

DOI: 10.31617/2.2023(46)11
УДК 664.34:641.1]:663.911

Олена ГРАБОВСЬКА

д. т. н., професор, професор кафедри технології і організації ресторанного господарства Державного торговельно-економічного університету

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
o.hrabovska@knute.edu.ua

Аліна АВРАМЕНКО

аспірант Національного університету харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, 02033, Україна
aad.27077@gmail.com

**МАЙОНЕЗНИЙ СОУС
НА ОСНОВІ АКВАФАБИ
З ІНКАПСУЛЬОВАНИМ
КВЕРЦЕТИНОМ**

Вступ. Важливість збереження здоров'я населення в умовах складної економічної й екологічної ситуації зумовлює необхідність нових підходів до розроблення технологій харчових продуктів, збагачених біологічно активними речовинами.

Проблема. Перспективним напрямом наукових досліджень щодо розвитку і впровадження на вітчизняний ринок технологій якісних низькокалорійних емульсійних соусів є заміна традиційних яєчних продуктів на аквафабу – рідину від варіння бобових і використання природних біологічно активних речовин (БАР) в інкапсульованій формі. Пошук матеріалів для інкапсулювання з метою збереження БАР і дослідження технологій використання отриманих порошків задля збагачення харчових продуктів є актуальним завданням.

Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення технології низькокалорійного майонезного соусу підвищеної біологічної цінності на основі модифікованого резистентного крохмалю з кверцетином і аквафаби.

Методи. Для дослідження властивостей пористого крохмалю з кверцетином використано методи рентгенофазового аналізу, скануючої електронної мікроскопії. Стійкість емульсії, загальний хімічний, амінокислотний склад і органолептичні показники визначено загальноприйнятими методами.

Olena HRABOVSKA

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Technologies and Organization of the Restaurant Business of the State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 0000-0001-6462-3790

Alina AVRAMENKO

Postgraduate student at the National University of Food Technologies
68, Volodymyrska St., Kyiv, 02033, Ukraine
ORCID: 000-0002-8546-8950

**MAYONNAISE SAUCE
BASED ON AQUAFABA
WITH ENCAPSULATED
QUERCETIN**

Introduction. The importance of preserving the health of the population in the conditions of a difficult economic and ecological situation determines the need for new approaches to the development of technologies for food products enriched with biologically active substances.

Problem. A promising direction of scientific research on the development and introduction of high-quality low-calorie emulsion sauce technologies into the domestic market is the replacement of traditional egg products with aquafaba – the liquid from cooking legumes, and the use of natural biologically active substances (BAS) in an encapsulated form. The search for materials for encapsulation in order to preserve BAS and the research of technologies for the use of the obtained powders for the enrichment of food products is an urgent task.

The aim of the work is to scientifically justify and develop the technology of low-calorie mayonnaise sauce of increased biological value based on modified resistant starch with quercetin and aquafaba.

Methods. X-ray phase analysis, scanning electron microscopy methods were used to study the properties of porous starch with quercetin. Emulsion stability, general chemical, amino acid composition and organoleptic indicators were determined using generally accepted methods.



Результати дослідження. На підставі попередніх досліджень розроблено спосіб отримання пористого резистентного крохмалю з інкапсульованим кверцетином, на основі якого й аквафаби створено технологію низькокалорійного майонезного соусу. Для отримання стабільної емульсії майонезного соусу встановлено раціональне співвідношення аквафаби і соняшникової олії як 40–60 до 40 відповідно. Розроблено рецептуру емульсійного низькокалорійного соусу "Аквафаба", визначено його хімічний склад та енергетичну цінність. Доведено, що завдяки використанню рослинних білків бобових розроблений соус характеризується підвищеним вмістом усіх амінокислот у порівнянні з контролем, у тому числі незамінних, а також підвищеним вмістом вітамінів: С, А, групи В, Р (кверцетину).

Висновки. Обґрунтовано ресурсощадну технологію низькокалорійного майонезного соусу підвищеної біологічної цінності із заміною яєчних білків на аквафабу – рідину від варіння бобових і з додаванням резистентного пористого крохмалю з кверцетином.

Ключові слова: майонезний соус, модифікований крохмаль, резистентність, інкапсульовання, аквафаба, кверцетин, біологічна цінність.

Results. On the basis of previous studies, a method of obtaining porous resistant starch with encapsulated quercetin was developed. On the basis of this starch and Aquafaba, the technology of low-calorie mayonnaise sauce was developed. To obtain a stable emulsion of mayonnaise sauce, the rational ratio of aquafaba and sunflower oil was set as 40–60 to 40, respectively. The formulation of emulsion low-calorie sauce "Aquafaba" was developed, its chemical composition and energy value were determined. It has been proven that due to the use of vegetable proteins of legumes, the developed sauce is characterized by an increased content of all amino acids compared to the control, including essential ones, as well as an increased content of vitamins: C, A, group B, P (quercetin).

Conclusions. The resource-saving technology for a low-calorie mayonnaise sauce of increased biological value with the replacement of egg whites with aquafaba – the liquid from cooking legumes – and with the addition of resistant porous starch with quercetin is substantiated.

Keywords: mayonnaise sauce, modified starch, resistance, encapsulation, aquafaba, quercetin, biological value.

Вступ. Важливість збереження здоров'я населення в умовах складної економічної й екологічної ситуації зумовлює необхідність розроблення технологій харчових продуктів нового покоління, які мають не тільки забезпечувати організм людини основними поживними речовинами та енергією, але й виконувати профілактичні й оздоровчі функції. Вживання рафінованої їжі, що не містить вітамінів та інших макро- і мікронутрієнтів, та продуктів з різними харчовими добавками призводить до виникнення розладів травлення і так званих харчових дефіцитів. Саме тому одним із завдань харчової науки є розроблення технологій харчових продуктів, збагачених біологічно активними речовинами природного походження.

Проблема. Для збагачення харчових продуктів біологічно активними речовинами (БАР) часто використовують рослинну сировину, екстракти, концентрати лікарських рослин, фруктові порошки тощо. Проте в ході технологічного процесу корисні речовини часто руйнуються або втрачають біологічну активність. Перспективним способом збереження БАР є включення їх у захисні мікрокапсули з нейтральних високополімерів природного походження [1]. Як нейтральні носії для БАР використовують модифіковані види крохмалю, отримані цілеспрямованою зміною його структури, які також виявляють резистентність до

дії ферментів шлунково-кишкового тракту. Застосовують такий модифікований крохмаль у технологіях харчових продуктів з метою їх збагачення, надання структури і певних функціональних властивостей [2].

До особливої групи харчових продуктів належать соуси. При виготовленні низькожирних майонезів задля коригування насиченого вершкового смаку використовують гідроколоїди (імітатори жиру рослинного походження), а для часткової заміни жирів – модифіковані види крохмалю з властивостями емульгаторів, наповнювачів, згущувачів [3].

Одним із напрямів створення харчової продукції оздоровчо-профілактичного призначення є виключення алергенів, білків тваринного походження, зокрема вилучення з рецептур продуктів яєць, здатних викликати серйозні реакції, особливо у дітей [4]. Саме тому актуальним є розроблення технології майонезного соусу на рослинній сировині.

Попит на низькокалорійні види майонезу зростає, а асортимент соусів, збагачених БАР, взагалі дуже обмежений. Розширити асортимент соусів можна заміною яєчної сировини на рослинний емульгатор "аквафабу" (латиною *aqua* – вода, *faba* – боби) – відвар плодів бобових культур. Через високий вміст білків, крохмалю, сапонінів та інших органічних речовин, які переходять частково у варильну воду, аквафабу використовують у кулінарній практиці як емульгатор і стабілізатор піни замість яєчного білка [5].

На підставі викладеного вище, вважаємо, що розроблення технології низькокалорійного майонезного соусу на основі аквафаби і модифікованого резистентного крохмалю, збагаченого кверцетином, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз ринку України показав, що основні зусилля виробників спрямовані на покращення смакових властивостей майонезу. Низькокалорійні соуси відрізняються додаванням смако-ароматичних добавок, спецій, зелені тощо. У науковій літературі висвітлено технології майонезних соусів з використанням різних видів олій та їхніх купажів, соєвих білково-ліпідних концентратів, сухих молочних продуктів, підсолоджувальних речовин, рослинних гідроколоїдів [6–8]. Емульсійні жирові продукти (зокрема майонези та соуси), збагачені біологічно активними речовинами, на ринку країни відсутні.

Крім традиційних компонентів до складу майонезу входять зазвичай харчові добавки – емульгатори, стабілізатори, структуроутворювачі, підсилювачі смаку й аромату, які створюють необхідну консистенцію, надають стійкості емульсії, різного смаку, аромату [9].

При виробництві майонезу найчастіше застосовують різні комбінації емульгаторів, що виявляють синергічний ефект і дають змогу за менших витрат отримувати високостійкі емульсії. Як основні емульгуювальні компоненти використовують яєчний порошок і молочні продукти [10; 11].

У технології майонезної продукції часто застосовують рослинні білки, найчастіше соєві, які виконують функції емульгаторів. На сьогодні

альтернативою яєчного білка є аквафаба – ідеальний варіант для тих, кому не можна вживати яєць. Страви, приготовлені з використанням аквафаби, майже не відрізняються на смак від тих, де додаються яйця [12]. У промисловому виробництві бобових аквафаба є фактично відходом, тому перспективним є розроблення соусної продукції з використанням аквафаби як емульгатора і структуроутворювача [13].

Модифікований крохмаль може слугувати захисним матеріалом для біологічно активних речовин, вилучених з рослинної сировини. Утворення пористого крохмалю може відбуватися в результаті льодоутворення в клейстерах. Такий вид крохмалю подібний до мікрокапсули, що вміщує та зберігає активні речовини [14].

Зважаючи на світові тенденції щодо покращення здоров'я населення, актуальність застосування препаратів з рослинної сировини все більше зростає. Перевагою їх є низька токсичність та можливість довготривалого використання без ризику виникнення побічних ефектів [15].

Особливу зацікавленість науковців викликають флавоноїди, які містяться майже у всіх рослинах і виявляють різнопланову біологічну активність. Як лікарські засоби практичне застосування мають флавоноли рутин та кверцетин, які належать до групи вітаміну Р [16–18].

Як нейтральний носій для кверцетину і з метою його захисту від навколишнього середовища пористий модифікований крохмаль вирішено використати завдяки фізіологічним перевагам і унікальним функціональним властивостям, які неможливо отримати за допомогою традиційних нерозчинних харчових волокон, також він покращує колір і смак деяких продуктів [19].

Мета роботи – наукове обґрунтування та розроблення технології низькокалорійного майонезного соусу підвищеної біологічної цінності на основі модифікованого резистентного крохмалю з кверцетином і аквафаби.

Методи. Предметами дослідження є кукурудзяний крохмаль (ДСТУ 3976-2000); кверцетин фірми *Fengchen group* (Китай); олія соняшникова (ДСТУ 4492-2005); гірчиця харчова (ДСТУ 1052:2005); пористий резистентний крохмаль з кверцетином, приготовлений за модифікованою методикою; аквафаба; низькокалорійний майонезний соус. Як контроль обрано традиційний майонезний соус жирністю 40 %, отриманий за базовою рецептурою.

Приготування аквафаби. Білу квасолю або нут замочували на 2–3 год, воду зливали і додавали свіжу при дотриманні співвідношення квасолі до води як 1.5 : 3.5 і варили протягом 60–90 хв. Відціджену рідину (аквафабу) охолоджували до температури 22–25 °С.

Приготування пористого крохмалю з кверцетином. Використано методикою [7], модифіковану авторами. Підготовлену суспензію кукурудзяного крохмалю концентрацією 10 % клейстеризували нагріванням

у мікрохвильовій печі протягом 5 хв на середній потужності, додавали порошок кверцетину з розрахунку 1 г на 100 г клейстеру і витримували при нагріванні протягом 5 хв для рівномірного розподілу порошку, уникаючи при цьому утворення плівки на поверхні. Далі крохмальний клейстер заморожували за температури мінус 15–18 °С протягом 12–24 год. Швидке відтавання замороженої маси відбувалося протягом декількох годин за температури 30–35 °С. Потім віджимали воду від губчастої структури крохмалю, зневоднювали за допомогою етанолу, висушували конвективним способом за температури 45 °С, подрібнювали і просіювали.

Визначення резистентності. До 2 г досліджуваного пористого крохмалю додавали 10 см³ дистильованої води і 10 см³ розчину препарату "Панкреатин" (готували 100 см³ розчину, що відповідає 4500 амілолітичним одиницям активності), витримували зразки на водяній бані за температури 37 °С протягом 60 хв. Потім відокремлювали рідку фазу від крохмалю, відбирали 1 см³ фільтрату і визначали вміст редукувальних речовин (РР) в перерахунку на глюкозу за допомогою кольорової реакції з 3,5-динітросаліциловою кислотою, для чого використовували калібрувальний графік [20].

Рентгенофазовий аналіз (РФА) вихідних форм кукурудзяного крохмалю, кверцетину й одержаного продукту проведено на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-М1 з двома щілинами Солера з фільтрованим СоК_α-випромінюванням за швидкості зйомки 1°/хв [21].

Отриманий крохмаль досліджено за допомогою скануючого електронного мікроскопа *LEO 1420* (Німеччина).

Визначення вмісту амінокислот у майонезному соусі проведено в лабораторії Інституту продовольчих ресурсів НААН України (м. Київ).

Майонезний соус отримано емульгуванням за допомогою лабораторного верхньоприводного міксера *ULAB US-2000A*.

Стійкість емульсії визначено за ДСТУ 4560:2006.

Загальний хімічний склад і енергетичну цінність досліджуваних майонезних соусів встановлено за стандартними методиками, амінокислотний склад – аналітичним методом [22].

Органолептичну оцінку якості зразків досліджено методом профільного аналізу з оцінкою інтенсивності окремих ознак за 5-бальною шкалою і побудовою багатокутників якості (ДСТУ ISO 11035:2005).

Результати дослідження. *Дослідження структури та властивостей пористого крохмалю з кверцетином.* Для отримання пористого крохмалю використано інформацію про те [23], що при глибокому заморожуванні крохмальних клейстерів утворення кристалів льоду викликає ущільнення полісахаридних ланцюгів (ретроградації) та утворення внутрішніх каналів. При розморожуванні клейстеру відбувається синерезис води з крохмального гелю. Поєднання стадій заморожування – відтавання

приводить до утворення резистентного крохмалю. Від концентрації крохмального клейстеру залежить утворення пор різного розміру, в нашому досліді використано 10-процентний клейстер. Передбачається, що завдяки пористій структурі такий модифікований крохмаль може адсорбувати низькомолекулярні БАР, що узгоджується з даними наукових джерел [24]. Збагачення майонезного соусу, на наш погляд, є доцільним, тому для інкапсулювання використано флавонол кверцетин.

Досліджено зразок пористого крохмалю з кверцетином (рис. 1).

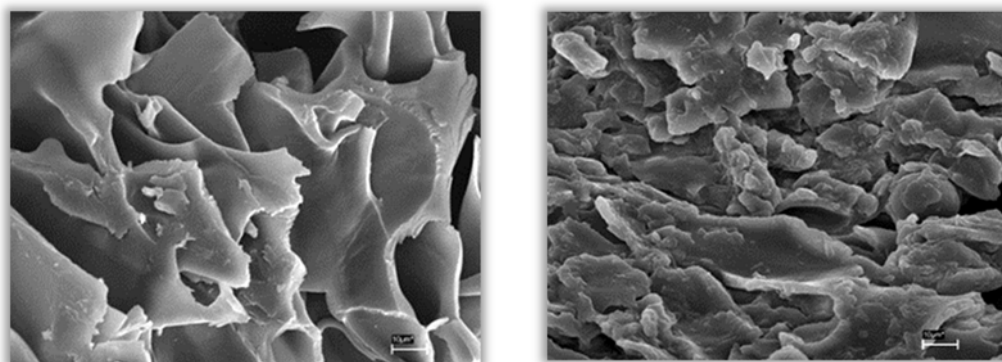
*a**б*

Рис. 1. Мікрофотографії зрізів пористого крохмалю на скануючому електронному мікроскопі:
a – поперечний зріз; *б* – поздовжній зріз

Отримані зображення дають уявлення про характер внутрішньої структури крохмального клейстеру. Оскільки створення нового виду крохмалю відбувається після клейстеризації, то ця структура може бути частково збережена після заморожування – розморожування крохмальних клейстерів.

Модифікований крохмаль, крім того, має відігравати роль не лише гідрофільного носія для кверцетину, але й наповнювача, стабілізатора емульсії, при цьому не впливаючи на глікемічний індекс продукту. Обраний нами пористий крохмаль виявляє властивості резистентного крохмалю. Це пов'язано з тим, що при заморожуванні та відтаванні крохмальних клейстерів відбувається часткова ретроградація полісахаридів з утворенням більш щільної структури, що не піддається дії ферментів шлунково-кишкового тракту.

Концентрація клейстеру впливає на льодоутворення в системі, оскільки спочатку замерзає вільна вода, а потім зв'язана полісахаридами крохмалю, і в структурі ретроградованого крохмалю змінюються розміри пор та його сорбційні властивості. Результати дослідження резистентності кукурудзяного нативного і модифікованого крохмалю наведено на (рис. 2).

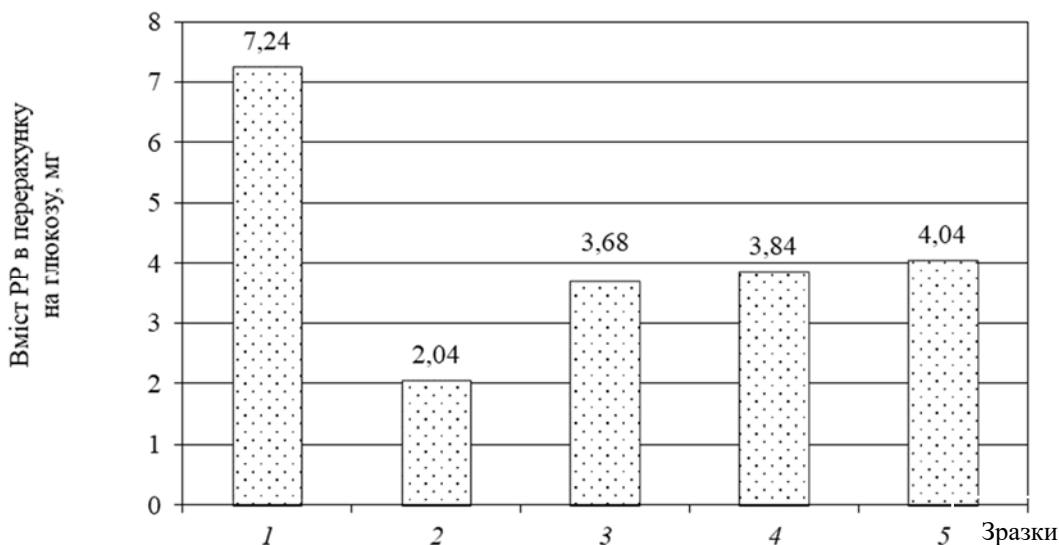


Рис. 2. Вміст РР (у перерахунку на глюкозу), що утворилися при гідролізі кукурудзяного крохмалю:
1 – нативного; 2–5 – модифікованого з клейстеру концентрацією, %:
2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20

Одержані результати показують, що модифікований крохмаль має більшу стійкість до ферментативного гідролізу, ніж нативний. Зі зростанням концентрації крохмального клейстеру зменшується його стійкість до дії ферментів, оскільки при гідролізі утворюється більша кількість редукувальних речовин. Модифіковані крохмалі, отримані з 5-відсоткових клейстерів, мають більший розмір пор, а з підвищенням концентрації клейстерів розмір пор зменшується. Нами обрано для використання у технології майонезного соусу пористий крохмаль, одержаний з клейстеру концентрацією 10 %, ступінь резистентності якого становить близько 60 %. Отже, використання в харчових продуктах пористого резистентного крохмалю з кверцетином дасть змогу збагатити продукти кверцетином, при цьому більша частина крохмалю не буде брати участь у метаболізмі й буде виведена з організму.

Рентгенофазовий аналіз (РФА) кукурудзяного нативного та модифікованого крохмалю, а також кверцетину і модифікованого крохмалю з кверцетином вказав на зміни кристалічності, що відбуваються при модифікуванні. Так, нативний крохмаль має аморфно-кристалічну структуру, про що свідчить рентгенограма (рис. 3, а).

Пористий крохмаль, одержаний з нативного кукурудзяного (див. рис. 3, б), має аморфну структуру з ледь помітними залишками кристалічності. Застосований у роботі кверцетин (див. рис. 3, в) дав характерну для нього дифракційну картину. РФА продукту взаємодії модифікованого кукурудзяного крохмалю з кверцетином (див. рис. 3, г) показав,

що кверцетин в ньому перебуває в некристалічній формі (або у вигляді кристалів розміром менше ніж 10^{-9} м) при збереженні аморфної форми пористого крохмалю.

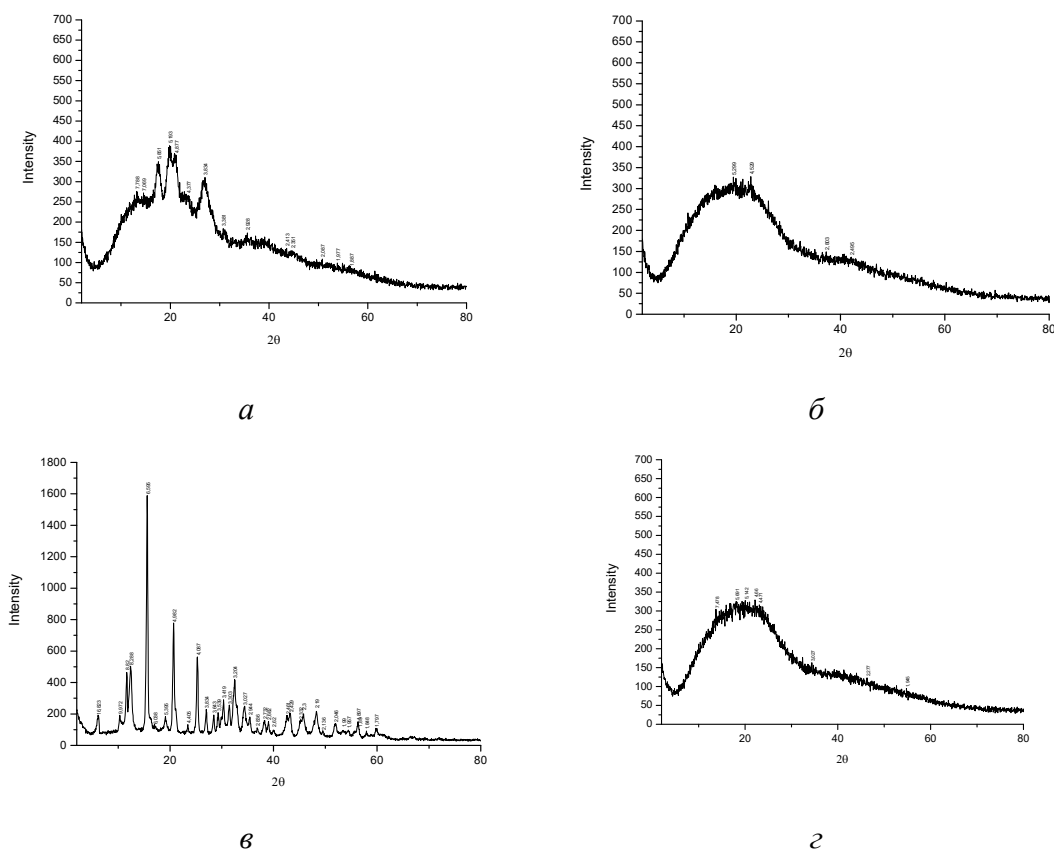


Рис. 3. Рентгенограма кукурудзяного крохмалю: а – нативного; б – модифікованого; в – кверцетину; г – модифікованого з кверцетином

Дослідження стабільності емульсії на основі аквафаби та пористого крохмалю з кверцетином. Відомо, що крохмаль бобових вирізняється високим вмістом амілозної фракції (понад 30 %). При клейстеризації крохмалю під час відварювання бобових саме лінійні молекули амілози першочергово переходять у відварну рідину, яка містить водорозчинні речовини. Завдяки цьому аквафаба набуває своїх емульгуювальних і структуроутворювальних властивостей. Цю рідину можна заморожувати і зберігати тривалий час. Крім того, ізолят квасолі має високу жирутримувальну здатність. Для утворення стійкої емульсії висококалорійного майонезу в окремих випадках достатньо лише емульгатора. У разі зменшення вмісту жиру до складу рецептур вводять також стабілізатори, які забезпечують стійкість емульсії й запобігають розшаруванню. Оскільки майонез є емульсією прямого типу, для підвищення в'язкості водного дисперсійного середовища і запобігання явищу коацервації використовують гідрофільні стабілізатори, до яких належать різні модифікації крохмалю.

На основі експериментальних досліджень щодо технології резистентного модифікованого крохмалю (РМК), збагаченого кверцетином, необхідно було при розробленні емульсійного продукту поєднати РМК і аквафабу як основу та експериментально визначити кількість олії й умови стійкості емульсії в часі.

Досліджено вплив кількості аквафаби та олії на стабільність емульсії (рис. 4).

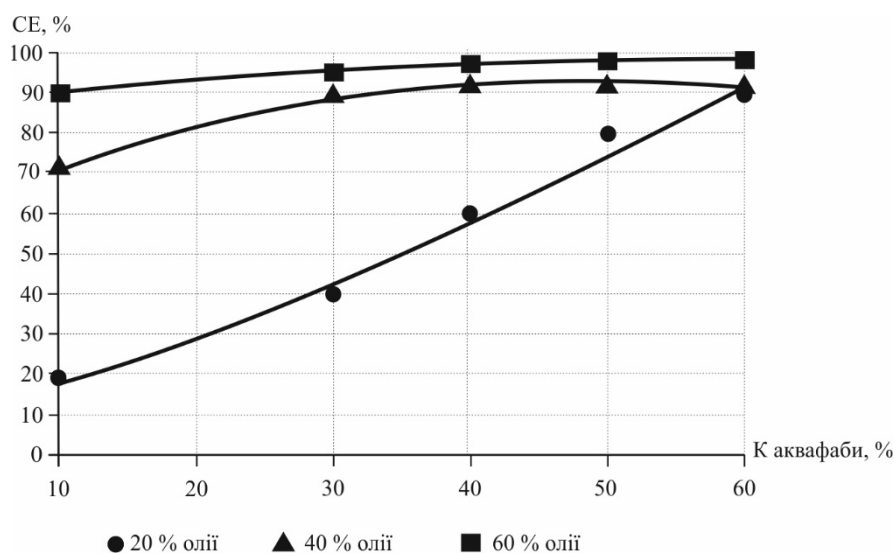


Рис. 4. Стійкість емульсії (СЕ) залежно від вмісту аквафаби (К) та соняшникової олії, %

Встановлено, що зі збільшенням вмісту олії стабільність емульсії зростає. При вмісті аквафаби 40–60 % і олії 60 % стабільність емульсії становить 98 ± 2 %, що відповідає вимогам нормативної документації до майонезу.

Слід зазначити, що в системах із вмістом олії 40 % (вимоги до низькокалорійного майонезного соусу) та вмістом аквафаби 40–60 % стабільність емульсії становить 94 ± 2 % і практично не змінюється, хоча в'язкість системи в цьому діапазоні зростає. Додавання пористого крохмалю з кверцетином уможливило підвищити стійкість емульсії до нормативного значення, не нижче ніж 97 %. На підставі аналізу показників стабільності емульсії можна рекомендувати раціональне співвідношення для отримання низькокалорійних емульсійних соусів – аквафаба : олія = 40–60 : 40.

Інноваційна модель виробництва соусів нового покоління передбачає використання як основного компонента суміші соняшникової олії, аквафаби, що має властивості емульгатора, завдяки білково-вуглеводному складу відвару бобових, і структуроутворювача, завдяки високому вмісту високоамілозного крохмалю квасолі, та модифікованого резистентного крохмалю, збагаченого кверцетином.

Аквафабу збивали ручним міксером протягом 5 хв за швидкості обертання вінчика 200 об/хв. Принциповою технологічною схемою виробництва соусу емульсійного типу передбачено додавання олії рослинної до суміші диспергованої аквафаби та МРК, взятих у співвідношенні 60 : 40, і проведення процесу емульгування зі швидкістю додавання олії $0.1 \text{ см}^3/\text{с}$ за температури $18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ при обертанні робочого органу лабораторної мішалки 500 хв^{-1} з метою запобігання розшаруванню (рис. 5).

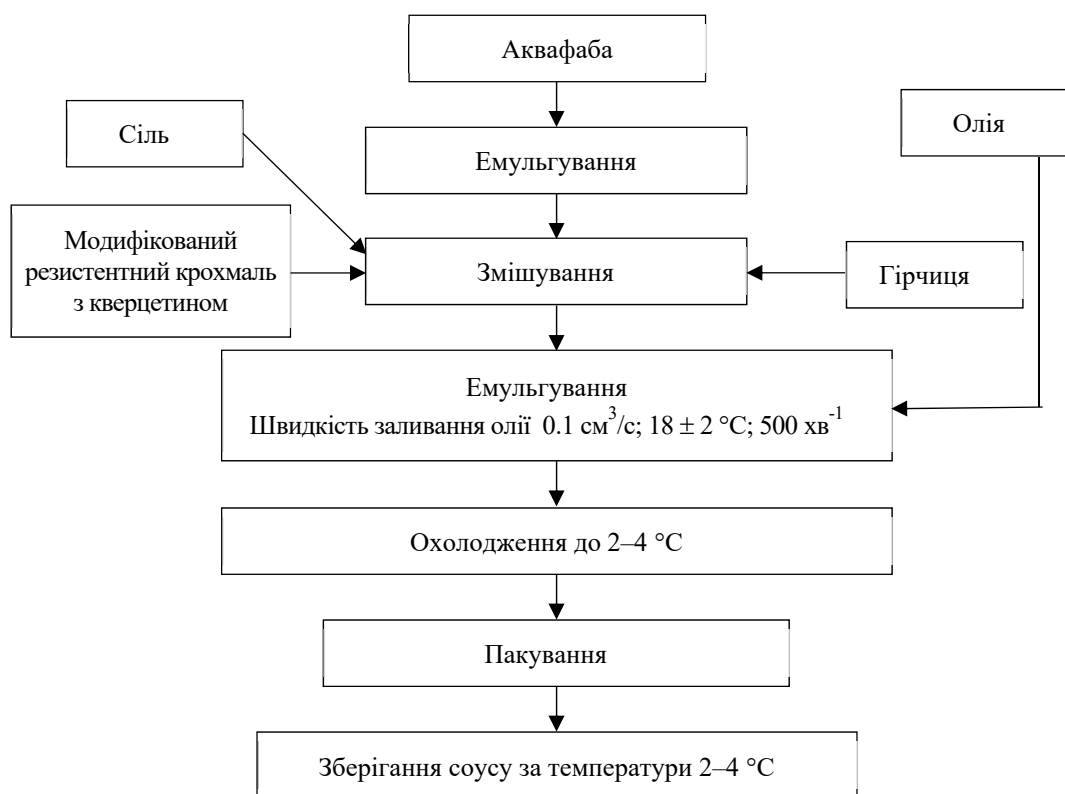


Рис. 5. Принципова технологічна схема виробництва низькокалорійного майонезного соусу

На основі проведених досліджень розроблено рецептуру соусу "Аквафаба" на МРК і відварі білої квасолі (аквафаба) (табл. 1).

Таблиця 1

Рецептурний склад емульсійного соусу "Аквафаба"

Компонент	Рецептурний склад соусу, г	
	брутто	нетто
Олія соняшникова рафінована дезодорована	40	40
МРК	5	5
Відвар бобових (аквафаба)	50	50
Гірчиця	5	5
Сіль	0.5	0.5
Вихід	–	100

Розроблений емульсійний соус можна споживати з різними стравами, зокрема з білим м'ясом, та як заправку до салатів.

Дослідження якості низькокалорійного майонезного соусу "Аквафаба". Вміст основних харчових речовин і енергетичну цінність соусу емульсійного типу порівняли з контрольним зразком класичного майонезного соусу жирністю 40 % (табл. 2).

Таблиця 2

Хімічний склад та енергетична цінність соусу, г/100 г продукту

Показник	Соус	
	контроль	"Аквафаба"
Масова частка, г/100 г продукту:		
– вологи	22.0	25.0
– золи	1.5	3.36
– білків	2.9	5.7
– жирів	68.0	40.0
– вуглеводів	3.7	22.0
Енергетична цінність, ккал	632	345

Розроблений майонезний соус характеризується підвищеним вмістом білків і мінеральних речовин у порівнянні з контролем. Майже у 6 разів збільшується кількість вуглеводів завдяки використанню у рецептурі відвару білої квасолі (аквафаби). Вміст жирів, навпаки, зменшився у 1.7 раза внаслідок зменшення вмісту олії, і, відповідно, енергетична цінність знизилася у 1.8 раза.

Амінокислотний склад білків соусу наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Амінокислотний склад білків соусів, мг/100 г

Амінокислота	Контроль	Соус "Аквафаба"
<i>Незамінні</i>		
Лейцин	141	318
Лізин	116	269
Валін	89	185
Ізолейцин	87	189
Треонін	84	220
Фенілаланін	67	112
Метіонін	39	52
Триптофан	32	57
<i>Замінні</i>		
Глутамін	204	268
Аспаргін	109	338
Серин	132	159
Аргінін	117	103
Аланін	83	163
Тирозин	67	96
Пролін	65	168
Гліцин	49	76
Гістидин	39	65
Цистин	31	63

Завдяки білкам квасолі майонезний соус "Аквафаба" характеризується збільшеним вмістом майже усіх амінокислот у порівнянні з контролем, у тому числі незамінних. Зокрема, приблизно в 2 рази зріс вміст лейцину, лізину, валіну та ізолейцину, проліну, а вміст аспарагіну – навіть у 3 рази. Зазначено незначне зниження вмісту аргініну. Загалом змінилося співвідношення між амінокислотами, що пояснюється наявністю в складі соусу білків лише рослинного походження.

Майонезний соус внаслідок використання аквафаби має підвищений вміст вітамінів: С, А, групи В, Р (біофлавоноїдів); мінеральних речовин – К, Са, Mg, Р [8]. За нашими підрахунками, в 100 г майонезного соусу "Аквафаба" міститься близько 400 мг флавонолу кверцетину завдяки введенню його в рецептуру з пористим крохмалем. Зважаючи на рекомендацію споживати від 500 до 1000 мг кверцетину на добу з профілактичною метою, вживання низькокалорійного майонезного соусу сприятиме забезпеченню добової потреби в цьому вітаміні.

Резистентний крохмаль класифікується як новий тип харчових волокон. Його наявність надає продуктам нових функціональних властивостей: підвищується відчуття ситості, пригнічується голод, що запобігає надмірному споживанню їжі та знижує ризик ожиріння. Отримані дані підтверджують, що використання аквафаби та пористого крохмалю з кверцетином в основі емульсійних соусів сприяє збагаченню кінцевого продукту рослинними білками, незамінними амінокислотами, вуглеводами, вітамінами та мінеральними елементами.

Органолептичні показники досліджуваних зразків низькокалорійного майонезного соусу визначено методом сенсорного аналізу – дегустацією за 5-бальною шкалою і побудовою багатокутників якості.

Емульсійний соус на основі МРК й аквафаби має привабливий зовнішній вигляд, покращений колір у порівнянні з контрольним зразком, збалансовані смакові та ароматичні показники, однорідну консистенцію (табл. 4).

Таблиця 4

Органолептичні характеристики емульсійного соусу "Аквафаба"

Зовнішній вигляд	Колір	Смак і запах	Консистенція
Густа, структурована, малоплинна маса без борошністості, осаду та розшарування	Світло-кремовий колір, рівномірний за всією масою. Поверхня глянцева	Запах чистий, невиражений, без сторонніх запахів. Смак кисло-солонуватий, без сторонніх присмаків	Однорідна, без розшарування й осередків кристалізації

Для побудови багатокутників якості використано 5-бальну оцінку інтенсивності окремих ознак кожного показника: 5 – відмінно, 4 – добре, 3 – задовільно, 2 – погано.

Результати органолептичної оцінки якості майонезних соусів представлено в табл. 5.

Таблиця 5

Органолептична оцінка соусної продукції

Показник	Ознака показника		Середня дегустаційна оцінка за 5-бальною шкалою	
	номер	характеристика	контроль	"Аквафаба"
Зовнішній вигляд	1	Привабливість	4.7	4.8
	2	Однорідність	4.8	4.8
Колір	3	Рівномірність	4.6	4.7
	4	Інтенсивність	4.2	4.3
	5	Натуральність	4.7	4.8
Консистенція	6	Однорідність	4.9	4.9
	7	Густина	4.6	4.7
	8	Здатність тримати форму	4.7	4.8
Запах	9	Виразність	4.6	4.7
	10	Чистота	4.5	4.6
Смак	11	Збалансованість	4.7	4.9
	12	Натуральність	4.6	4.8
	13	Виразність	4.5	4.7

За даними середніх дегустаційних оцінок органолептичних показників побудовано багатокутники якості й розраховано їхні площі.

Органолептичний профіль емульсійного соусу "Аквафаба" та контрольного емульсійного соусу жирністю 40 % показано на *рис. 6*.

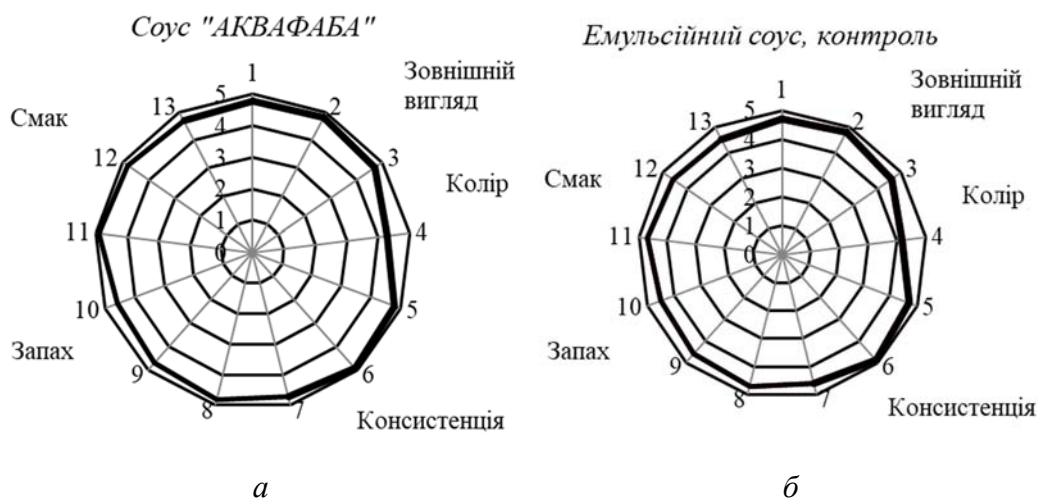


Рис. 6. Органолептичний профіль: *а* – соус "Аквафаба" ($S = 268.36$ бал²);
б – контроль ($S = 245.08$ бал²)

З аналізу багатокутників якості видно, що обидва зразки мають високі дегустаційні оцінки, проте набір визначальних характеристик органолептичних показників є більш збалансованим у низькокалорійного майонезного соусу "Аквафаба" за розробленою технологією в порівнянні з контролем.

Висновки. Розроблено ресурсощадну технологію низькокалорійного майонезного соусу підвищеної біологічної цінності із заміною яєчних білків на аквафабу – відвар білої квасолі та з додаванням резистентного пористого крохмалю з кверцетином. Обґрунтовано раціональне співвідношення аквафаби та рослинної олії як (40–60) : 40, що дає змогу отримати емульсійні системи зі стабільністю $97 \pm 2\%$.

Розроблено рецептуру емульсійного низькокалорійного соусу "Аквафаба", який характеризується підвищеним вмістом білків, мінеральних речовин у порівнянні з контролем. Майже у 6 разів збільшилася кількість вуглеводів завдяки вживанню відвару білої квасолі (аквафаби) і пористого крохмалю з кверцетином. Жирність і енергетична цінність зменшилися майже вдвічі внаслідок зниження вмісту олії.

За органолептичною оцінкою якості соусу "Аквафаба" встановлено, що сукупність визначальних характеристик показників більш збалансована в ньому проти контролю.

Соціальний ефект від впровадження розробленої технології низькокалорійного майонезного соусу полягає в забезпеченні населення продуктом щоденного вживання підвищеної біологічної цінності.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення змін показників якості та визначення втрат кверцетину при зберіганні низькокалорійного майонезного соусу. Важливим є продовження досліджень щодо пошуку шляхів збагачення емульсійних соусів біологічно активними речовинами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zabot G. L., Rodrigues F. S., Ody L. P., Tres M. V., Herrera E., Palacin H., Córdova-Ramos J. S., Best I., Olivera-Montenegro L. Encapsulation of bioactive compounds for food and agricultural applications. *Polymers*. 2022. Vol. 14. No 19. <https://doi.org/10.3390/polym14194194>
2. Montoya-Yepes D. F., Jiménez-Rodríguez A. A., Aldana-Porras A. E., Velásquez-Holguín L. F., Méndez-Arteaga J. J., Murillo-Arango W. Starches in the encapsulation of plant active ingredients: state of the art and research trends. 2023. *Polymer Bulletin*. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04724-6>
3. Ihsan A., Javed H., Javed M. U. Preparation and quality evaluation of low-fat mayonnaise by using hydrocolloid gums and olive oil. *Acta scientific agriculture*. 2021. Vol. 5. Issue 3. P. 8-14.
4. Mohammed N. K., Ragavan H., Ahmad N. H., Meor H. A. S. Egg-free low-fat mayonnaise from virgin coconut oil. *Foods and raw materials*. 2022. Vol. 10. No 1. P. 76-85.
5. Yazici G. N., Taspınar T., Ozer M. S. Aquafaba: a multifunctional ingredient in food production. *Biology and life science forum*. 2022. Vol. 18. No 24. P. 1-6.
6. Грабовська О. В., Федорова Д. В., Гніцевич В. А., Дарміна А. Д., Овчаренко О. Р. Технологія соусів емульсійного типу для спеціального дієтичного споживання. *International independent scientific journal*. 2021. Т. 1. № 26. С. 31-35.
7. Грабовська О. В., Авраменко А. Д. Технологія інкапсулювання для захисту біологічно активних сполук від впливу зовнішнього середовища. Тези доповідей Міжнар. наук.-практ. інтернет-конфер. "Актуальні проблеми та перспективи розвитку агропродовольчої сфери, індустрії гостинності та торгівлі". Харків: ДБТУ. 2022. С. 388-389.

8. Маковська Т. В. Дослідження якості емульсії майонезних соусів, збагачених біокоректорами. *Наукові праці ОНАХТ*. 2017. Т. 81. № 2. С. 57-63.
9. Mirzanajafi-Zanjani M., Yousefi M., Ehsani A. Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food Science Nutrition*. 2019. Vol. 7. No 8. P. 2471-2484.
10. Nikzade V., Mazaheri Tehrani M., Saadatmand-Tarzjan M. Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food hydrocolloids*. 2022. Vol. 28. No 2. P. 344-352.
11. Mirzanajafi-Zanjani M., Yousefi M., Ehsan A. Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food science & nutrition*. 2019. Vol. 7. No 4. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1132>
12. He Y., Meda V., Reaney Martin J. T., Mustafa R. Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends in food science & technology*. 2021. Vol. 111. P. 27-42.
13. Грабовська О. В., Овчаренко О. Р., Бельмас А. О. Використання резистентного збагаченого крохмалю у технології низькокалорійного майонезного соусу: Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. конф. "Інноваційні та ресурсощадні технології харчових виробництв". 2022. Полтава: ПДАУ. С. 33-36.
14. Park J. J., Olawuyi I. F., Lee W. Y. Characteristics of low-fat mayonnaise using different modified arrowroot starches as fat replacer. *International journal of biological macromolecules*. 2020. Vol. 153. P. 215-223.
15. Baudron V., Gurikov P., Smirnova I., Whitehouse S. Porous starch materials via supercritical- and freeze-drying. *Gels*. 2019. Vol. 5. No 1. <https://doi.org/10.3390/gels5010012>
16. Tiwari S., Singh B. K., Dubey N. K. Encapsulation of essential oils – a booster to enhance their bio-efficacy as botanical preservatives. *Journal of scientific research*. 2020. Vol. 64. No 1. P. 175-178.
17. Salmerón-Manzano E., Garrido-Cardenas J. A., Manzano-Agugliario F. Worldwide research trends on medicinal plants. *International journal of environmental research and public health*. 2020. Vol. 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103376>
18. Panche A. N., Diwan A. D., Chandra S. R. Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*. 2016. Vol. 5. No 47. P. 1-15.
19. Bojarczuk A., Skapska S., Khaneghah A. M., Marszalek K. Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *Journal of functional foods*. 2022. Vol. 93. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105094>
20. Deshavath N. N., Mukherjee G., Goudac V. V., Veeranki V. D., Sastri C. V. Pitfalls in the 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. *International journal of biological macromolecules*. 2020. No 156. P. 180-185.
21. Popović S. Quantitative phase analysis by x-ray diffraction-doping methods and applications. *Crystals*. 2020. Vol. 10. No 1. <https://doi.org/10.3390/cryst10010027>
22. Махинько В. М., Махинько Л. В. Розрахункові методики ФАО/ВООЗ для оцінювання якості харчового білка. *Наук. пр. НУХТ*. 2020. Т. 26. № 4. С. 171-177.
23. Gong Y. et. al. Effect of quick-freezing temperature on starch retrogradation and ice crystals properties of steamed oat roll. *Journal of cereal science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103109>
24. Liu L. et al. Functional starch and applications in food. 2018. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1077-5_4

REFERENCES

1. Zobot, G. L., Rodrigues, F. S., Ody, L. P., Tres, M. V., Herrera, E., Palacin, H., Córdova-Ramos, J. S., Best, I., & Olivera-Montenegro, L. (2022). Encapsulation of bioactive compounds for food and agricultural applications. *Polymers*. Vol. 14, 19. <https://doi.org/10.3390/polym14194194> [in English].

2. Montoya-Yepes, D. F., Jiménez-Rodríguez, A. A., Aldana-Porras, A. E., Velásquez-Holguin, L. F., Méndez-Arteaga, J. J., & Murillo-Arango, W. (2023). Starches in the encapsulation of plant active ingredients: state of the art and research trends. *Polymer Bulletin*. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04724-6> [in English].
3. Ihsan, A., Javed, H., & Javed, M. U. (2021). Preparation and quality evaluation of low-fat mayonnaise by using hydrocolloid gums and olive oil. *Acta scientific agriculture*. (Vol. 5). (Issue 3), (pp. 8-14) [in English].
4. Mohammed, N. K., Ragavan, H., Ahmad, N. H., & Meor, H. A. S. (2022). Egg-free low-fat mayonnaise from virgin coconut oil. *Foods and raw materials*. Vol. 10, 1, 76-85 [in English].
5. Yazici, G. N., Taspinar, T., & Ozer, M. S. (2022). Aquafaba: a multifunctional ingredient in food production. *Biology and life science forum*. (Vol. 18), 24, 1-6 [in English].
6. Grabovs'ka, O. V., Fedorova, D. V., Gnicevych, V. A., Darmina, A. D., & Ovcharenko, O. R. (2021). Technology of emulsion-type sauces for special dietary consumption. *International independent scientific journal*. Vol. 1, 26, 31-35 [in Ukrainian].
7. Grabovs'ka, O. V., & Avramenko, A. D. (2022). Encapsulation technology to protect biologically active compounds from the influence of the external environment. *Current problems and prospects for the development of the agro-food sector, the hospitality and trade industry: Abstracts of the reports of the International Scientific and Practical Internet Conference*. (pp. 388-389). Kharkiv: SBTU.
8. Makovs'ka, T. V. (2017). Study of the emulsion quality of mayonnaise sauces enriched with biocorrectors. *Scientific works of ONAFT*. Vol. 81, 2, 57-63 [in Ukrainian].
9. Mirzanajafi-Zanjani, M., Yousefi, M., & Ehsani, A. (2019). Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food Science Nutrition*. Vol. 7, 8, 2471-2484 [in English].
10. Nikzade, V., Mazaheri Tehrani, M., & Saadatmand-Tarzjan, M. (2022). Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food hydrocolloids*. Vol. 28, 2, 344-352 [in English].
11. Mirzanajafi-Zanjani, M., Yousefi, M., & Ehsan, A. (2019). Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food science & nutrition*. Vol. 7, 4. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1132> [in English].
12. He, Y., Meda, V., Reaney, Martin J. T., & Mustafa, R. (2021). Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends in food science & technology*. (Vol. 111), (pp. 27-42) [in English].
13. Grabovs'ka, O. V., Ovcharenko, O. R., & Bel'mas, A. O. (2022). The use of resistant enriched starch in the technology of low-calorie mayonnaise sauce. *Innovative and resource-saving technologies of food productions: Materials of the II All-Ukrainian scientific and practical conference*. (pp. 33-36). Poltava: PSAU [in Ukrainian].
14. Park, J. J., Olawuyi, I. F., & Lee, W. Y. (2020). Characteristics of low-fat mayonnaise using different modified arrowroot starches as fat replacer. *International journal of biological macromolecules*. (Vol. 153), (pp. 215-223) [in English].
15. Baudron, V., Gurikov, P., Smirnova, I., & Whitehouse, S. (2019). Porous starch materials via supercritical- and freeze-drying. *Gels*. Vol. 5, 1. <https://doi.org/10.3390/gels5010012> [in English].
16. Tiwari, S., Singh, B. K., & Dubey, N. K. (2020). Encapsulation of essential oils – a booster to enhance their bio-efficacy as botanical preservatives. *Journal of scientific research*. Vol. 64, 1, 175-178 [in English].
17. Salmerón-Manzano, E., Garrido-Cardenas, J. A., & Manzano-Agugliaro, F. (2020). Worldwide research trends on medicinal plants. *International journal of environmental research and public health*. (Vol. 17). <https://doi.org/10.3390/ijerph17103376> [in English].

18. Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*. Vol. 5, 47, 1-15 [in English].
19. Bojarczuk, A., Skąpska, S., Khaneghah, A. M., & Marszałek, K. (2022). Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *Journal of functional foods*. (Vol. 93). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105094> [in English].
20. Deshavath, N. N., Mukherjee, G., Goudac, V. V., Veeranki, V. D., & Sastri, C. V. (2020). Pitfalls in the 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. *International journal of biological macromolecules*, 156, 180-185 [in English].
21. Popović, S. (2020). Quantitative phase analysis by x-ray diffraction-doping methods and applications. *Crystals*. Vol. 10, 1. <https://doi.org/10.3390/cryst10010027> [in English].
22. Mahyn'ko, V. M., & Mahyn'ko, L. V. (2020). FAO/WHO calculation methods for evaluating the quality of food protein. *Scientific works of the NUFT*. Vol. 26, 4, 171-177 [in Ukrainian].
23. Gong, Y. et. al. Effect of quick-freezing temperature on starch retrogradation and ice crystals properties of steamed oat roll. *Journal of cereal science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103109> [in English].
24. Liu, L. et al. (2018). *Functional starch and applications in food*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1077-5_4 [in English].

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що вони не мають фінансових чи нефінансових конфліктів інтересів щодо цієї публікації; не мають відносин із державними органами, комерційними або некомерційними організаціями, які могли б бути зацікавлені у поданні цієї точки зору. З огляду на те, що один з авторів працює в установі, яка є видавцем журналу, що може зумовити потенційний конфлікт або підозру в упередженості, остаточне рішення про публікацію цієї статті (включно з вибором рецензентів та редакторів) приймалося тими членами редколегії, які не пов'язані з цією установою.

Внесок авторів є рівнозначним.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Hrabovska O., Avramenko A. Mayonnaise sauce based on aquafaba with encapsulated quercetin. *International scientific-practical journal "Commodities and markets"*. 2023. № 2 (46). P. 131-147. [https://doi.org/10.31617/2.2023\(46\)11](https://doi.org/10.31617/2.2023(46)11)

Надійшла до редакції 26.05.2023.

Прийнято до друку 04.06.2023.

Публікація онлайн 23.06.2023.