

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664-404.8:635.657

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-38-2-6>

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ПІННОЮ СТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ АКВАФАБИ НУТОВОЇ

С.В. Лазурко, А.Е. Радченко, О.О. Гринченко

Досліджено вплив масової частки сухих речовин, рН та стабілізаторів на піноутворення харчових систем на основі аквафаби нутової – в'язкої рідини, отриманої під час варіння бобових, виробництво якої відповідає принципам сталого розвитку. Розроблено модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою на її основі.

Ключові слова: *пінна структура, рослинні білки, піноутворювальна здатність, стійкість піни, аквафаба нутова, технологічні чинники*

TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS WITH A FOAMY STRUCTURE BASED ON CHICKPEA AQUAFABA

Y. Lazyrko, A. Radchenko, O. Hrynchenko

In recent years, plant-based proteins have garnered considerable attention from researchers and practitioners due to their lack of allergenicity, alignment with diverse consumer dietary preferences, and contributions to sustainability issues. The article characterizes the features of the foaming process in food systems and traditional foaming agents. The experience of scientists in utilizing plant-based proteins is analyzed, with their functional properties as foaming agents in food systems examined, emphasizing traditional sources (soy, peas, chickpeas, wheat) and alternative raw materials—aquafaba. Aquafaba, a viscous liquid obtained during the cooking of legumes, aligns with sustainability principles in its production and focuses the attention of theorists and practitioners owing to its ability to replicate the functional properties of egg whites.

The influence of extraction, protein modification, and optimization of aquafaba's foaming capacity depending on preparation conditions is considered. The overall chemical composition of chickpea aquafaba under typical hydrothermal processing parameters, which determines its surface-active properties, has been investigated. The dependence of foaming capacity and foam stability in food systems based on chickpea aquafaba on dry matter content, pH, and the presence of foam structure stabilizers has been studied. The feasibility and appropriateness of using

chickpea aquafaba as an effective foaming agent in food products have been demonstrated. The obtained results enabled the development of a model technological scheme for producing food products with a foam structure based on chickpea aquafaba.

Keywords: *foam structure, plant-based proteins, foaming capacity, foam stability, chickpea aquafaba, technological factors*

Постановка проблеми у загальному вигляді. В останні роки рослинні білки привертають увагу науковців та практиків з огляду на їх багатофункціональність у складі харчових систем. Стійке виробництво, низька ціна та великі обсяги вирощування та перероблення бобових сприяють промислового використанню їх білків в харчовій індустрії. Інтерес викликано також підвищенням усвідомлення екологічності та здоров'я як з точки зору сучасного споживача, так і харчової промисловості. Завдяки цим властивостям рослинні білки є перспективною основою для створення нових харчових продуктів, зокрема, з пінною структурою.

Харчові продукти з пінною структурою представлено в різних групах кулінарної та кондитерської продукції. Мусові десерти та тістечка, морозиво, самбуки, креми білкові та вершкові як оздоблювальні напівфабрикати, бісквіт, суфле /пудинги овочеві, рибні, м'ясні – далеко не повний перелік кулінарної продукції, технологічний процес чи окремі технологічні етапи виробництва яких передбачають реалізацію процесу піноутворення [1].

Процес піноутворення в харчових системах полягає в диспергуванні газової фази (переважно повітря) у рідкій або желеподібній матриці з утворенням стабільної пінної структури, де поверхнево-активні речовини, переважно білки чи полісахариди, адсорбуються на межі повітря-вода, знижуючи поверхневий натяг і запобігаючи коалесценції дисперсної фази [2]. Особливості цього процесу включають залежність від таких чинників, як вид та концентрація поверхнево-активних речовин (ПАВ), рН, температура, спосіб оброблення (збивання, ультразвукове оброблення та інш.) [3]. Реалізація процесу піноутворення забезпечує легку текстуру, об'єм та сенсорну привабливість продуктів, але вимагає додержання технологічних параметрів для запобігання руйнуванню піни внаслідок дренажу або коалесценції [4].

Традиційно як піноутворювачі в харчових технологіях використовуються продукти тваринного походження, зокрема, яєчний білок, желатин, молочні концентрати – молочна сироватка, сухе молоко чи казеїнові фракції. Серед синтетичних чи напівсинтетичних харчових

піноутворювальних добавок найбільш поширеними є лактати (наприклад, натрію чи кальцію лактат), метилцелюлоза [2].

Проте динамічний розвиток нових харчових продуктів, який сьогодні орієнтується на принципи сталості, веганські раціони харчування та концепцію "чистої етикетки", потребує дослідження ринку функціональних інгредієнтів, включаючи альтернативні джерела сировини, що дозволяють знизити екологічне навантаження та усунути алергенні ризики [3]. У цьому контексті в останні роки увагу науковців та практиків привертають піноутворювачі рослинного походження, серед яких білки бобових у вигляді концентратів і ізолятів, які забезпечують показники піноутворювальної здатності (ПЗ) 100–400% та стійкості піни (СП) до 90% завдяки амфифільним властивостям глобулінів і альбумінів. Такі компоненти вже доступні у зручних товарних формах, таких як порошки чи емульсії для промислового застосування [4]. Особливе місце серед них посідає аквафаба – побічний продукт варіння бобових, яка демонструє піноутворювальні властивості, подібні до яєчного білка, зумовлені вмістом розчинних білків (0,95–1,50%), сапонінів та полісахаридів [5].

Поряд з цим, зацікавленість в аквафабі як ресурсоефективного інгредієнта зумовлено її доступністю, низькою енергетичною цінністю та потенціалом для заміни компонентів тваринного походження у складі меренгів, мусів, соусів для веганів з покращенням стабільності піни після ультразвукового оброблення чи введення гідроклоїдів [6]. Проте відсутні системні дані щодо піноутворювальних властивостей аквафаби у взаємозв'язку як з параметрами її одержання (співвідношення зерен до води, температура варіння), так і з подальшим використанням у складі харчової продукції [7]. Зокрема, бракує експериментальної оцінки її здатності до піноутворення в гібридних системах з іншими стабілізаторами, що ускладнює стандартизацію для промислових технологій і вимагає комплексних досліджень для оптимізації технологічних передумов створення пінних структур [5]. Процес піноутворення та формування стабільних харчових систем є складним технологічним завданням, вирішення якого є ключовою передумовою для розроблення інноваційних продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних харчових технологіях, спрямованих на створення продуктів з пінною структурою, рослинні білки набувають статусу ключових інгредієнтів завдяки їх доступності, низькій екологічній вазі та потенціалу для модифікації. Накопичено достатній досвід з використання рослинних білків, який узагальнено в роботах Д. Дж. Макклемента, Рут Намбі та інших учених

[8, 9]. Традиційні підходи до їх отримання, зокрема, лужна екстракція з подальшим осадженням, дозволяють отримувати високофункціональні ізоляти, які водночас є технологічно складними та мають значні недоліки. До основних недоліків відносять використання хімічних екстрагентів, що призводить до утворення великих обсягів промислових стічних вод, та втрату цінних біологічно активних компонентів, які містяться в сировині [8-10]. Найбільш дослідженими джерелами рослинних білків є соя, нут, горох та пшениця, які широко застосовуються як піноутворювачі, емульгатори та вологозв'язуючі компоненти [11, 12]. Дослідження зосереджено на вивченні механізмів піноутворення та стабільності пінних систем на основі білків з різних рослинних джерел. Функціональність цих білків зумовлено здатністю до швидкої адсорбції на межі розділу фаз «повітря-вода» та формуванням міцних міжфазних плівок [2-4, 12]. Дослідження демонструють, що ультразвукове оброблення, глікозилювання та високотискова гомогенізація значно посилюють функціональні властивості, але вимагають оптимізації залежно від конкретного джерела.

Білки пшениці, переважно пролін та глютелін, традиційно застосовується в хлібопекарстві, але їх піноутворювальні властивості обумовлюють перспективність їх використання для продуктів з пінною структурою. У лужному середовищі (рН вище 8,0) нативний проламін утворює стійкі піни з високим показником ПЗ, а глікозилювання з фруктозою посилює емульгувальні властивості та стійкість піни.

Білок сої, зокрема, фракції гліциніну та β -конгліциніну є еталоном серед рослинних джерел завдяки високій дослідженості в контексті харчових емульсій та пінних систем. Піни на основі білка сої мають високу стабільність, особливо після глікозилювання білку з глюкозою чи лентинаном за допомогою Майяра з використанням ультразвуку. Ультразвукове оброблення прискорює глікозилювання у 5–10 рази за температури 50–70 °С, покращує розчинність білка, підвищує ПЗ, що покращує розчинність та термічну стійкість. Недоліками у використанні білку сої є чутливість до високих температур, що призводить до агрегації молекул та зниження функціональності [14].

З огляду на екологізацію бобові є стійкою культурою з низьким водним слідом порівняно з соєю, сприяючи зменшенню вуглецевого сліду в ланцюгах постачання. Гороховий білок набирає популярності через гіпоалергенність та сталість виробництва і розглядається як веганська альтернатива молочним білкам, оскільки демонструє високі

піноутворювальні властивості та стабільність піни [15]. Однак, функціональні властивості білків бобових можуть варіювати залежно від методів екстракції та подальшого оброблення. Жорсткі методи екстракції знижують розчинність нативного білка (до 75% нерозчинних фракцій), що обмежує ПЗ при нейтральному рН, оптимальні показники досягаються лише в кислому середовищі.

Білок переважно у формі ізолятів чи концентратів характеризується помірною ПЗ у діапазоні 30–47% для борошна та до 228% для знежиреного нутового борошна, з високою СП (>91,8% після 2 годин зберігання) в широкому температурному діапазоні (25–40°C) [16]. Недоліками є чутливість до методів сушіння та менша дослідженість порівняно з соєю.

Однак, з огляду на стале виробництво та мінімізацію відходів сучасні дослідження зосереджено на альтернативних джерелах, що не потребують глибокого перероблення. У цьому контексті аквафаба, як побічний продукт варіння бобових культур, виявляє високий функціональний потенціал у харчових системах завдяки комплексним емульгувальним, піноутворювальним та гелеутворювальним властивостям. Аквафаба містить 5–8% сухих речовин, включаючи низькомолекулярні білки, вуглеводи, сапоніни та фенольні сполуки, демонструє здатність утворювати піни, емульсії та гелі [4, 5, 7, 17].

Накопичений науковий досвід базується на багатьох дослідженнях; вперше дане питання висвітлено в роботах Жоеля Росселя [18], в яких наведено результати технологічних відпрацювань. Одержані результати свідчать про мультифункціональність аквафаби, але також підкреслюють необхідність оптимізації параметрів виготовлення для подолання обмежень. Авторами [19] детально досліджено процес формування стійких емульсійних систем на основі аквафаби. У роботі [20] обґрунтовано технологічні параметри, які забезпечують раціональні показники структурної стабільності продуктів з гетерогенною структурою з використанням аквафаби горохової. Згідно з останніми публікаціями, піноутворювальні властивості аквафаби залежать від низки чинників, включаючи концентрацію білків та вуглеводів, рН середовища, а також умови отримання (гідромодуль, тривалість та температура варіння) [3, 4–7, 12, 13]. Проте попри зростаючий інтерес, більшість наявних досліджень зосереджено на аквафабі, яку отримано з комерційних консервованих бобових [21, 22]. Наразі бракує детальних наукових даних щодо функціонально-технологічних властивостей аквафаби, що

накопичується під час технологічного процесу приготування бобових, та її впливу на формування пінних систем.

Мета статті. Метою досліджень, наведених в даній статті, є вивчення впливу технологічних чинників (масова частка сухих речовин, рН харчових систем, наявність стабілізаторів пінної структури) на піноутворення харчових систем на основі аквафаби як передумова щодо визначення технологічних принципів її використання у складі харчової продукції.

Матеріали та методи. У дослідженні використано зразки аквафаби, яку одержували під час варіння зерен нуту (тип «Кабулі», сорт «Розанна», регіон вирощування Полтавська область, Україна, врожай 2024 року).

Для визначення ПЗ та СП використано метод Ванга [23], СП визначали через 30 хв. після приготування. Масову частку сухих речовин в аквафабі визначали рефрактометричним методом згідно з ДСТУ 8402:2015 [24] на автоматичному рефрактометрі Abbemat 200, на програмі Vgix. Значення рН харчових систем вимірювали за стандартною методикою, шляхом занурення електродів рН-метра іонометра в суміш за температури 19,5–20,5 °С. Масову частку білка в зразках аквафаби кількісно визначали за допомогою спектрометрії. УФ-поглинання вимірювали за 540 нм на спектрометрі UV-1200. Як контрольний білок використовували бичачий сироватковий альбумін [25]. Масову частку вуглеводів в аквафабі визначали поляриметричним методом, масову частку золи – шляхом спалювання наважки зразка в муфельній печі за температури 525–575 °С згідно з ДСТУ ISO 928 [26].

Аквафабу нутову отримували шляхом варіння зерен нуту основним способом у наплитному посуді. Зерна нуту перебирали, пошкоджені зерна видаляли, залишаючи візуально однакові за розміром і формою. Гідромеханічне оброблення здійснювали шляхом замочування зерен нуту у воді питній протягом (7,0–8,0)·60² с за температури 15–18 °С. Гідротермічне оброблення регідратованих зерен нуту здійснювали за температури 98–100 °С протягом (60–70)·60 с. Після цього аквафабу зливали, проціджували та використовували для подальших досліджень після остигання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Передумовою створення науково обґрунтованих рекомендацій для використання аквафаби нутової у виробництві харчової продукції з пінною структурою є керований процес піноутворення та забезпечення СП, що можливо за визначеного впливу технологічних чинників на піноутворення. Піноутворювальні властивості аквафаби в основному

пов'язано з вмістом білків з низькою молекулярною масою, особливо альбуміну, полісахаридів і сапоніну. Дослідження загального хімічного складу аквафаби нутової показало, що за визначених параметрів гідротермічного оброблення масова частка сухих речовин складає $5,1 \pm 0,2\%$. При цьому масова частка білка дорівнює $1,2 \pm 0,1\%$, вуглеводів – $3,1 \pm 0,1\%$, мінеральних речовин – $0,77 \pm 0,10\%$. За реалізації типових параметрів термооброблення у складі аквафабри нутової накопичуються сухі речовини в інтервалі 4,3-5,3%, проте доцільність визначення закономірностей формування пінних систем залежно від масової частки сухих речовин спонукала до одержання аквафаби з різним вмістом сухих речовин. Зокрема, для дослідження використано аквафабу (рис. 1) з масовою часткою сухих речовин від $2,0 \pm 0,1\%$, до $7,0 \pm 0,1\%$.

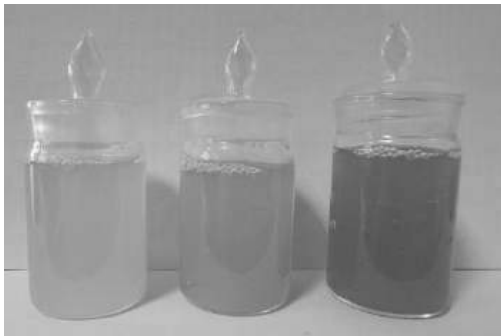


Рис. 1. Зовнішній вигляд аквафаби нутової з різним вмістом сухих речовин (зліва направо – $2,0 \pm 0,1\%$; $4,3 \pm 0,1\%$; $7,0 \pm 0,2\%$)

Досліджено залежність піноутворювальної здатності та стійкість піни аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин в аквафабі та рН системи (рис. 2, 3).

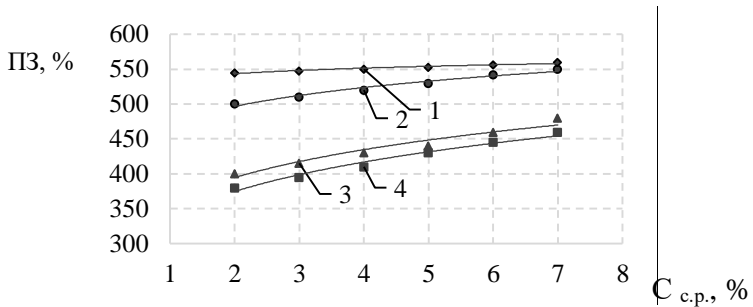


Рис. 2. Піноутворювальна здатність (ПЗ,%) аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин (C_{с.р.}, %) за рН систем: 1– 4,0; 2 – 5,5; 3 – 6,7; 4 – 7,5

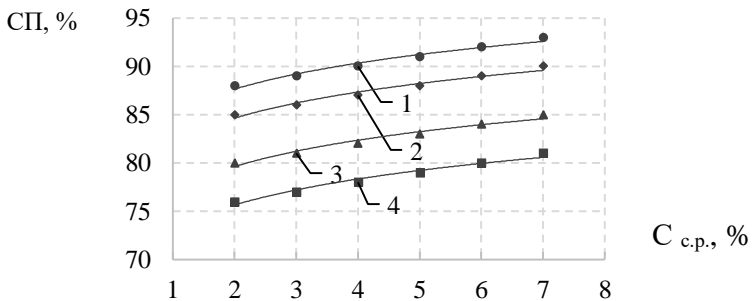


Рис. 3. Стійкість піни (СП, %) аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин (C_{с.р.}, %) за рН систем: 1– 4,0; 2 – 5,5; 3 – 6,7; 4 – 7,5

Одержані результати дослідження ПЗ та СП пін на основі аквафаби нутової за різного вмісту сухих речовин та рН систем дозволяють сформулювати загальні рекомендації щодо можливості використання аквафаби нутової як ефективного піноутворювача у складі харчової продукції. Проте, незважаючи на те, що у визначеному діапазоні концентрацій сухих речовин в аквафабі системи мають достатньо високі значення ПЗ та СП, вони за текстурними ознаками є легкі, не міцні, пухкі, що недоцільно використовувати у складі харчової продукції. Проведено дослідження щодо можливості забезпечення більш високих значень ПЗ та СП (рис.4) та зміни їх текстурних характеристик за рахунок введення гідроколоїдів (камедь ксантанова), які додатково зможуть зв'язувати вільну вологу та підвищувати в'язкість системи.

Під час пошукових досліджень такими були камідь ксантану за концентрації 0,1-0,3%. Встановлено, що за використання гідроколоїду пінні системи характеризуються декілька меншою ПЗ (на 3-5%) порівняно з контролем, проте їх СП суттєво підвищується і коливалась в діапазоні 85-97%. За цих умов пінні системи набувають міцності, вершковості, що може бути використано як базова текстура широкого асортименту харчової продукції.

Проведені дослідження характеризують закономірності утворення тільки модельних систем. Під час створення реальних харчових продуктів до їх складу прогнозується введення інших інгредієнтів – подрібнені бобові, овочеві, плодово-ягідні наповнювачі та інші компоненти.

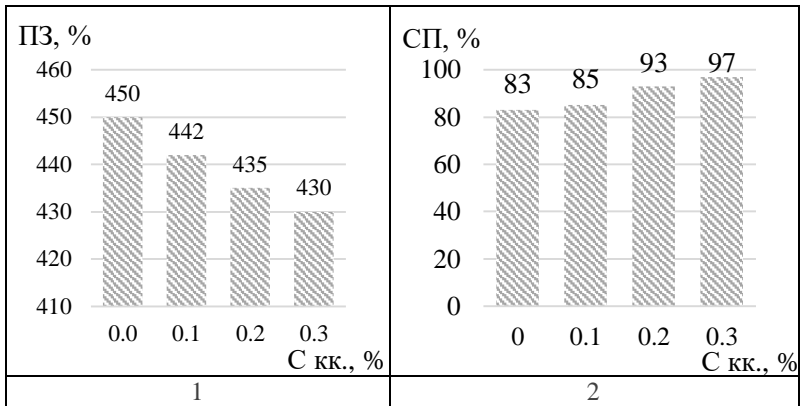


Рис. 4. Піноутворювальна здатність (ПЗ,%) – (1) та СП (СП,%) – 2 аквафаби нутової ($S_{c,p}=5,1\pm 0,2\%$) залежно від масової частки каміді ксантану (С кк) за рН 6,7

Зрозуміло, що залежно від рецептурного складу продукції, фізичних (щільність, розмірні характеристики часточок сировини) та фізико-хімічних (масова частка сухих речовин, рН, в'язкість, вологов'язувальна та/ чи вологовиділяюча здатність та інші) показників окремих інгредієнтів можуть змінюватися порядок введення інгредієнтів, параметри піноутворення, масова частка стабілізаторів. Тож остаточне розроблення харчової продукції з пінною структурою на основі аквафаби нутової потребує подальших досліджень з урахуванням конкретизації харчової продукції, яку буде розроблено.

На підставі проведених досліджень розроблено модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою (рис. 5). Вона передбачає механічне кулінарне оброблення

зерен нуту, яке полягає в промиванні та замочуванні. Надалі продукт необхідно піддати гідротермічному оброблянню з одержанням відварених зерен нуту та аквафаби нутової. Зерна нуту потребують подрібнення з одержанням тонкодисперсної пореподібної маси. Аквафаба нутова взбивається за додавання стабілізаторів пінних систем. Це дозволить одержати стійку піну з визначеними текстурними характеристиками. Надалі подрібнені зерна нуту можуть з'єднувати з іншими рецептурними компонентами, наприклад, овочевими пюре, м'ясними наповнювачами, до них може додаватися збита аквафаба. Система підлягає перемішуванню з можливістю додаткового термооброблення чи дозування, фасування і реалізації. Проте це принципова технологічна схема (рис. 5), яка більшою мірою визначає послідовність технологічних операцій, не визначаючи конкретні технологічні параметри та рецептурні компоненти.

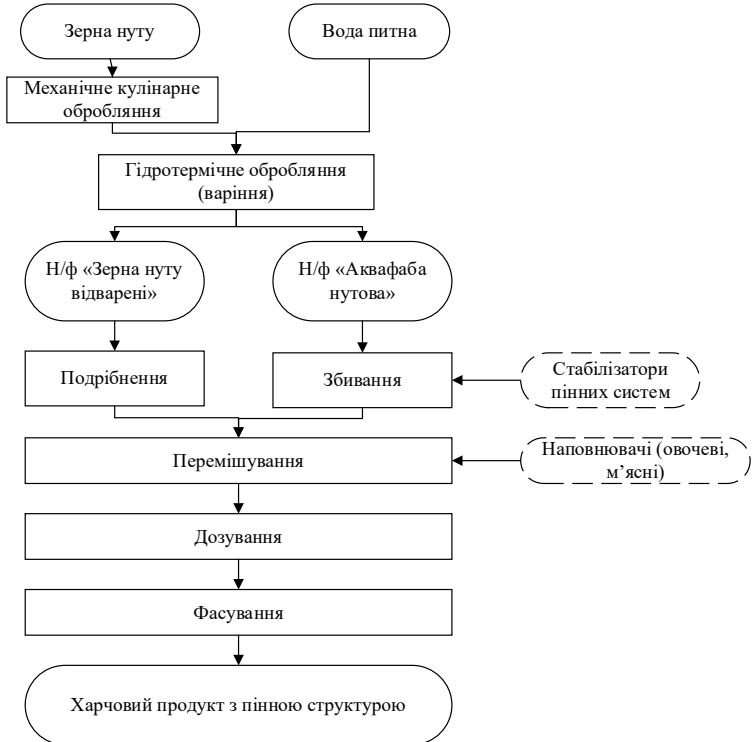


Рис. 5. Модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою (закусочна продукція)

Висновки. Комплексними дослідженнями із застосуванням фізико-хімічних методів визначено вплив технологічних чинників на процес піноутворення та стійкість піни на основі аквафаби. Досліджено загальний хімічний склад аквафаби нутової, за типових параметрів гідротермічного оброблення. Доведено можливість і доцільність використання аквафаби нутової як ефективного піноутворювача у складі харчової продукції.

Досліджено залежність піноутворювальної здатності та стійкість піни харчових систем на основі аквафаби нутової залежно від вмісту сухих речовин в аквафабі, рН системи та наявності стабілізаторів пінної структури. У визначеному діапазоні концентрацій сухих речовин в аквафабі нутової системи характеризуються достатньо високими значеннями показників піноутворювальної здатності та стійкості піни, проте за текстурними ознаками піни є легкими не міцними, пухкими, що зумовлює недоцільність використання їх у складі харчової продукції. Більш високих значень стійкості пінних систем (93–95%) на основі аквафаби нутової та зміни їх текстурних характеристик досягнуто за рахунок введення гідрокоолідів – камідь ксантану у концентрації 0,1-0,3% які надали їм іншої щільної текстури, пінні системи набули міцності, вершковості, що є придатним для харчової продукції.

Сформульовано загальні рекомендації щодо можливості використання аквафаби нутової як ефективного піноутворювача у складі харчової продукції. Розроблено модель технологічної схеми виробництва харчової продукції з пінною структурою з використанням подрібнених зерен нуту, овочів та інших компонентів.

Список джерел інформації / References

1. Li, J. Soy protein isolate: an overview on foaming properties and air–liquid interface / J. Li, X. Yang, M. S. Swallah [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 57, iss. 1. P. 188–200. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15390>
2. Dickinson, E. Structuring edible oils using different foaming methods: the role of aquafaba in chickpea protein-based oleogels / E. Dickinson, A. B. McClements // eScholarship. 2024. 104 p. URL: https://escholarship.org/content/qt1k1385h7/qt1k1385h7_noSplash_96097d0dedf7f237d5af5b242b65baf4.pdf?t=srxkte
3. Mustafa, R. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology: Aquafaba / R. Mustafa, M. J. T. Reaney // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. Vol. 62, iss. 16. P. 4360–4380. DOI: 10.1080/10408398.2021.2002259

4. Stasiak, J. The Potential of aquafaba as a structure-shaping additive in plant-derived food technology / J. Stasiak, D.M Stasiak, J. Libera // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, iss. 7. Art. no. 4122. DOI: 10.3390/app13074122.

5. Barros, M., Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics / M. Barros, B., Holanda, G.S., Raposo, A. et al. // *J Food Sci Technol*. 2024. Vol. 61. P. 1439–1456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05920-y>

6. Mehren, L. Foaming properties and olfactory profile of fermented chickpea aquafaba and its application in vegan chocolate mousse / L. Mehren, L. Elliger, H. May, A. Schieber, N.Schulze-Kaysers // *Current Research in Food Science*. – 2025. – Vol. 10. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crf.2025.100988>

7. Agregán, R., Opportunities and challenges of egg substitutes: aquafaba as a foaming and emulsifying agent / R. Agregán, L. Rötter, J.M. Lorenzo, et al. // *Discover Food*. 2025. Vol. 5. Art. no. 00335. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00335-4>

8. McClements, D. J., A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods / McClements, D.J., Grossmann, L. // *Sci Food* 5, 17 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00099-y>

9. Nambi, N. R. Food Technology: Innovations in Plant-Based Protein Sources / N. R. Nambi // *IAA Journal of Biological Sciences* 13(2):182-189, 2025 ISSN:2636-7254 – DOI <https://doi.org/10.59298/IAAJB/2025/132182189>

10. Anyiam, P. N., Potential plant proteins for functional food ingredients: Composition, utilization and its challenges / P. N. Anyiam, S.Phongthai, L. Grossmann, et. all // *NFS Journal*, Volume 38, 2025, 100216, ISSN 2352-3646, – DOI <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2025.100216>.

11. Arora, S. Comprehensive review on the role of plant protein as a possible meat analogue: framing the future of meat / S. Arora, P. Kataria // *ACS Omega*. – 2023. – Vol. 8, iss. 27. – DOI: 10.1021/acsomega.3c01373

12. Buhl, T. F, Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: protein composition and functional behavior / Tina F. Buhl, Claus H. Christensen // *Food Hydrocolloids*. – 2019. – Vol. 96. – P. 215–222. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>

13. Crawford, K., Evaluation of processing conditions and hydrocolloid addition on functional properties of aquafaba / K. Crawford, C. Tyl // *Foods* – 2023. Vol. 4, iss. 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12040775>.

14. Wen K., Effect of Mono- and Polysaccharide on the Structure and Property of Soy Protein Isolate during Maillard Reaction / K. Wen, Q. Zhang, J. Xie et. all // *Foods* . 2024. Vol. 13, iss. 17. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13172832>

15. Moll, P., Homogenization improves foaming properties of insoluble pea proteins / P. Moll, H. Salminen, E. Griesshaber, et al. // *Food engineering, materials science, & nanotechnology*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16320>

16. Wani, S. A., Comparative study of chickpea and green pea flour based on chemical composition, functional and pasting properties / S. A. Wani, P. Kumar // *National Conference on Innovative Techniques in the Development of Functional*

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Foods and Nutraceuticals (NCCFN-14), Department of Food Engg. & Technology Sant Longowal Institute of Engg. & Tech. 2024. DOI: 10.13140/2.1.3470.4964

17. Qiu, H. Effects of Ultrasonic Treatment on the Structure, Functional Properties of Chickpea Protein Isolate and Its Digestibility In Vitro / H. Qiu, J. Zhang, X. Guo [et al.] // Foods. 2022. Vol. 11, iss. 6. Art. no. 880. DOI: 10.3390/foods11060880.

18. Roessel, J. Révolution végétale 2014. – URL: <http://www.revolutionvegetale.com/>

19. Dehtiar, V. Influence of Oil Content and Different Stabilizers on Microstructure and Rheological Characteristics of Food Emulsions Based on Beans Aquafaba / V. Dehtiar, A. Radchenko, O. Hrynchenko [et al.] // Engineering Proceedings. – 2025. <https://doi.org/10.3390/engproc2025087111>

20. Hrynchenko, O. Development of technology for food products with emulsion structure based on pea groats and pea aquafaba / O. Hrynchenko, A. Radchenko, V. Dehtiar [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 1/13 (133). P. 6–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323339.

21. Sachko, A., Canned beans aquafaba as an egg white substitute in the technology of low-fat mayonnaise / A. Sachko, O.Sema [et al.] // Eng. Proc. 2023, 56, 206. <https://doi.org/10.3390/ASEC2023-16291>

22. Shim, Y.Y., Composition and properties of aquafaba: water recovered from commercially canned chickpeas / Y.Y. Shim et al. // Journal of Visualized Experiments, No 134. 2018. DOI: 10.3791/56305

23. Wang, Y. Effects of combined treatment with ultrasound and pH shifting on foaming properties of chickpea protein isolate / Y. Wang, S. Wang, R. Li [et al.] // Food Hydrocolloids. 2022. Vol. 124. Art. no. 107351. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107351.

24. ДСТУ 8402:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначання вмісту розчинних сухих речовин. Чинний від 2015-08-21. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 9 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82515

25. Gornall, A. G. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction / A. G. Gornall, C. J. Bardawill, M. M. David // Journal of Biological Chemistry. 1949. Vol. 177, iss. 2. P. 751–766. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)57021-6.

26. ДСТУ ISO 928:2015 Прянощі та приправи. Визначення загального вмісту золи (ISO 928:1997, IDT). Чинний від 2016-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с.

Лазурко Євген, здобувач ступеню доктор філософії, кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, euulazurko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7738-8919>

Yevhen Lazurko, PhD candidate, Department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, euulazurko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7738-8919>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2025. Вип. 2 (38). ISSN: 2312-3990X (Print) 2519-2922 (Online)

Радченко Анна Едуардівна, к.т.н., доцентка, доцентка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, gasanova.anna.edyardovna@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7101-6208>

Radchenko Anna, PhD, ass. professor, ass. professor of the department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, gasanova.anna.edyardovna@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7101-6208>

Гринченко Ольга Олексіївна, д-р техн. наук, професорка, завідувачка кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, grinoly@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-5502>

Hrynchenko Olha, doctor of technical sciences, professor, head of the department of food technology in the restaurant industry, State Biotechnological University, grinoly@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-5502>

Прийнято 18.11.2025 р. Оприлюднено 01.12.2025р.

УДК 664.7:637.1/.12

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-38-2-19>

ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ В ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ МОЛОЧНИХ ТА ВЕРШКОВИХ

А.М. Діхтярь, О.О. Гринченко

Досліджено технологічний потенціал модифікованих крохмалів для виробництва молочних та вершкових соусів. Встановлено, що вони забезпечують створення стабільних харчових систем з контрольованими реологічними властивостями неньютонівського типу. Мікроскопічні дослідження підтвердили збереження цілісності крохмальних зерен за впливу технологічних чинників. Отримані дисперсії характеризуються оптимальною вершковою текстурою та плинністю, що підтверджує перспективність використання модифікованих крохмалів для розробки інноваційних продуктів.

Ключові слова: модифіковані крохмалі, молочні та вершкові соуси, емульсія, реологічні властивості, термостабільність, структуроутворення.