

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

УДК 664.002.35: 613.29

**ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
ЖЕЛАТИНУ В КОМПОЗИЦІЇ З КСАНТАНОМ У РОЗРОБЦІ НАПІВФАБРИКАТУ  
ЗБИВНОГО БОРОШНЯНОГО З ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**Морозова Л. П.**, к.х.н., ст. викладач кафедри  
технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин  
<https://orcid.org/0000-0001-9284-7951>  
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2025-24-01>

**Предмет.** В останні роки спостерігається тенденція збільшення попиту на нові види продукції, зокрема структуровані та реструктуровані, які є результатом впровадження у виробництво високоефективних технологій і характеризуються високою харчовою і біологічною цінністю. Традиційна технологія напівфабрикату борошняного збивного включає поєднання меланжу з цукром, підігрівання і збивання, змішування яєчної маси з борошном, формування та випікання бісквітного тіста. Як відомо, яєчні продукти входять до списку речовин та харчових продуктів, які можуть спричинити непереносимість продукту або алергічні реакції. При цьому використання в складі структурованої і реструктурованої харчової продукції желатину дає можливість значно розширити її асортимент, а ціленаправлена ферментативна модифікація його властивостей дозволяє надати харчовій продукції необхідну форму і текстуру, високі смакові показники. **Мета.** Аналіз даних літературних джерел, які присвячені науковим дослідженням щодо теоретичних основ піноутворення та стабілізації піни у білкових борошняних системах та створення напівфабрикату збивного борошняного з заданими характеристиками. **Методи.** При написанні статті використовували аналітичні методи досліджень. **Результати.** Проаналізовано та узагальнено літературні дані щодо властивостей піноутворювачів та стабілізаторів піни желатину та ксантану. Охарактеризовано функціонально-технологічні властивості желатину в композиції з ксантаном у створенні напівфабрикату збивного борошняного з заданими характеристиками. Зроблено висновок про доцільність застосування желатину та ксантану в харчовій промисловості у технологіях розробки структурованих і реструктурованих харчових продуктів. **Сфера застосування результатів.** Можливість проведення досліджень, орієнтованих на розширення асортименту кондитерських виробів на основі напівфабрикату збивного борошняного, доцільність залучення до його рецептурного складу желатину як піноутворюючого інгредієнту. При цьому введення ксантанової камеді в рецептурний склад напівфабрикату збивного борошняного сприятиме поліпшенню властивостей піноутворення, зниженню водонепроникності та покращенню механічних властивостей та термостійкості желатинових драглів. Необхідність з'ясувати основні тенденції зміни хімічного складу і функціонально-технологічних властивостей желатинового драглу у композиції з ксантаном.

**Ключові слова:** композиції напівфабрикату збивного борошняного, структура бісквіту, сухі суміші, харчова цінність, желатин, ксантан, піноутворення, термін придатності

**CHARACTERISTICS OF THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES  
OF GELATIN IN COMPOSITION WITH XANTHAN IN THE DEVELOPMENT  
OF A SEMI-FINISHED FLOUR PRODUCT WITH THE SPECIFIED CHARACTERISTICS**

**Liubov Morozova**, PhD, Chemistry, Senior Lecturer  
of Department of Technology of Breeding, Production and Processing of Small Animal Products  
<https://orcid.org/0000-0001-9284-7951>  
Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

**Subject.** In recent years, there has been a trend of increasing demand for new types of products, in particular structured and restructured products, which are the result of the introduction of highly efficient technologies into production and are characterized by high nutritional and biological value. The traditional technology of the semi-finished flour batter includes combining melange with sugar, heating and whipping, mixing the egg mass with flour, forming and baking the biscuit dough. As you know, egg products are included in the list of substances and food products that can cause product intolerance or

*allergic reactions. At the same time, the use of gelatin as part of structured and restructured food products makes it possible to significantly expand its range, and purposeful enzymatic modification of its properties allows to give food products the necessary shape and texture, high taste indicators. **Purpose.** Analysis of data from literary sources, which are devoted to scientific research on the theoretical foundations of foam formation and foam stabilization in protein flour systems and the creation of semi-finished whipped flour with specified characteristics. **Methods.** When writing the article, analytical research methods were used. **Results.** The literature data on the properties of foaming agents and foam stabilizers of gelatin and xanthan were analyzed and summarized. The functional and technological properties of gelatin in the composition with xanthan in the creation of semi-finished whipped flour with the specified characteristics were characterized. A conclusion was made about the expediency of using gelatin and xanthan in the food industry in the technologies of developing structured and restructured food products. **Scope of results.** The possibility of conducting research aimed at expanding the assortment of confectionery products based on semi-finished whipped flour, the feasibility of including gelatin as a foaming ingredient in its recipe. At the same time, the introduction of xanthan gum into the composition of the semi-finished product of whipped flour will contribute to the improvement of foaming properties, reduction of water permeability, and improvement of mechanical properties and heat resistance of gelatin jelly. There is a need to find out the main trends in changes in the chemical composition and functional-technological properties of gelatin jelly in the composition with xanthan.*

**Key words:** compositions of the semi-finished product of whipped flour, the structure of the biscuit, dry mixes, nutritional value, gelatin, xanthan, foaming, expiration date

Структуровані харчові продукти набирають все більшу популярність з кожним роком. Впровадження наукових принципів ферментативної модифікації властивостей желатину, а також його поєднання з структуроутворювачами іншої природи дозволить створити принципово нові нетрадиційні види харчової продукції (збиті заморожені/збиті напівфабрикати типу бісквіт). Напівфабрикати збивні борошняні традиційно мають попит у споживачів. Проте термін їх зберігання частково залежить від сировини, що входить до складу рецептури, та умов зберігання. Згідно з нормативними документами, напівфабрикати збивні борошняні без оздоблювання можуть зберігатись при температурі 18°C та відносній вологості повітря 75% протягом 72 год у відкритому стані та протягом 7 діб у картонних коробках. Додавання до напівфабрикатів збивних борошняних підвищеної кількості розпушувачів та консервантів, що запобігають розвитку небажаної мікрофлори, також збільшують термін зберігання протягом 1 місяця на великих підприємствах. Оскільки процес черствіння випеченого напівфабрикату збивного борошняного пов'язане з процесами зміни стану крохмалю та клейковини борошна, зміна якісного та кількісного складу вуглеводної та білкової фракцій будуть впливати відповідно на фізико-хімічні властивості готового напівфабрикату. Під час випікання зерна крохмалю частково клейстеризуються, зв'язують вільну вологу тіста та воду, що виділяється внаслідок коагуляції білків. А крохмаль частково переходить із кристалічного стану в аморфний, зерна його набухають і збільшуються в об'ємі. При зберіганні напівфабрикату збивного борошняного відбувається зворотний процес: клейстеризований крохмаль з аморфного стану частково переходить у кристалічний, тобто відбувається ретроградація крохмалю. Усихання випеченого напівфабрикату збивного борошняного під час зберігання зумовлює уповільнення швидкості зміни величини деформації м'якушки, а показник крихтуватості напівфабрикату збивного борошняного характеризує його свіжість або ступінь черствіння.

Желатин є гарним субстратом для ферменту трансглютамінази, відповідно фермент використовується для модифікації властивостей желатину для біомедичного та харчового застосування [1]. Фізичні властивості желатину модифікуються під час взаємодії з ферментом [2] і дають можливість використовувати желатин як альтернативну сировину для заміни яєчних продуктів у збивних виробках. Одним з напрямків інтенсифікації виробництва кондитерської та кулінарної продукції є застосування сухих сумішей. Використання сухих сумішей напівфабрикатів значно спрощує технологію виробництва багатьох видів кондитерських та кулінарних виробів, так як дозволяє шляхом змішування отримати напівфабрикати із заданими фізико-хімічними та реологічними властивостями.

Порошкоподібні або сухі суміші мають ряд переваг у порівнянні з іншими видами сировини. Це мінімальна кількість вологи і відповідно невеликий об'єм та маса, а також висока концентрація поживних речовин.

Використання сухих сумішей дає можливість розширити асортимент виробів, підвищити свіжість протягом тривалого терміну зберігання, покращує культуру виробництва. Все це являє інтерес для підприємств малої потужності та приватних підприємств.

Борошняні кондитерські вироби займають великий сегмент вітчизняного кондитерського ринку за об'ємом продаж, завдяки своїм високим споживним якостям, харчовій та біологічній цінності. Збиті випечені напівфабрикати займають вагоме місце серед кондитерських виробів. До них можна віднести напівфабрикати типу бісквітів, повітряних, повітряно-горіхових тощо. Згідно статистичних даних кількість бісквітних виробів становить від 15 до 17% від загального об'єму виробництва борошняних кондитерських виробів. Слід зазначити, що сучасні тенденції розвитку ринку борошняних кондитерських виробів свідчать про збільшення попиту населення на бісквітні вироби [1].

В останні роки в сучасній харчовій індустрії спостерігається тенденція збільшення попиту на нові види харчової продукції, які є результатом впровадження у виробництво високоефективних технологій і характеризуються високою харчовою і біологічною цінністю, відповідають сучасним вимогам нутриціології.

Значне споживання борошняних кондитерських виробів населенням дозволяє вважати їх важливими продуктами харчування. Тому набуває важливого значення питання підвищення якості, харчової цінності, розширення асортименту борошняних кондитерських виробів функціонального призначення. Все це робить актуальними дослідження, спрямовані на розширення і вдосконалення рецептур і технології борошняних кондитерських виробів. Борошняні кондитерські вироби за енергетичною цінністю значно перевершують багато інших продуктів харчування [2]. Вони є суттєвими джерелами легкозасвоюваних вуглеводів, які при надмірному споживанні, особливо при малорухливому способі життя, можуть стати фактором, що сприятиме розвитку низки захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин в організмі. Тому вельми актуальною є розробка нових видів борошняних кондитерських виробів із зменшеним вмістом інгредієнтів високої енергетичної цінності за рахунок включення в рецептуру нових видів сировини з незначною енергетичною цінністю, але біологічно і технологічно повноцінними. Бісквітні напівфабрикати є основною або складовою частиною багатьох борошняних кондитерських виробів. Бісквітне тісто є термодинамічно нестійкою піноподібною харчовою системою, тому важливе технологічне значення при його виробництві має стабілізація цієї системи [2].

Аналіз сучасних науково-практичних напрямків розвитку кондитерської галузі свідчить про доцільність і актуальність подальшого вдосконалення технологій, розробки технологічних рішень раціонального використання традиційних і нових видів рецептурних компонентів для розширення асортименту і отримання продукції з поліпшеними якісними характеристиками [3]. Структуру цілої групи кондитерських виробів (збивні цукерки, зефір, білково-збивні і бісквітні напівфабрикати) визначає процес піноутворення, який залежить від багатьох чинників – виду та властивостей вихідної сировини, технологічних і механічних параметрів обробки і т.д. Однак багато в чому ефективність цього процесу визначається наявністю і властивостями піноутворювачів в системі. Тому серед розмаїття робіт, які вивчають умови формування і збереження стійкості пінних структур, більшість присвячено ролі яєчних продуктів як основних піноутворювачів та їх взаємодії з іншими складовими системи [4, 5, 6]. Значний інтерес в розробці технології бісквітних напівфабрикатів становить використання сухого білка і сухого жовтка при виробництві бісквітних напівфабрикатів замість натурального яйця. Перевага, що віддається сухим яєчним продуктам в порівнянні з натуральними яйцями,

пов'язана з тим, що при їх використанні істотно поліпшуються санітарні умови виробництва, виключається ймовірність обсіменіння продукції небажаними мікроорганізмами, підвищується стабільність якості продукції [7].

Останніми роками погіршилися показники здоров'я населення України. Харчування повинне стати раціональним, тобто забезпечувати фізіологічну потребу людини в основних поживних речовинах з урахуванням вікових, професійних та інших особливостей. При цьому важливим є збереження рівноваги між енергією, яка споживається та витрачається. Важливим моментом також є надходження до організму людини не тільки певної кількості основних харчових речовин, але й їх якість, безпечність та збалансованість харчування [8, 9]. Аналіз ринку України показує [10], що виробництво та реалізація кулінарної і кондитерської продукції розвивається в декількох напрямках: покращення споживчих властивостей, забезпечення безпечності продукції, варіювання термінів зберігання, зниження вартості та енергоємності, розширення асортименту виробів, що вказує на потребу вдосконалення існуючих і розробки нових технологій бісквітних напівфабрикатів. Проте, якість рецептурної сировини не завжди відповідає технологічним вимогам, що забезпечують необхідні структурно-механічні властивості тіста для отримання продукції з запланованими показниками якості і безпечності, що приводить до необхідності коректування рецептури і параметрів проведення технологічного процесу. Одним з перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є цілеспрямоване застосування інгредієнтів, які володіють широким спектром технологічних властивостей, що дозволяють покращити фізико-хімічні і органолептичні характеристики напівфабрикатів, надати їм нових показників якості, корегувати харчову цінність і хімічний склад, продовжити строки зберігання [10].

Підвищення конкурентоспроможності борошняних кондитерських виробів у великій мірі визначається їх якістю і здатністю до збереженості [11]. В процесі зберігання погіршення споживчих властивостей готових виробів частіше за все характеризується черствінням і пліснявінням. Збереження свіжості борошняних кондитерських виробів забезпечується використанням вологоутримуючих добавок. Введення емульгаторів в рецептури борошняних кондитерських виробів також сприяє пролонгації термінів їх придатності за рахунок запобігання процесів їх черствіння. Існує велика кількість харчових добавок на основі біополімерів, що володіють високою вологоутримуючою здатністю, так званих «гідроколоїдів», які також сприяють формуванню необхідної структури борошняних кондитерських виробів [11]. Створення нових технологій кондитерських виробів базується на оригінальних технологічних ідеях і винаходах з використанням нетрадиційних сировинних інгредієнтів, що дозволяють суттєво змінити структуру і розробити нові види напівфабрикатів та готової продукції.

Желатин [12] є важливим гідроколоїдом, який має широке застосування в харчових продуктах і зокрема в борошняних кондитерських výroбах. Загалом, желатин ссавців широко використовується завдяки його швидкому плавленню, температурою драглеутворення та термозворотністю. Желатин – це високомолекулярна маса і водорозчинний білок. Всі амінокислоти присутні в желатині за винятком триптофану і мають низький вміст метіоніну, цистину та тирозину завдяки деградації під час гідролізу. Амінокислотний склад у желатині, в залежності від джерела отримання, різний, але завжди містить з велику кількість гліцину, проліну та гідроксипроліну, які стабілізують його структуру і впливають на хімічні властивості. Перспективним в технології харчової продукції, яка виробляється харчопереробним комплексом і закладами ресторанного господарства, є використання желатину. Цей гідроколоїд має значний потенціал функціонально-технологічних властивостей, реалізація яких в технології харчової продукції обмежена температурним діапазоном 30-35°C через його природну особливість забезпечувати термозворотну структуру [12].



Відомо [13], що желатин – це чистий білок, що отримується з колагену, і продається у вигляді сухого порошку без запаху. Желатин з високим рівнем світлокольоровості все частіше застосовують в продуктах харчування людини в якості стабілізатора, піноутворювача та основи для капсул серед інших цілей. Желатин з низьким рівнем кольоровості може знайти можливість застосування в якості харчового в'язучого інгредієнта в їжі для домашніх тварин. Дослідниками [30] експериментально перевірено і проаналізовано різні сили желатинового драглю, з низьким рівнем кольоровості та драглів звичайних желатинів з високим рівнем кольоровості. Обробку проводили контрольного зразка без желатину та желатинів з силою драглю 100, 175 та 250 Блум. Результати показали підвищену міцність драглів желатину, збільшення об'єму продукту, його розширення, ймовірно, завдяки ефекту піноутворення. Однак тривалість зберігання драглів з желатину середньої та високої світлокольоровості знизилася. Тобто, желатин з низьким рівнем світлокольоровості може бути перспективним для поліпшення характеристик продукту та збереження довготривалого зберігання.

Піноутворюючі та піностабілізуючі властивості використовуються в кондитерській промисловості екструдованих, формованих і зернистих збитих виробів з низькою густиною ( $0,25\text{--}1,0\text{ г/см}^3$ ) – маршмеллоу, тіста для вафель [14, 15] – для стабілізації піноутворення, начинок для вафель і шоколадних батончиків, жувальних цукерок, збитих желейних цукерок, нуги, збитих вершків [15], в молочній промисловості – при виробництві морозива, а також знаходить застосування самостійно, або у поєднанні з іншими піноутворювачами білкової природи (молочним, яєчним білком) в ресторанному господарстві при виробництві готових аерованих солодких страв – мусів, самбуків, суфле, кремів [15], жельованих молочних десертів, десертних кремів, збитих вершків, у т.ч. низькокалорійних. Окремо слід виділити похідні желатину – інстант-желатини (розчинні у холодній воді), які знаходять своє призначення у піноподібних десертах, зокрема, швидкого приготування (сухі суміші) – кремах, мусах, а також гідролізати желатину, які не утворюють гелів внаслідок низької молекулярної маси, але виявляють добрі піноутворюючі властивості та використовуються в молочній промисловості для сприяння збиванню та отримання легкої кремоподібної текстури з більшим об'ємом. Ці продукти мають широкий спектр текстур, інгредієнтів, вмісту сухих речовин і ступеню аерації [17]. Також мають бути прийняті до уваги технологічні вимоги. Наприклад, якщо екструдовані маршмеллоу повинні бути отримані з використанням безперервного процесу, то після збивання необхідне швидке структуроутворення для стабілізації піни. В цьому випадку слід використовувати желатин з дуже високою міцністю в Блумах – 240–280 (high-Bloom) за його концентрації 3...5%. У разі виробництва формованих маршмеллоу маса після збивання повинна матиздатність текти на відсадочній машині. Швидке гелеутворення в цьому випадку не потрібне, оскільки продукт піддається подальшому сушінню. Для цього процесу придатні желатин із середньою – 160–200 (medium-Bloom) і високою – 200–240 (high-Bloom) міцністю в Блумах в концентрації 4...6% [14–17].

Оглядом зарубіжних та вітчизняних літературних джерел встановлено, що питанням вивчення піноутворюючих властивостей желатину, а також впливу на них інших білкових речовин, цукрів, рН тощо приділено багато уваги. Як свідчить аналіз даних, увага вчених зосереджена на вивченні впливу окремих технологічних факторів (виду джерела отримання, його типу, концентрації, співвідношення компонентів) на піноутворюючі властивості чистих розчинів желатину [12–14], у поєднанні його з іншими піноутворювачами білкової природи [15], полісахаридами [16,17,18], їх композицій, а також простими цукрами та цукрозамінниками. Автором [17] було розглянуто взаємозв'язок між поверхневим натягом та піноутворенням розчинів на основі яєчного альбуміну, соєвого білку, казеїну, білку молочної сироватки та желатину.

Було встановлено, що поверхневий натяг білкових розчин не корелював з піноутворюючою здатністю, але константа швидкості розпаду поверхневого натягу

білкових розчинів мала добру кореляцію з піноутворюваністю білкового розчину. Дослідниками [19] встановлено вплив виду желатину (із бичачої шкіри – типу В та зі свинячої шкіри – типу А) та його концентрації на піноутворюючу здатність їх розчинів та стабільність піни. Було визначено, що максимальних значень досліджувані показники набували за концентрації желатину 3%, при чому для желатину із бичачої шкіри вони були дещо вищими –  $94,67 \pm 1,53\%$ , ніж для желатину зі свинячої шкіри –  $93,00 \pm 1,00\%$ . За концентрації вище зазначеної – 4 та 5% досліджувані показники істотно знижувались, що, на думку авторів, може бути пов'язано із неправильною гомогенізацією розчину желатину. Аналогічна тенденція спостерігалася для показника стабільності піни, яка знижувалася з часом.

В роботі [20] вивчено піноутворюючу здатність розчинів желатину зі шкіри вугра за рН 5 та 8, бичачого желатину та стабільність їх піни. Зазначено, що коефіцієнти піноутворюючої здатності желатину зі шкіри вугра за рН 5 та 8 відрізнялись не істотно та дорівнювали відповідно 2,56 та 2,76. Для бичачого желатину цей показник дорівнював 1,89. Різниця у піноутворюючої здатності між желатинами зі шкіри вугра та бичачим, на думку авторів, пояснюється більш високим вмістом гідрофобної амінокислоти в желатині зі шкіри вугра, яка за рН 8 також була вище, ніж у цьому желатині за рН 5. Коефіцієнти стабільності піни для желатину зі шкіри вугра за рН 5 та 8 складав відповідно 1,02 та 1,16, а для бичачого – 1,10. Більш низька стабільність піни для желатину зі шкіри вугра при рН 5, як вважають дослідники, може бути обумовлена меншим відсотком негативно заряджених амінокислот. Більш високий вміст негативно заряджених амінокислот в желатині зі шкіри вугра за рН 8, можливо, запобігав нейтралізації заряду в молекулах желатину і додатково збільшував стійкість піни.

В дослідженнях [21] описується вплив співвідношення змішування біополімерів на властивості піни на основі субкритичної води (води з температурами в межах  $+100...+374^{\circ}\text{C}$  під високим тиском для підтримання її у рідкому стані) з додаванням розчинів яєчного білка і желатину з риба'ячої луски. Було визначено, що піноутворююча здатність системи на основі яєчного білка та субкритичної води була вище, ніж системи без субкритичної води, хоча перша мала нижчу стабільність піни. При цьому було встановлено, що піноутворююча здатність системи на основі яєчного білка та субкритичної води додатково збільшувалася при додаванні желатину з риба'ячої луски за рахунок зменшення поверхневого натягу. Желатин сприяв створенню міжфазної в'язкопружної системи на границі розділу «повітря-вода» з підвищеною поверхневою діляційною реологічною поведінкою, викликаючи низький рівень відділення рідини і інгібування злиття бульбашок в системі. Крім того, зміни еластичності поверхні відповідали підвищенню стабільності піни при збільшенні концентрації риба'ячого желатину. Наведені дослідження дозволили отримати білковий порошок з високою піноутворюючою та стабілізаційною здатністю.

В своїй роботі Ветров В.М. [22] науково обґрунтував доцільність використання желатину в модельних системах білково-полісахаридного гелеутворення на основі сульфатованих полісахаридів у спільному комплексі з модифікованим крохмалем гороховим для поліпшення піноутворюючої здатності на 15...18% в технологіях збивних напівфабрикатів типу «суфле» [22]. З'ясовано вплив концентрації желатину та ксантану на перебіг процесу піноутворення та якість отриманих пінних структур в модельних системах на основі скотин та знежиреного молока. Встановлено, що показник піноутворюючої здатності набував максимальних значень за температури 275 К і концентрації в молочній сировині желатину в кількості 1,0...1,5% та ксантану в кількості 0,5...0,7% та складав відповідно 208...224% та 210...234%. Стійкість піни модельних систем при цьому також значно зростав й становив відповідно 95...98% та 96...99% [16].

Бадруком В.В. [23] досліджено вплив співвідношення низькоетерифікованого пектину та каппа-карагенану в бінарних сумішах з желатином на піноутворюючу

здатність їх розчинів. Було встановлено, що найбільше значення піноутворюючої здатності спостерігалось при співвідношенні композиції желатин-низкоестерифікований пектин та желатин-каппа-карагенан як 3:1. Було встановлено, що стійкість піни досліджених систем збільшувалась при зниженні рН, що можна пояснити, на думку автора, збільшенням в'язкості колоїдних розчинів завдяки електростатичній взаємодії гідроколоїдів.

Автором [24] встановлено, що перспективним напрямком при створенні нових структур кремово-збивних цукеркових мас, які формуються методом коекструзії, є використання сумішей гідроколоїдів: желатину, к-карагенану, LM пектину з врахуванням їх технологічних властивостей. Встановлено, що найбільша піноутворююча здатність спостерігалася при температурі 65–70°C в ізоелектричній точці при співвідношенні желатин – LM пектин та желатин – к-карагенан 3:1. Доведено, що найбільша піноутворююча здатність спостерігалася при додаванні 2,2±0,5% суміші желатин – LM пектин, а найменша – LM пектин – к-карагенан.

Отже, огляд джерел дозволив виявити закономірності впливу окремих технологічних факторів на піноутворюючі властивості розчинів желатину. На підставі проведених аналітичних досліджень можна зробити висновок, що необхідним є проведення додаткових досліджень та виявлення нових закономірностей, які дозволять вирішити поставлені завдання з розробки запропонованого збивного випеченого напівфабрикату з використанням желатину. Аналітичним оглядом встановлено, що системних фундаментальні дослідження, які стосуються встановлення закономірностей піноутворюючих властивостей желатину, в літературі носять розрізнений характер. Це обумовлює актуальність обраного напрямку.

Ксантан є широко вивченим в'язучим агентом [25], виявленим у 1961 р. Ацетилювання та пірувілювання мають великий вплив на його реологічні властивості, і вплив цих груп на конформацію та реологічні властивості ксантану вивчався десятки років. Однак ці дослідження в основному покладаються на хімічні модифікації, і тому ступінь пірувілювання та ацетилювання, а також регіоселективність деацетилювання не можна контролювати. Тут ми представляємо поглиблену реологічну характеристику природного ксантану та семи варіантів ксантану, з визначеними моделями ацетилювання та пірувілювання, створеними за допомогою генетичної модифікації *Xanthomonas campestris* LMG 8031. Таким чином, ксантанові варіанти із визначеними моделями ацетилювання та пірувілювання природний стан завдяки м'яким умовам виробництва. Можна було пов'язати визначені схеми замінників з відповідними реологічними властивостями, щоб дати нові уявлення про взаємозв'язок між структурою та функцією ксантанових варіантів у безсолевих середовищах та за наявності одно- та двовалентних катіонів.

Ксантанова камедь [26] – це високомолекулярний мікробний екзополісахарид з холодним набуханням, що виробляється ферментацією вуглеводів бактерією *Xanthomonas campestris* з подальшим осадженням у спирті, сушінням та розмелюванням. Основна структура ксантанової камеді – це полімер одиниць D-глюкози з бічним ланцюгом трисахариду. Цей бічний ланцюг демонструє дві одиниці манози, розділені гулурановою кислотою. Ксантанова камедь повністю розчиняється в холодній воді, а негативно заряджені карбоксильні групи (COO-) на бічних ланцюгах молекули відповідають за сильно в'язку рідину, отриману при контакті з водою. Основна функція ксантанової камеді – згущувати, емульгувати та стабілізувати продукти на водній основі. Ксантан широко використовується у харчових продуктах, що переробляються, через його незвичні та дуже корисні властивості. Багато з цих властивостей, безсумнівно, зумовлені структурною жорсткістю його молекул, що, в свою чергу, є результатом його лінійної, целюлозної основи, яка зміцнена і захищена боковими ланцюгами трисахаридів. Висока ступінь псевдопластичності розчину, що надається присутністю ксантану, полегшує змішування

та перекачування рідинних / рідинних систем, що призводить до чистих органолептичних властивостей у роті (тобто відсутність сприйняття слизовості).

Найбільше застосування ксантану спостерігається у хлібобулочних сумішах. У кексах та суміжних сумішах ксантан забезпечує збалансованість рецептури, збільшення об'єму та утримання вологи. Однак використання занадто великої кількості ксантану в системах на основі борошна може призвести до щільності, клейкості, зернистості або інших небажаних змін текстури. Рівні використання в сухих сумішах, як правило, менше 0,1% (вага готової композиції). Жодні ферменти, що містяться в харчових інгредієнтах або продуктах, не погіршать ксантан [26].

Дослідниками встановлено [27], що суміші розчинів желатину GB і ксантанової камеді XG у співвідношенні (GB / XG, (0,2–2%)/0,2% мас./об.) проявляють поліпшені драглеутворювальні властивості порівняно з розчинами їх чистих компонентів при аналогічних співвідношеннях. Змішані гелі включають спільно локалізовані мережі доменів, багатих на GB і XG. Доведено, що ці домени складаються з міжмолекулярних комплексів та їх агрегатів, стабілізованих ефектом нейтралізації GB, і пов'язаних між собою утворенням потрійних спіралей GB. Окиснена ксантанова камідь з різним вмістом альдегіду, яка успішно готується періодатним окисненням, використовується як зшиваючий агент для харчових плівок желатину.

Рентгенівські дифракційні вимірювання та мікроскопія атомної сили демонструють, що деградація супроводжується процесом окислення, який призводить до зниження кристалічності та зміни структури. Дослідженням оптичних властивостей встановлено, що всі плівки дуже прозорі та мають чудові бар'єрні властивості проти ультрафіолетового світла. Введення альдегідних груп покращує ультрафіолетові бар'єрні властивості, які виникають внаслідок збільшення груп -CN за рахунок утворення основи Шиффа. Дослідження властивостей показують, що ксантанова камедь може різко знизити загальну розчинну речовину, вміст вологи та водопроникність та значно покращити механічні властивості та термостійкість желатинових плівок. Зі збільшенням рівня окиснення ксантанової камеді спостерігається посилення властивостей водяного бар'єру, механічних властивостей та термічної стійкості плівок ксантанової камеді, що в основному пояснюється ковалентним зв'язуванням двох полімерів [28].

Авторами [29] досліджено покращення якості безглютенової продукції, виготовленої за допомогою гідротермічно оброблених полісахаридних сумішей (НТТ-PSM) з клейового рисового борошна та додаванням ксантанової камеді в різних концентраціях. Встановлено, що НТТ-PSM мав нижчу температуру желатинізації, більш високу пікову в'язкість і слабку міцність гелю, ніж рідке клейове рисове борошно. Включення НТТ-PSM в рисове тісто значно скоротило час і стабільність розвитку тіста і збільшила його розтяжність з 2,8 мм до 11,9 мм. Показник високої розтяжності тіста дозволив виготовити безглютенову локшину з більшою міцністю на розрив та схожий профіль текстури порівняно з локшиною пшеничною. Сенсорна оцінка показала, що загальна текстура локшини без глютену була прийнятною, але не такою, як у локшини пшеничної. Позитивні кореляції спостерігалися між вмістом ксантанової камеді та піковою в'язкістю, міцністю гелю, міцністю на розрив локшини, твердістю та жувальністю.

Викликає інтерес дослідження авторів [30] з розробки складених харчових плівок із трьох різних полімерів для перевірення реакцій зшивання, які покращували якість плівок, виготовлених із двох полімерних типів, для вивчення ефектів від додавання ксантанової камеді різних концентрацій (0, 5, 10, 15, 20 і 25%, мас./мас.) до желатин-СМС плівок. Оцінювались фізичні та механічні властивості відповідних плівок. Встановлено [30], що додавання ксантанової камеді збільшувало товщину, вміст вологи та водопроникність плівки желатин КМЦ ( $p < 0,05$ ). Крім того, захист від ультрафіолетового (ультрафіолетового) світла збільшувався разом зі зниженою прозорістю видимого світла ( $p < 0,05$ ) та підвищенням термостабільності (Tg) ( $p < 0,05$ ). Отримані плівки також



демонстрували меншу міцність на розрив із зменшеним подовженням у точці розриву, а також більш високу силу проколу та нижчу деформацію проколу, що свідчить про більш високу стійкість до проколу, ніж порівнянна плівка желатин СМС. В цілому, желатино-СМС плівка з ксантановою камеддю (5%, мас. / мас. Твердої речовини) демонструвала поліпшені фізичні та механічні властивості більше, ніж плівки, приготовані із порівнянних рецептур.

Досліджено [31] вплив вмісту води при додаванні ксантанової камеді (XG) та сиропу глюкози (GS): співвідношення сахарози на еластичні ( $G'$ ) та в'язкі ( $G''$ ) модулі під час генерування *in situ* та на великі деформаційні реологічні властивості застиглих драглів. Збільшення обох модулів зразків із додаванням XG свідчить про посилення структури мережі. Усі зразки драглів мали чітке руйнування. Збільшення коефіцієнта GS: сахарози призвело до зменшення напруги руйнування та збільшення деформації руйнування, що передбачає більш гнучку полімерну мережу каркасу [31]. Зниження вмісту води може призвести до поділу фаз між фазами, з високим вмістом цукру і полімеру, щоб утворити міцніший зв'язок у структурі мережі.

Аналізом текстурних характеристик зразків, за допомогою карти текстур, доведено, що збільшення співвідношення сиропу глюкози GS: сахарози та внесення XG робило текстуру зразка більш еластичною. Водні системи полімеру та ПАР важливі для різних галузей промисловості. Властивості цих систем [32], серед іншого, залежать від взаємодії між ними.

Авторами [32] було проведено дослідження для визначення взаємодії між аніонним полімером – ксантановою камеддю та аніонною поверхнево-активною речовиною SDS або неіонною поверхнево-активною речовиною Tween 80. Результати комбінації всіх цих методик, показали, що взаємодія ксантанової камеді SDS/Tween 80 існує. Структурні зміни молекул ксантанової камеді в присутності обох ПАР були отримані за допомогою віскозиметрії та SEM. Характерні точки взаємодії (CAC та PSP) визначалися шляхом вимірювання поверхневого натягу та питомої провідності водних розчинів чистих поверхнево-активних речовин та їх сумішей із ксантановою камеддю. Значення PSP були пропорційні концентрації полімеру. Після подолання електростатичного відштовхування між ксантановою камеддю та CAC вони утворюють комплекси за допомогою гідрофобного механізму та посилюють адсорбцію молекул CAC на межі вода-повітря. На відміну від SDS, Tween 80 в основному взаємодіє з ксантановою камеддю в основному, створюючи водневі зв'язки, а також шляхом гідрофобних взаємодій.

Результати вимірювань флуоресценції додатково підтвердили, що механізм взаємодії між ксантановою камеддю та досліджуваними поверхнево-активними речовинами був головним чином за рахунок гідрофобної взаємодії та шляхом створення водневих зв'язків з Tween 80 як електростатичного відштовхування з SDS.

Відомо [33], що дослідження закономірностей процесів піноутворення і стійкості піни є науковою основою для розробки обґрунтованих рекомендацій з оптимального складу різних піноутворюючих композицій. Автором [33] доведено, що за однакової в'язкості піноутворюючих розчинів з добавкою полімерів найбільшою стійкістю володіє піна, яка містить ксантан. З'ясовано, що з підвищенням концентрації ксантану зростає стійкість піни до гравітаційного синерезису і розриву плівок, що пов'язано з формуванням тиксотропної структури в пінних каналах і плівках, а також по відношенню до дифузійного переносу газу (Оствальдовому дозріванню). Процес пастеризації призводить до небажаних впливів на піноутворюючі властивості та стабільність рідкого яєчного білка.

Персидську камедь (PG) як нативний гідроколоїд та ксантанову камедь (XG) додавали до рідкого яєчного білка [34] з метою поліпшення властивостей піноутворення кінцевого розчину до пастеризації. Збільшення в'язкості яєчного білка було природним наслідком додавання XG та PG. Додавання гідроколоїдів до розчину яєчного білка, поведінка потоку розчину змінювалася з ньютонівської на псевдопластичну, і, отже, криві

потоків підходили до моделі закону потужності. Обидва гідроколоїди виявляли позитивний вплив на стабільність піни на всіх рівнях, проте їх негативний вплив на перевищення та щільність піни був незаперечним. Встановлено [34], що високі концентрації ХГ та РГ ( $0,1\% \leq$ ) призвели до поліпшення текстури піни, тоді як ХГ виявив найбільший вплив на еластичність піни завдяки фізичній взаємодії з розгорнутими білками. Аналіз мікроскопічних зображень пінопластових бульбашок, зумовлений різною об'ємною в'язкістю зразків, показав негативний ефект надмірного побиття для деяких зразків, тоді як для деяких інших час відбивання був недостатнім для досягнення максимальної газової фази.

Авторами [35] досліджено вплив ксантанової камеді (ХГ) та гідроксипропіл-метилцелюлози (НРМС) на об'єм пирога, твердість та сенсорні властивості печених бісквітних коржів. Досліджено також реологічні характеристики, що полягають у поведінці течії та в'язкості пшениці, щоб відповідати фізичним властивостям бісквіта. Щільність тіста та питома вага були суттєво ( $p < 0,05$ ) співвіднесені з твердістю та об'ємом макухи. Гідроколоїдні коржі (як ХГ, так і НРМС) мали значно ( $p < 0,05$ ) менший об'єм порівняно з контрольним пирогом. Показник консистенції значно ( $p < 0,05$ ) корелює з твердістю (індекс стійкості  $r = 0,71$ ), що дозволяє визначити текстуру крихти бісквітної кірки. Доведено, що свіжоспечений пиріг, який містить 1% ХГ, має значно більш високе значення твердості ( $p < 0,05$ ) порівняно з 1% НРМС та контрольні коржі. Крім того, бісквіт, що містить гідроколоїди, мав значно менший об'єм ( $p < 0,05$ ) порівняно з контрольним пирогом. Для сенсорної оцінки бісквіт, який містить ксантанову камедь, був менш привабливим для учасників форуму порівняно з іншими рецептурами бісквіта, оскільки він мав найнижчий середній бал (6,25) у загальній оцінці.

**Висновки.** Огляд літературних джерел та аналіз сучасного стану виробництва бісквітних продуктів дозволив зробити припущення щодо перспектив створення нової технології, дозволив визначити, що застосування желатину в якості піноутворюючого компонента за наявності ксантану як додаткового структуроутворювача в технології напівфабрикату збивного борошняного типу бісквіт є актуальним і дасть можливість зменшити кількість стадій технологічного процесу, його енергоємність, значно розширити асортимент кондитерської продукції, а ціленаправлена ферментативна модифікація дозволить надати необхідну форму, текстуру, смакові показники та отримати продукт з високими органолептичними характеристиками і харчовою цінністю.

### Бібліографія

1. Дорохович В. В. Бісквіти з застосуванням лактитолу, ізомальтитолу та морквяного соку. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 листопада 2020 р. Київ: НУХТ. 2020. С. 74–76. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/32497>.
2. Jorge Ruiz, Julia Calvarro, José Sánchez del Pulgar and oth. Science and Technology for New Culinary Techniques. *Journal of Culinary Science & Technology*. 2013. Vol. 11. Issue 1: Creativity and Innovation in Haute Cuisine. P. 66-79. <https://doi.org/10.1080/15428052.2013.755422>.
3. Julia Calvarro, Trinidad Perez-Palacios, Jorge Ruiz. Modification of gelatin functionality for culinary applications by using transglutaminase. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2016. Vol. 5–6. P. 27-32. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.11.001>.
4. Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів : монографія. Суми: ШНАУ. 2015. 214 с.
5. Wang C.-S., Virgilio N., Wood-Adams P., Heuzey M.-C. A mechanism for the synergistic gelation properties of gelatin B and xanthan gum aqueous mixtures. *Carbohydrate Polymers*. 2017. № 175. p. 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.015>
6. Altay F., Gunasekaran S. Gelling properties of gelatin–xanthan gum systems with high levels of co-solutes. *Journal of Food Engineering*. 2013. № 118 (3). P. 289–295.
7. Дробот В. І., Арсеньєва Л. Ю., Білик О. А. та ін. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: навчальний посібник. За ред. В. І. Дробот. Київ: Центр навчальної літератури. 2006. 341 с.

8. Рудавська Г. Б., Тищенко Є. В., Притульська Н. В. Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення: монографія. Київ: Київський національний торговельно-економічний університет. 2002. 371 с.
9. Сильчук Т., Коваленко А. Підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів в закладах ресторанного господарства. Здобутки, проблеми та перспективи розвитку готельно-ресторанного та туристичного бізнесу: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 29–30 жовтня 2012 року. Київ: НУХТ. 2012. С. 63–65.
10. Тітомир Л. А., Данилова О. І., Решта С. П. Спосіб приготування бісквіту. Пат. на корисну модель 141366 Україна, МПК A21D 13/80 (2017.01), A21D 2/36 (2006.01). Власник Одеська національна академія харчових технологій. № u201908378; заявл. 16.07.2019; опубл. 10.04.2020. Бюл. № 7. <https://cardfile.ontu.edu.ua/handle/123456789/17044>
11. Williams P. A., Phillips G. O. Introduction to food hydrocolloids. Handbook of hydrocolloids. Second edition, Woodhead Publishing Limited. 2009. P. 12.
12. Raja Mohd Hafidz R. N., Yaakob C. M., Amin I., Noorfaizan A. Chemical and functional properties of bovine and porcine skin gelatin. International Food Research Journal. 2011. Vol. 18. P. 787–791.
13. Manbeck A. E., Aldrich C. G., Alavi S., Zhou T., Donadelli R. A. The effect of gelatin inclusion in high protein extruded pet food on kibble physical properties Animal Feed Science and Technology. 2017. Vol. 232 P. 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.010>.
14. Пілюгіна І. С. Технологія маршмелоу з використанням солюбілізованих речовин і рослинних добавок антоціанової природи. Автореферат дис. ... канд. техн. наук. Харків: ХДУХТ. 2018. 23 с.
15. Касьянова Н. О., Скорченко Т. А. Вплив стабілізаторів структури на перерозподіл форм зв'язку води в сметанних десертах. Молочна промисловість. 2005. № 2 (17). С. 34–36.
16. ДСТУ 3946:2018 Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Настанови щодо розроблення і поставлення на виробництво нових та новітніх харчових продуктів. Держспоживстандарт України. Київ. 2018. 14 с.
17. Григоренко А. М. Технологія желейних і збивних напівфабрикатів на основі драглетуювачів білково-полісахаридної природи та їх використання в кондитерських виробках: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Харків. 2013. 389 с.
18. Бахмач В. О. Дослідження реологічних властивостей водних розчинів камеді ксантану. Харчова промисловість. № 17. 2015. С. 51–56.
19. Krala L., Dziomdziora M. The effect of hydrocolloid mixtures on frozen pork properties. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2003. Vol. 53 (4). P. 55–58.
20. Nurul A., Sarbon N. Effects of pH on functional, rheological and structural properties of eel (*Monopterus* sp.) skin gelatin compared to bovine gelatin. International Food Research Journal. 2015. Vol. 22 (2). P. 572–583.
21. Huang Tao, Tu Zong-cai, Hui Wang et al. Promotion of foam properties of egg white protein by subcritical water pre-treatment and fish scales gelatin. Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects. 2017. Vol. 512. P. 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.10.013>.
22. Ветров В. М. Технологія молочно-білкових напівфабрикатів зі сколотин для виробництва структурованої десертної продукції : автореферат дис. ...канд. техн. наук: 05.18.16. Донецьк. 2007. 20 с.
23. Бадрук В. В. Рациональне використання цукрозамінників нового покоління при виробництві маршмелоу спеціального призначення: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ. 2013. 20 с.
24. Кияниця С. Г. Розробка раціональної технології цукерок з комбінованими корпусами, які формуються методом коекструзії: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ. 2006. 20 с.
25. Gansbiller Moritz, Schmid Jochen, Sieber Volker. In-depth rheological characterization of genetically modified xanthan-variants. Carbohydrate polymers. 2019. Vol. 213. P. 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.055>.
26. Hossein Habibi, Kianoush Khosravi-Darani Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2017. Vol. 10. P. 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.02.013>.
27. Wang C.-S., Virgilio N., Wood-Adams P., Heuzey M.-C. A mechanism for the synergistic gelation properties of gelatin B and xanthan gum aqueous mixtures. Carbohydrate Polymers. 2017. Vol. 175. P. 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.015>.
28. Jimin Guo, Liming Ge, Xinying Li, Changdao Mu, Defu Li. Periodate oxidation of xanthan gum and its crosslinking effects on gelatin-based edible films. Food Hydrocolloids. 2014. Vol. 39. P. 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.026>.
29. Jingwen Cai, Jie Hong Chiang, Marilyn Yi Pei Tan, Lin Kiat Saw, Mann Na Ngan-Loong. Physicochemical properties of hydrothermally treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles. Journal of Food Engineering. 2016. Vol. 186. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.03.033>.

30. Nur Hazirah M. A. S. P., Isa M. I. N., Sarbon N. M. Effect of xanthan gum on the physical and mechanical properties of gelatin-carboxymethyl cellulose film blends. *Food Packaging and Shelf Life*. 2016. Vol. 9. P. 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.05.008>.
31. Filiz Altay, Sundaram Gunasekaran Gelling properties of gelatin– xanthan gum systems with high levels of co-solutes. *Journal of Food Engineering*. 2013. Vol. 118. Issue 3. P. 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.018>.
32. Veljko Krstonošić, Maja Milanović, Ljubica Dokić. Application of different techniques in the determination of xanthan gum-SDS and xanthan gum Tween 80 interaction. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 87. P. 108-118. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.040>.
33. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Погожих М. І., Полевич В. В., Гурський П. В. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик. Навчальний посібник. Харків: ХДУХТ. 2006. 63 с.
34. Mohsen Dabestani, Samira Yeganehzad. Effect of Persian gum and Xanthan gum on Foaming Properties and Stability of Pasteurized Fresh Egg White Foam. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 87. P. 550–560. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.030>.
35. Noorlaila A., Nor Hasanah H., Asmeda R., Yusoff A. The effects of xanthan gum and hydroxypropylmethylcellulose on physical properties of sponge cakes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 19 (2). P. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.08.001>.

## References

1. Dorokhovych, V. V. (2020). Biskvity z zastosuvanniam laktytolu, izomaltitolu ta morkvianoho soku [Biscuits with the use of lactitol, isomaltitol and carrot juice]. *Ozdorovchi kharchovi produkty ta diietychni dobavky: tekhnolohii, yakist ta bezpeka: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, 19-20 lystopada 2020 r. Kyiv: NUKhT. P. 74–76. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/32497>.
2. Jorge Ruiz, Julia Calvarro, José Sánchez del Pulgar and oth. (2013). Science and Technology for New Culinary Techniques. *Journal of Culinary Science & Technology*. Vol. 11. Issue 1: Creativity and Innovation in Haute Cuisine. P. 66-79. <https://doi.org/10.1080/15428052.2013.755422>.
3. Julia Calvarro, Trinidad Perez-Palacios, Jorge Ruiz. (2016). Modification of gelatin functionality for culinary applications by using transglutaminase. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. Vol. 5–6. P. 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.11.001>.
4. Lobachova, N. L. (2015). Udoskonalennia tekhnolohii bezghliutenovykh khlibobulochnykh vyrobiv : monohrafiia [Improving the technology of gluten-free bakery products: monograph]. Sumy: SNAU. 214 p. [in Ukrainian].
5. Wang, C.-S., Virgilio, N., Wood-Adams, P., Heuzey, M.-C. (2017). A mechanism for the synergistic gelation properties of gelatin B and xanthan gum aqueous mixtures. *Carbohydrate Polymers*. № 175. p. 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.015>.
6. Altay, F., Gunasekaran, S. (2013). Gelling properties of gelatin–xanthan gum systems with high levels of co-solutes. *Journal of Food Engineering*. № 118 (3). P. 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.018>.
7. Drobot, V. I., Arsenieva, L. Yu., Bilyk, O. A. et al. (2006). Laboratornyi praktykum z tekhnolohii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv: navchalnyi posibnyk [Laboratory workshop on the technology of bakery and pasta production: study guide]. Za red. V. I. Drobot. Kyiv: Tsentra navchalnoi literatury [Center for Educational Literature]. 341 p. [in Ukrainian].
8. Rudavska, H. B., Tyshchenko, Ye. V., Prytulska, N. V. (2002). Naukovi pidkhody ta praktychni aspekty optymizatsii asortymentu produktiv spetsialnoho pryznachennia: monohrafiia [Scientific approaches and practical aspects of optimizing the assortment of special purpose products: monograph]. Kyiv: Kyivskiy natsionalnyi torhivno-ekonomichnyi universytet [Kyiv National University of Trade and Economics]. 371 p. [in Ukrainian].
9. Sylchuk, T., Kovalenko, A. (2012). Pidvyshchennia kharchovoi tsinnosti khlibobulochnykh vyrobiv v zakladakh restorannoho hospodarstva [Increasing the nutritional value of bakery products in restaurants]. *Zdobutky, problemy ta perspektyvy rozvytku hotelno-restorannoho ta turystychnoho biznesu: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, 29–30 zhovtnia 2012 roku. Kyiv: NUKhT. P. 63–65. [in Ukrainian].
10. Titomyr, L. A., Danylova, O. I., Reshta, S. P. (2020). Sposib pryhotuvannia biskvitu [Method of preparation of biscuit]. Pat. na korysnu model 141366 Ukraina, MPK A21D 13/80 (2017.01), A21D 2/36 (2006.01). Vlasnyk Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii. № u201908378; zaiavl. 16.07.2019; opubl. 10.04.2020. Biul. № 7. <https://cardfile.ontu.edu.ua/handle/123456789/17044>
11. Williams, P. A., Phillips, G. O. (2009). Introduction to food hydrocolloids. *Handbook of hydrocolloids*. Second edition, Woodhead Publishing Limited. P. 12.
12. Raja Mohd Hafidz, R.N., Yaakob, C.M., Amin, I., Noorfaizan, A. (2011). Chemical and functional properties of bovine and porcine skin gelatin. *International Food Research Journal*. Vol. 18. P. 787–791.



13. Manbeck, A. E., Aldrich, C. G., Alavi, S., Zhou, T., Donadelli, R. A. (2017). The effect of gelatin inclusion in high protein extruded pet food on kibble physical properties *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 232. P. 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.010>.
14. Piliuhina, I S. (2018). Tekhnolohiia marshmelou z vykorystanniam soliubilizovanykh rehovyn i roslynnykh dobavok antotsianovoi pryrody. Avtoreferat dys. ... kand. tekhn. nauk [Marshmallow technology using solubilized substances and plant additives of anthocyanin nature. Abstract of the dissertation ... candidate of technical science]. Kharkiv: KhDUKhT. 23 p. [in Ukrainian].
15. Kasianova, N. O., Skorchenko, T. A. (2005). Vplyv stabilizatoriv struktury na pererozpodil form zviazku vody v smetannykh desertakh [The influence of structure stabilizers on the redistribution of water bond forms in sour cream desserts]. *Molochna promyslovist [Dairy industry]*. № 2 (17). P. 34–36. [in Ukrainian].
16. DSTU 3946:2018 (2018). Systema rozroblennia i postavlennia produktsii na vyrobnytstvo. Produktsiia kharchova. Nastanovy shchodo rozroblennia i postavlennia na vyrobnytstvo novykh ta novitnykh kharchovykh produktiv [The system of development and delivery of products onproduction. Food products. Guidelines for the development and production of new and innovative food products]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [Derzhspozhyvstandard of Ukraine]. 14 p. [in Ukrainian].
17. Hryhorenko, A. M. (2013). Tekhnolohiia zheleinykh i zbyvnykh napivfabrykativ na osnovi drableutvoriuvachiv bilkovo-polisakharydnoi pryrody ta yikh vykorystannia vkondyterskykh vyrobakh: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 [Technology of jelly and whipped semi-finished products on the basis of gelatinizers of protein-polysaccharide nature and their use in confectionery products: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.18.01]. Kharkiv. 389 p. [in Ukrainian].
18. Bakhmach, V. O. (2015). Doslidzhennia reolohichnykh vlastyvostei vodnykh rozchyniv kamedy ksantanu [Study of the rheological properties of water solutions of xanthan gum]. *Kharchova promyslovist [Food Industry]*. № 17. P. 51–56. [in Ukrainian].
19. Krala, L., Dziomdziora, M. (2003). The effect of hydrocolloid mixtures on frozen pork properties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. Vol. 53 (4). P. 55–58.
20. Nurul, A., Sarbon, N. (2015). Effects of pH on functional, rheological and structural properties of eel (*Monopterus* sp.) skin gelatin compared to bovine gelatin. *International Food Research Journal*. Vol. 22 (2). P. 572–583.
21. Huang Tao, Tu Zong-cai, Hui Wang et al. (2017). Promotion of foam properties of egg white protein by subcritical water pre-treatment and fish scales gelatin. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engeneering Aspects*. Vol. 512. P. 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.10.013>.
22. Vetrov, V. M. (2007). Tekhnolohiia molochno-bilkovykh napivfabrykativ zi skolotyn dlia vyrobnytstva strukturovanoj desertnoi produktsii : avtoreferat dys. ...kand. tekhn. nauk: 05.18.16 [Technology of milk-protein semi-finished products from scraps for the production of structured dessert products: abstract of the dissertation. ... candidate of technical sciences: 05.18.16]. Donetsk. 20 p. [in Ukrainian].
23. Badruk, V. V. (2013). Ratsionalne vykorystannia tsukrozaminnykiv novoho pokolinnia pry vyrobnytstvi marshmelou spetsialnoho pryznachennia: avtoreferat dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 [Rational use of sugar substitutes is new generation during the production of special-purpose marshmallows: abstract of the dissertation. ... candidate of technical sciences: 05.18.01]. Kyiv. 20 p. [in Ukrainian].
24. Kyianytsia, S. H. (2006). Rozrobka ratsionalnoi tekhnolohii tsukerok z kombinovanymy korpusamy, yaki formuiutsia metodom koekstruzii: avtoreferat dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 [Development of rational technology of sweets with combined housings formed by the coextrusion method: abstract of the dissertation ... candidate of technical sciences: 05.18.01]. Kyiv. 20 p. [in Ukrainian].
25. Gansbiller Moritz, Schmid Jochen, Sieber Volker. (2019). In-depth rheological characterization of genetically modified xanthan-variants. *Carbohydrate polymers*. Vol. 213. P. 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.055>.
26. Hossein Habibi, Kianoush Khosravi-Darani. (2017). Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Vol. 10. P. 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.02.013>.
27. Wang, C.-S., Virgilio, N., Wood-Adams, P., Heuzey, M.-C. (2017). A mechanism for the synergistic gelation properties of gelatin B and xanthan gum aqueous mixtures. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 175. P. 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.015>.
28. Jimin Guo, Liming Ge, Xinying Li, Changdao Mu, Defu Li. (2014). Periodate oxidation of xanthan gum and its crosslinking effects on gelatin-based edible films. *Food Hydrocolloids*. Vol. 39. P. 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.026>.
29. Jingwen Cai, Jie Hong Chiang, Marilyn Yi Pei Tan, Lin Kiat Saw, Mann Na Ngan-Loong. (2016). Physicochemical properties of hydrothermally treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles. *Journal of Food Engineering*. Vol. 186. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.03.033>.

30. Nur Hazirah, M. A. S. P., Isa, M. I. N., Sarbon, N. M. (2016). Effect of xanthan gum on the physical and mechanical properties of gelatin-carboxymethyl cellulose film blends. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 9. P. 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.05.008>.
31. Filiz Altay, Sundaram Gunasekaran. (2013). Gelling properties of gelatin-xanthan gum systems with high levels of co-solutes. *Journal of Food Engineering*. Vol. 118. Issue 3. P. 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.018>.
32. Veljko Krstonošić, Maja Milanović, Ljubica Dokić. (2019). Application of different techniques in the determination of xanthan gum-SDS and xanthan gum Tween 80 interaction. *Food Hydrocolloids*. Vol. 87. P. 108-118. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.040>.
33. Horalchuk, A. B., Pyvovarov, P. P., Hrynchenko, O. O., Pohozhykh, M. I., Polevych, V. V., Hurskyi, P. V. (2006). Reolohichni metody doslidzhennia syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiia rozrakhunkiv reolohichnykh kharakterystyk. Navchalnyi posibnyk [Rheological methods of research of raw materials and food products and automation of calculations of rheological characteristics. Tutorial]. Kharkiv: KhDUKhT. 63 p. [in Ukrainian].
34. Mohsen Dabestani, Samira Yeganehzad. (2019). Effect of Persian gum and Xanthan gum on Foaming Properties and Stability of Pasteurized Fresh Egg White Foam. *Food Hydrocolloids*. Vol. 87. P. 550-560. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.030>.
35. Noorlaila, A., Nor Hasanah, H., Asmeda, R., Yusoff, A. (2018). The effects of xanthan gum and hydroxypropylmethylcellulose on physical properties of sponge cakes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Vol. 19 (2). P. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.08.001>.