлена кількість води різних форм зв'язку в сирих макаронних виробах, досліджені закономірності процесу сушіння, а також визначені їх теплофізичні та масообмінні характеристики. Визначено сорбційну здатність готових виробів з кукурудзяного борошна.

За отриманими дериватограмами (на рис. 3 показано лише дериватограми зразків виробів з ксантаном та СЯБ) встановлено, що в сирих виробах з кукуру-

Таблиця 4 – Вплив вологості тіста на параметри формування безглютенових макаронних виробів

Параметри формування	Тісто з ксантаном у кількості 0,7 % до маси борошна за температури набухання 80°C та вологості тіста, %			
	34	35	36	37
Швидкість пресування, мм/с	11,0	11,8	13,0	13,5
Продуктивність пресу, кг/год	5,8	6,9	7,8	8,2

дзяного борошна міститься більше води макро- і мікрокапілярів – 39,40 – 54,69 % від загальної кількості води, порівняно з пшеничним тістом. Найбільший її вміст в макаронних виробках з желатином – 54,69 % та з СЯБ – 48,78 %. Осмотично зв'язаної води найбільше міститься у сирих виробках з кукурудзяного борошна з ксантаном і СЯБ – 26,07 % та 28,04 % відповідно. В інших зразках кількість осмотичної води практично відповідає кількості цієї води в пшеничних виробках (приблизно 24 %). Адсорбційно зв'язана вода у виробках з кукурудзяного борошна міститься в значно меншій кількості (18,49 – 23,13 %), порівняно з пшеничними (29,23 %).

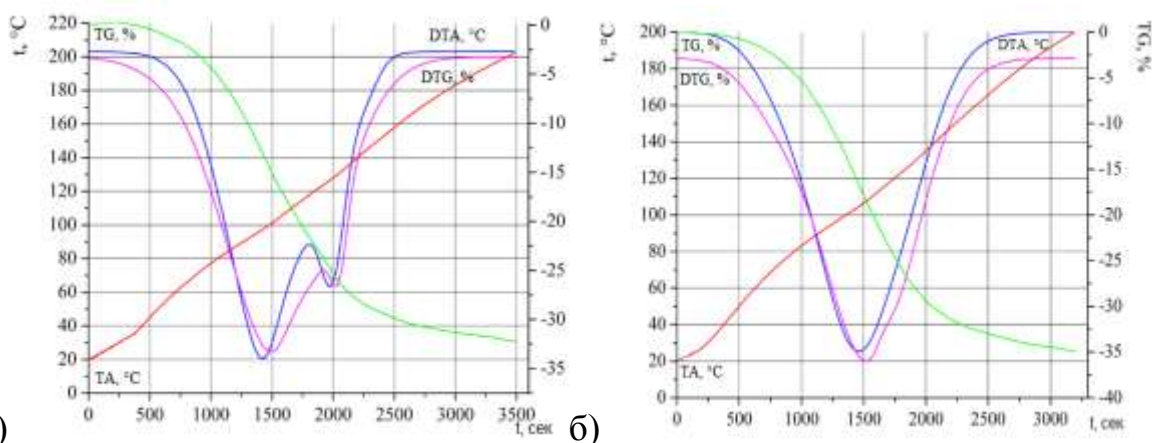


Рисунок 3 – Дериватограми сирих виробів з кукурудзяного борошна з: а) ксантаном б) СЯБ

Встановлено, що енергія активації води вища на 0,68 – 3,87 кДж/моль для зразків макаронних виробів з кукурудзяного борошна, в порівнянні з пшеничними (4,06 кДж/моль). Доведено, що вищу енергію активації видалення води мають зразки з більшим вмістом води макро- і мікрокапілярів.

Досліджено процес конвективного сушіння макаронних виробів з кукурудзяного борошна за сталої температури сушіння – 40°C. Отримали криві кінетики сушіння $W = f(\tau)$ та швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$ (на рис. 4 показано криві $W = f(\tau)$ та $dW/d\tau = f(W)$ для макаронних виробів з вуглеводними структуроутворювачами).

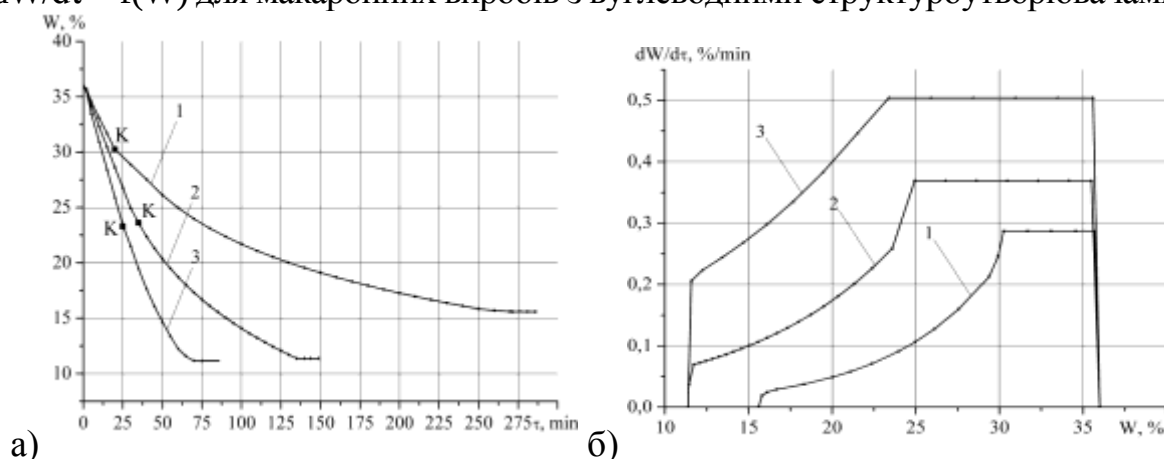


Рисунок 4 – Криві кінетики $W = f(\tau)$ (а) та швидкості сушіння $dW/d\tau = f(W)$ макаронних виробів з борошна: 1 – пшеничного, 2 – кукурудзяного з КМЦ (0,3 %), 3 – кукурудзяного з ксантаном (0,7 %)

Встановлено, що макаронні вироби з кукурудзяного борошна сушаться з більшою швидкістю, перший період з постійною швидкістю триває довше, при цьому значення першої критичної вологості нижчі ($W_1^{кр.}$) на 1,2 – 6,8 %, порів-

няно з пшеничними виробами, що дозволяє в першому періоді застосовувати для них більш жорсткі режими сушіння (табл. 5). Найбільша швидкість сушіння спостерігається для зразків з ксантаном, СЯБ та з частиною завареного кукурудзяного борошна. Загальна тривалість сушіння макаронних виробів з ксантаном скорочується в 3,3 рази, з СЯБ в 2,6 рази, з іншими структуроутворювачами в 1,5 – 2,4 рази, порівняно з пшеничними виробами.

Таблиця 5 – Характеристики процесу сушіння макаронних виробів

Макаронні вироби	Характеристики процесу сушіння			
	$W_1^{кр}, \%$	Швидкість сушіння		Тривалість сушіння, хв
		у першому періоді, %/хв	у другому періоді, %/хв	
З пшеничного борошна	30,2	0,29	0,29 – 0,02	280
З кукурудзяного борошна:				
з ксантаном (0,7 %)	23,4	0,50	0,50 – 0,19	85
з КМЦ (0,3 %)	24,8	0,37	0,37 – 0,06	150
з желатином (1,0 %)	28,7	0,38	0,38 – 0,08	115
з СЯБ (5,0 %)	27,0	0,46	0,46 – 0,09	105
з екструдованим (20 %)	29,0	0,35	0,35 – 0,02	185
з частиною завареного (10 %)	26,3	0,44	0,44 – 0,06	125

Загальна тривалість сушіння виробів з кукурудзяного борошна скорочується за рахунок більшої кількості вільної води, води макро- та мікрокапілярів, а також меншої кількості міцно зв'язаної адсорбційної води.

Встановлено, що коефіцієнти теплообміну α , теплопровідності λ , температуропровідності a суттєво не відрізняються для виробів з пшеничного та кукурудзяного борошна. Коефіцієнти масовіддачі збільшуються для всіх зразків кукурудзяних макаронних виробів, а найбільшими є для виробів з ксантаном – 84,05 м/с, з СЯБ – 76,17 м/с, з частиною завареного борошна – 59,17 м/с.

На підставі аналізу кривих сорбції-десорбції (рис. 5) визначена сорбційна здатність виробів та енергія сорбції води (табл. 6), дана характеристика їх мікропористої структури (табл. 7).

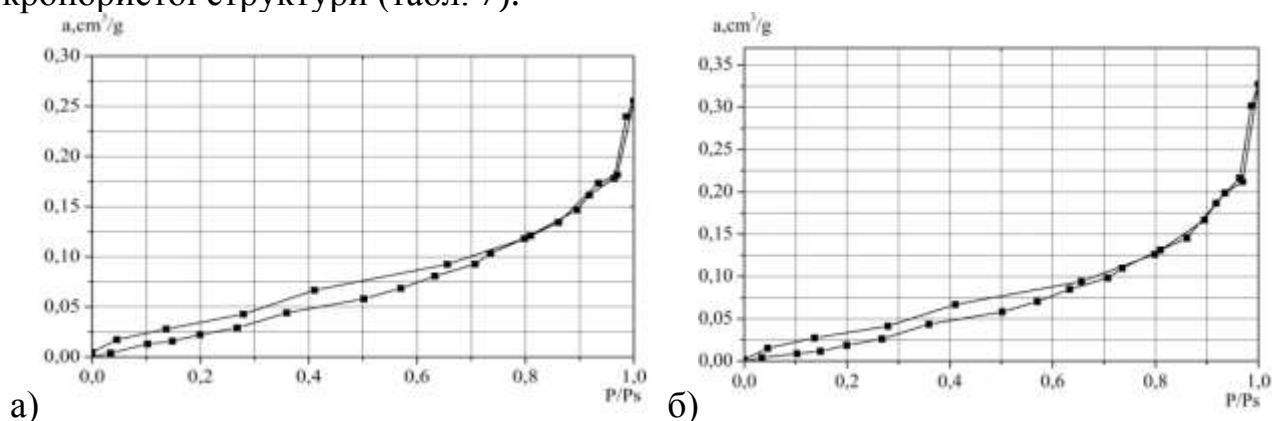


Рисунок 5 – Ізотерми сорбції-десорбції води макаронних виробів з кукурудзяного борошна з внесеним а) СЯБ (5,0 %); б) екструдованим кукурудзяним борошном (20 %)

Загальна кількість адсорбованої води макаронними виробами з кукурудзяного борошна, порівняно з пшеничними виробами (0,290 г/г СР), незначно відрізняється для всіх зразків, крім виробів з екструдованим кукурудзяним борошном, які мають сорбційну здатність значно вищу (0,327 г/г СР), та з СЯБ, яка найнижча і становить 0,255 г/г СР.

Для безглютенових виробів із кукурудзяного борошна кількість вологи мономолекулярного шару вища в 1,1 – 1,5 рази та становить 13,5 – 18,6 % до загальної кількості води, що зумовлено збільшенням енергії сорбції вологи (табл. 7). Це пояснюється мікропористою структурою безглютенових виробів, у яких діаметр пор менший (за винятком виробів з екструдованим борошном), а площа пор вища.

Таблиця 6 – Сорбційна здатність безглютенових макаронних виробів

Макаронні вироби	Кількість адсорбованої вологи										
	мономолекулярного шару ($p/p_s = 0 - 0,36$ г/г)			полімолекулярного шару ($p/p_s=0,36 - 0,74$ г/г)			гігроскопічного стану ($p/p_s= 0,74 - 1,0$ г/г)			загальна	
	а, г/г СР	% до контролю	% до загальної кількості води	а, г/г СР	% до контролю	% до загальної кількості води	а, г/г СР	% до контролю	% до загальної кількості води	а, г/г СР	% до контролю
Пшеничні (контроль)	0,036	100	12,4	0,071	100	24,1	0,184	100	63,5	0,290	100
Кукурудзяні з ксантаном	0,055	153	18,6	0,067	97	22,6	0,174	94	58,8	0,296	102
з КМЦ	0,051	142	17,4	0,069	99	23,6	0,173	94	59,0	0,293	101
з желатином	0,051	141	18,0	0,070	99	24,7	0,163	89	57,4	0,284	98
з СЯБ	0,044	122	17,0	0,060	84	23,5	0,151	83	59,2	0,255	88
з екструдованим борошном	0,044	121	13,5	0,066	94	20,2	0,217	118	66,4	0,327	113
з частиною завареного борошна	0,050	137	16,7	0,069	98	23,1	0,180	98	60,2	0,299	103

Таблиця 7 – Структурні характеристики безглютенових макаронних виробів

№ п/п	Макаронні вироби	Площа пор, S, м ² /г	Об'єм пор, Vs, см ³ /г	Діаметр пор, D, 10 ⁻¹⁰ м	Енергія сорбції, кДж/моль
1	Пшеничні (контроль)	110	0,29	105	3,41
2	Кукурудзяні: з ксантаном (0,7%)	149	0,29	77	4,92
3	з КМЦ (0,3%)	151	0,29	78	4,59
4	з желатином (1,0%)	139	0,28	81	4,26
5	з СЯБ (5,0%)	139	0,26	75	4,76
6	з екструдованим борошном (20 %)	115	0,33	115	4,62
7	з частиною завареного борошна (10 %)	156	0,30	77	4,59

У шостому розділі «Дослідження харчової цінності та розроблення нормативної документації для безглютенових макаронних виробів» встановлено хімічний склад, інтегральний та амінокислотний скори, перетравлюваність білків і вуглеводів створених безглютенових макаронних виробів. Розроблено математичну модель комплексного показника якості цих виробів.

Встановлено, що ці вироби збіднені на білок (приблизно 7,5 г на 100 г), проте, в них міститься більше вітамінів: особливо β-каротину (0,105 – 0,111 мг на 100 г), вітамінів групи В – В₁ (0,34 – 0,36 мг на 100 г), В₂ (0,13 – 0,15 мг на 100 г), РР (1,74 – 1,83 мг на 100 г); мінеральних речовин: заліза (2,70 – 2,74 мг на 100 г), кальцію (20,0 – 53,13 мг на 100 г), фосфору (109,0 – 119,82 мг на 100 г), магнію (30,0 – 32,85 мг на 100 г) та харчових волокон – 4,44 г на 100 г.

Використання СЯБ у кількості 5,0 % сприяє збагаченню макаронних виробів білком, вміст якого сягає 10,94 г на 100 г. При споживанні 100 г макаронних виробів із СЯБ потреба у макро– і мікронутрієнтах забезпечується найбільше: в білках на 16,33 %, в кальцію на 4,43 %, в фосфорі на 9,99 % та магнію на 8,21%.

Безглютенові макаронні вироби є більш повноцінними за лізином (АК скор становить 62,8 – 67,7 %) та метіоніном (АК скор – 115,0 – 120,3 %), які є лімітуючими у пшеничному борошні.

Перетравлюваність вуглеводів макаронних виробів з кукурудзяного і пшеничного борошна суттєво не відрізняється, проте зразки з ксантаном та з екструдованим кукурудзяним борошном перетравлюються в 1,2 рази швидше, порівняно з іншими зразками.

Показник перетравлюваності білкових речовин визначали тільки для зразків макаронних виробів з внесеним СЯБ, желатином та з частиною завареного кукурудзяного борошна тонкого помелу, порівняно з пшеничними (рис. 6).

Перетравлюваність білкових речовин виробів з СЯБ в 1,5 рази вища за кількістю продуктів пепсинового протеолізу та в 1,8 – 2,0 разів вища на трипсиновій стадії гідролізу, порівняно з іншими зразками, що зумовлює їх вищу засвоюваність.

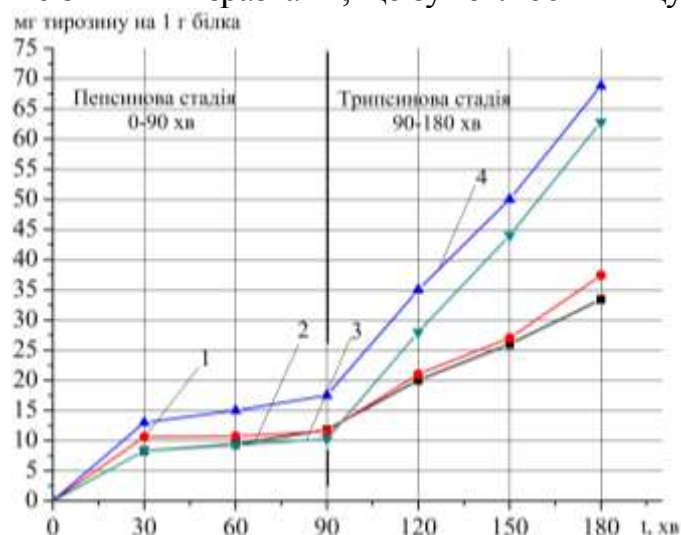


Рисунок 6 – Перетравлюваність білкових речовин макаронних виробів, де 1 – пшеничні, 2 – кукурудзяні з частиною завареного борошна, 3 – кукурудзяні з желатином, 4 – кукурудзяні з СЯБ

За математичною моделлю КПЯ (5) здійснена порівняльна оцінка розроблених безглютенових макаронних виробів, яка є найвищою для виробів з ксантаном та СЯБ.

$$\text{КПЯ} = 0,15 \cdot K_1 + 0,10 \cdot K_2 + 0,10 \cdot K_3 + 0,20 \cdot K_4 + 0,30 \cdot K_5 + 0,15 \cdot K_6 \quad (5)$$

де $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ – відносна оцінка показників якості: кольору, поверхні, стану зламу, міцності, переходу сухих речовин у варильну воду, вмісту білка відповідно.

В розділі наведено розроблені апаратурно-технологічні схеми виробництва безглютенових макаронних виробів, результати виробничих випробувань, характеристика цих виробів за розробленою нормативною документацією ТУ У 10.7-2188913853-006:2017, ТІ У та РЦ У 10.7-2188913853-006:2017.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі обґрунтовано доцільність використання кукурудзяного борошна тонкого помелу, структуроутворювачів різної природи, ви-

вчені їх властивості, встановлені параметри технологічних процесів та розроблена технологія виготовлення безглютенових макаронних виробів.

1. Встановлено, що в Україні є достатня сировинна база для виготовлення кукурудзяного борошна та безглютенових макаронних виробів з нього. Кукурудзяне борошно має певні переваги, порівняно з борошном з інших зернових культур: у ньому не міститься глютену, воно багате вітамінами, мінеральними речовинами та харчовими волокнами.

2. Охарактеризовано макаронні властивості різних сортів кукурудзяного борошна: встановлена висока водопоглинальна здатність (256 – 280 %) та високий вміст каротиноїдних пігментів в ньому (0,284 – 0,685 мг/100 г). За гранулометричним складом борошно кукурудзяне є крупнішим за пшеничне, але найбільш дрібним та однорідним є борошно тонкого помелу, що по крупності відповідає макаронному борошну. Також встановлені інші технологічні показники кукурудзяного борошна: нижча автолітична активність, вищий вміст жиру та кислотність. Обґрунтовано, що для виробництва безглютенових макаронних виробів слід використовувати кукурудзяне борошно тонкого помелу.

3. Визначено реологічні характеристики колоїдних розчинів структуроутворювачів за різного дозування й температури їх набухання. Встановлена залежність між реологічними показниками структуроутворювачів та якістю безглютенових макаронних виробів. Висока якість виробів досягається за використання: ксантану у кількості 0,7 % до маси борошна за температури колоїдного розчину 80°C, в'язкість та міцність якого – 190,6 Па·с та 666 Па відповідно; СЯБ за дозування 5,0 % до маси борошна, температури відновлення – 20°C, в'язкості розчину – 0,00281 Па·с. Вироби прийнятної якості утворюються за використання КМЦ (0,3 %) та желатину (1,0 %) у вигляді колоїдних розчинів; без застосування структуроутворювачів – з використанням 20 % екструдованого кукурудзяного борошна або заварювання частини (10 %) кукурудзяного борошна тонкого помелу.

4. Досліджено структуру макаронного тіста з різними структуроутворювачами за різної його вологості та встановлена залежність між структурою та параметрами формування макаронних виробів. Показано, що макаронне тісто є дрібноктихтуватим, обґрунтована необхідність збільшення його вологості до 36 – 37 %, за якої тісто стає більш крупнокрихтуватим, досягається найвища швидкість пресування та продуктивність преса, поліпшується якість виробів. Здійснена оптимізація тістоприготування та встановлені: оптимальне дозування структуроутворювачів, вологість тіста та температура, за якої вносяться у тісто їх колоїдні розчини: для ксантану: $G_{\text{кс.}} = 0,7 \%$, $W_{\text{т}} = 36 \%$, $t_{\text{к.р.}} = 80^{\circ}\text{C}$; для СЯБ: $G_{\text{СЯБ}} = 5,0 \%$, $W_{\text{т}} = 36 \%$, $t_{\text{в.р.}} = 20^{\circ}\text{C}$.

5. Досліджено форми зв'язку води в сирих макаронних виробах, їх вплив на процес сушіння та його характеристики; визначені теплофізичні та масообмінні показники макаронних виробів. Встановлено, що макаронні вироби з кукурудзяного борошна містять більше води макро- і мікрокапілярів (39,40 – 54,69 %), порівняно з пшеничними. Кількість осмотично зв'язаної води у них практично відповідає її кількості в пшеничних виробах (крім зразків з ксантаном та з СЯБ). Адсорбційно зв'язаної води в безглютенових макаронних виробах значно менше (18,49 – 23,13 %), порівняно з пшеничними.

Доведено, що вироби з кукурудзяного борошна мають більшу швидкість сушіння. Перша критична вологість для зразків кукурудзяних макаронних виробів є нижчою, ніж для пшеничних. Загальна тривалість сушіння для виробів з СЯБ та з ксантаном скорочується найбільше – в 2,3 – 3,6 рази, для інших зразків в 1,5 – 2,2 рази, завдяки більшій кількості вільної вологи, вологи макро- та мікрокапілярів, а також меншій кількості адсорбційної вологи.

Встановлено, що коефіцієнти масовіддачі є більшими для зразків виробів з кукурудзяного борошна, що підтверджує збільшення швидкості їх сушіння. Найвищими вони є для виробів з ксантаном – 84,05 м/с; з СЯБ – 76,17 м/с; з частиною завареного борошна – 59,17 м/с. Теплофізичні показники суттєво не відрізняються для виробів з пшеничного та кукурудзяного борошна.

6. Вивчені процеси сорбції та десорбції води безглютеновими макаронними виробами, визначені показники, що характеризують мікроструктуру виробів. Встановлено, що найбільшу сорбційну здатність мають вироби з екструдованим кукурудзяним борошном – 0,327 г/г СР, найнижчу з СЯБ – 0,255 г/г СР, порівняно з пшеничними (0,290 г/г СР). Для виробів із кукурудзяного борошна кількість вологи мономолекулярного шару вища в 1,1 – 1,5 рази, що пояснюється їх більш дрібнопористою структурою.

7. Розрахована харчова та біологічна цінність безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна та досліджена перетравлюваність білків і вуглеводів розроблених виробів. Встановлено, що використання СЯБ у кількості 5,0 % сприяє збагаченню макаронних виробів білком, вміст якого становить 10,94 г на 100 г. При споживанні 100 г макаронних виробів із СЯБ добова потреба у макро- і мікронутрієнтах забезпечується найбільше: в білках – на 16,33 %, в кальцію – на 4,43 %, в фосфорі – на 9,99 % та магнію – на 8,21 %.

Макаронні вироби з кукурудзяного борошна є більш повноцінними за лізином (АК скор становить 62,8 – 67,7 %) та метіоніном (АК скор – 115,0 – 120,3 %), які є лімітуючими у пшеничному борошні.

Встановлено, що перетравлюваність вуглеводів безглютенових макаронних виробів суттєво не відрізняється, порівняно з пшеничними виробами, окрім зразків з ксантаном та з екструдованим кукурудзяним борошном, для яких вона дещо вища. Перетравлюваність білків безглютенових макаронних виробів є вищою, порівняно з пшеничними виробами.

Оцінка за КПЯ показала суттєві переваги використання як структуроутворювачів: ксантану та СЯБ, порівняно з використанням інших структуроутворювачів.

8. Розроблено апаратурно-технологічні схеми виробництва макаронних виробів з кукурудзяного борошна. Розроблено та затверджено нормативну документацію на безглютенові макаронні вироби з кукурудзяного борошна (ТУ У, РЦ У та ТІ У). Встановлений економічний ефект виробництва макаронних виробів з кукурудзяного борошна. Ціна на розроблені макаронні вироби знаходиться в межах 59 – 73 грн за 1 кг. Досягається соціальний ефект завдяки забезпеченню населення України продукцією дієтичного призначення вітчизняного виробництва.

ПЕРЕЛІК РОБІТ ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Rozhno, O., Podobiy, O., Yurchak, V. (2016). Research of the Rheological Properties of Gelatine Solutions for Production of Gluten-Free Pasta. *Ukrainian food journal: internatinal scientific journal*, 5(2), 290-298. (Науково-практичний журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Index Copernicus, Directory of Research Journal Indexing (DRJI), Universal Impact Factor, EBSCO, Ulrichs Web, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, CAS Source Index).
2. Дубковецький, І. В., Юрчак, В. Г., Рожно, О. В., Казьміришен, В. О. (2016). Дослідження процесу сушіння, тепло- та масообмінних характеристик безглютенових макаронних виробів. *Харчова промисловість : наук. журн.*, 20, 130-137. (Науково-практичний журнал входить до затвердженого МОН переліку наукових видань України).
3. Юрчак, В. Г., Рожно, А. В. (2017). Технологические свойства кукурузной муки, их влияние на качество полуфабрикатов и безглютеновых макаронных изделий. *Вестник алматинского технологического университета*, 2, 13-19. (Наукове періодичне видання Казахстану ISSN 2304-568 X).
4. Rozhno, O., Yurchak, V., Golikava, T. (2017). Water bond forms in the dough and sorbtion properties of gluten-free macaroni products made from corn flour. *Food and Environment Safety*, XVI (3), 167-179. (Наукове періодичне видання Румунії; міжнародна індексація: Index Copernicus, ULRICHs, Chemical Abstracts Service (CAS), Ebsco host, JournalSeek).
5. Рожно, О. В., Юрчак, В. Г., Рак В. П. (2017). Дослідження харчової, біологічної цінності та перетравлюваності безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(5), 158-168. (Науково-практичний журнал входить до наукометричних баз Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar).
6. Рожно, О. В., Юненко, С. С., Юрчак, В. Г. (2015). Исследование влияния разных структурообразователей на качество безглютеновых макаронных изделий. *Науки трудове на УХТ, Пловдив: УХТ*.
7. Рожно, О. В., Юрчак, В. Г. (2016). Створення безглютенових макаронних виробів сприятиме забезпеченню населення України дієтичною продукцією. *Хлебный и кондитерский бизнес*, 10, 27-28.
8. Рожно, О. В., Купчина, О. Л., Юрчак, В. Г. (2015). Исследование свойств кукурузной муки как сырья для безглютеновых макаронных изделий, Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения, г. Кутаиси, Издательство государственного университета Акакия Церетели.
9. Рожно, О. В., Юрчак, В. Г. (2015). Розробка технології безглютенових макаронних виробів, Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 2 квітня 2015. Харків: ХДУХТ.
10. Рожно, О. В., Дзензелівська, Х. В., Юрчак, В. Г. (2015). Використання структуроутворювачів для безглютенових макаронних виробів, Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті, 23-24 квітня 2015 р. Київ: НУХТ.
11. Рожно, А. В., Дзензелевская, К. В., Купчина, О. В. (2015). Исследование свойств сырья для разработки безглютеновых макаронных изделий, Техника и технология пищевых производств: X Международная научная конференция

студентов и аспирантов 23-24 апреля 2015 года, Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев.

12. Рожно, О. В., Подобій, О. В., Юрчак, В. Г. (2016). *Вивчення якісних характеристик безглютенових макаронних виробів з додаванням ксантану*, VI Міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології (20-22 квітня 2016 р.), Київ: НТУУ «КПІ».

13. Казьміришен, В. О., Рожно, О. В., Юрчак, В. Г. (2016). *Вивчення способів внесення сухого яєчного білка для виготовлення макаронних виробів із кукурудзяного борошна*, Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті, 13-14 квітня 2016 р. Київ: НУХТ.

14. Юненко, С. С., Рожно, О. В., Юрчак, В. Г. (2016). *Використання карбоксиметилцелюлози для виготовлення безглютенових макаронних виробів*, Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті, 13-14 квітня 2016 р. Київ: НУХТ.

15. Rozhno, O., Podobiy O., Yurchak, V. (2016). *The Influence of methods of making structurants on the quality of gluten-free pasta*, 8th Central European Congress on Food 2016 – Food Science for Well-being (CEFood 2016), 23-26 May 2016. Kyiv: NUFT.

16. Рожно, О. В., Казьміришен, В. О., Юрчак, В. Г. (2017). *Дослідження сорбційних властивостей безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна*, Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті 5-6 квітня 2017 р. Київ: НУХТ.

17. Рожно, О. В., Дубковецький, І. В., Юрчак, В. Г. (2017). *Порівняльна характеристика різних способів сушіння безглютенових кукурудзяних макаронних виробів*, Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті 5-6 квітня 2017 р. Київ: НУХТ.

18. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В. (2015). Патент України 101981. Київ: Державне патентне відомство України.

19. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В. (2017). Патент України 115278. Київ: Державне патентне відомство України.

20. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В. (2017). Патент України 116203. Київ: Державне патентне відомство України.

21. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В. (2017). Патент України 116205. Київ: Державне патентне відомство України.

22. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В., Казьміришен, В. О. (2017). Патент України 116206. Київ: Державне патентне відомство України.

23. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В. (2017). Патент України 113395. Київ: Державне патентне відомство України.

24. Юрчак, В. Г., Рожно, О. В. (2017). Патент України 113396. Київ: Державне патентне відомство України.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, участь в обробці та узагальненні результатів, підготовка матеріалів до публікації [1 – 7], підготовка матеріалів тез доповідей [8 – 17], написання заявок на отримання патентів [18 – 24].

АНОТАЦІЯ

Рожно О. В. Розробка технології безглютенових макаронних виробів – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.01 – Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2017.

Робота присвячена розробленню технології безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна для забезпечення населення України дієтичними продуктами. Досліджено технологічні властивості різних сортів кукурудзяного борошна та встановлено, що для розроблення технології безглютенових макаронних виробів необхідно використовувати борошно кукурудзяне тонкого помелу.

Досліджено вплив реологічних характеристик колоїдних розчинів різних структуроутворювачів, дозування та способи їх підготовки на якість безглютенових макаронних виробів з кукурудзяного борошна. Встановлено, що висока якість виробів досягається за використання структуроутворювачів ксантану, або сухого яєчного білку (СЯБ). Вироби хорошої якості можуть бути отримані за використання карбоксиметилцелюлози або желатину; без застосування структуроутворювачів – з використанням екструдованого кукурудзяного борошна або заварювання частини кукурудзяного борошна тонкого помелу.

Досліджено процес тістоприготування та обґрунтована вологість тіста.

Визначено форми зв'язку води у сирих макаронних виробах з кукурудзяного борошна. Встановлено більший вміст води макро- та мікрокапілярів та зменшення кількості міцно зв'язаної води, порівняно з пшеничними виробами.

Досліджено кінетику сушіння безглютенових макаронних виробів і встановлено, що загальна тривалість їх сушіння скорочується, порівняно з пшеничними. Вивчено сорбційну здатність готових макаронних виробів з кукурудзяного борошна. Встановлено взаємозв'язок між енергією сорбції та мікроструктурою виробів.

Визначено, що харчова і біологічна цінність макаронних виробів з кукурудзяного борошна вища, порівняно з пшеничними.

Ключові слова: безглютенові макаронні вироби, кукурудзяне борошно, технологічні показники, структуроутворювачі, реологічні характеристики, форми зв'язку води, сушіння, теплофізичні характеристики, сорбційна здатність.

ANNOTATION

Rozhno O. V. Development of technology for gluten free pasta products – Qualification scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for obtaining a scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.08.01 – Technology of bakery products, confectionery and food concentrates – National university of food technologies Ministry of education and science of Ukraine, Kyiv, 2018.

This work is aimed for development of the technology of gluten free pasta products made from corn flour for providing the population of Ukraine with dietary products. The research of technological properties of different kinds of corn flour has established

that for development of technology for gluten free pasta products usage of corn flour of fine grinding is required.

The rheological characteristics of colloidal solutions of different structuring agents, methods of its preparation and the influence on quality of gluten free pasta products has been determined. It is stated that high quality of products is achieved by adding xanthan or dry egg powder (DEP). Products of acceptable quality can be achieved by using of carboxymethyl cellulose or gelatin; without adding of structuring agents – with usage of extruded corn flour or brewing a part of fine grinded corn flour.

The process of making of dough for manufacturing of the gluten free pasta has been investigated. The necessity of increasing the humidity of dough. Optimal parameters of dough preparation for pasta products with addition of colloidal solution of xanthan has been determined: dosage of which is 0,7 % of the flour mass, humidity of dough – 36 %, temperature of colloidal solution – 80°C; with addition of renewed solution of DEP: optimal dosage – 5,0% of the flour mass, humidity of dough – 36 %, temperature of renewed solution – 20°C.

Forms of water bonds in cheese pasta products has been defined. It is stated that there's more humidity in corn products than in wheat products. Adsorbtionally bound moisture amount is much smaller compared to wheat products. After studying the drying kinetics of gluten free pasta products has been determined that their speed of drying is higher compared to the drying speed of wheat products. Thermophysical and mass exchange characteristics of gluten free pasta products has been studied.

Sorption ability of uncooked pasta products made from corn flour has been studied. Interconnection between sorption energy and microstructure has been defined.

It is stated that nutritional and biological value of pasta products made from corn flour is higher compared to the ones that are made from wheat. Amino Acid score by lysine and methionine is higher compared to wheat products. Digestibility of carbohydrates is higher, especially for samples with xanthan and extruded corn flour, for other samples it is the same as for wheat products. Proteins of gluten-free pasta products digest the best as for wheat products.

For a comparative evaluation of quality manufactured gluten free pasta products has been created Integrated Quality Score (IQS). Determined that by the IQS gluten free pasta products made from corn flour with the addition of xanthan, DEP and extruded corn flour have the best quality, because its numbers are: 4,35 units, 4,40 units and 4,00 units ed., which corresponds to mark «good».

Economical effect of production of gluten free pasta products made with corn flour has been determined. With profitability and trading margin of 20% the price on developed pasta products is between 59 – 74 ₴ per 1 kg. Other than that, social effect is achieved due to providing the population of Ukraine with products of dietetic purpose of domestic production.

Developed technologies have been tested in production conditions individual entrepreneur «Vartanyan O. A.» TM «Mac-Var Ecoproduct». Has been developed and approved normative documentation on gluten free pasta products made of corn flour.

Keywords: gluten free pasta products, corn flour, structurants, rheological characteristics, water bonding forms, drying, thermo-physical characteristics, sorbtion rate.

