

УДК 637.146:663.05:664.014

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2026.07>

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДОБАВКИ СТАБІЛІЗУЮЧОЇ МОЛОЧНО-РОСЛИННОЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЕМУЛЬСІЙНИХ ЛІКЕРІВ

Веретенніков Олександр Васильович*Аспірант кафедри торгівлі, готельно-ресторанної та митної справи*<https://orcid.org/0009-0008-6171-3334>*Державний біотехнологічний університет**61002, вул. Алчевських, 44, Харків, Україна*

Анотація. Раціональне використання вторинної молочної сировини, зокрема сироватки з-під кисломолочного сиру, та створення добавок для харчової галузі є одним із актуальних напрямів розвитку сучасних ресурсозберігаючих технологій. Особливий інтерес становить розроблення стабілізуючих систем на основі продуктів переробки молочної сировини та рослинних компонентів, що містять функціональні біологічно активні речовини. У зв'язку з цим актуальним є наукове обґрунтування технології виробництва добавки стабілізуючої молочно-рослинної на основі добавки молочно-рослинної, отриманої з використанням ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного та листя якона, і білкового стабілізатора – казеїнату натрію.

Метою роботи було наукове обґрунтування складу та технологічних режимів виробництва стабілізуючої молочно-рослинної добавки, призначеної для використання у технології емульсійних лікерів, а також визначення раціональних параметрів підготовки та внесення білкового стабілізатора для забезпечення високих емульгувальних і стабілізуючих властивостей системи. Для досягнення поставленої мети використано загальноприйняті методи дослідження органолептичних, фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей харчових систем, методи визначення активної кислотності, в'язкості, колоїдної стабільності, а також методи математичної та статистичної обробки експериментальних даних.

У результаті проведених досліджень науково обґрунтовано компонентний склад стабілізуючої молочно-рослинної добавки. Визначено доцільність використання казеїнату натрію як білкового стабілізатора у кількості 2,8 % у складі добавки. Встановлено, що попередня солубілізація казеїнату натрію у воді з подальшим введенням добавки молочно-рослинної забезпечує формування однорідної білково-вуглеводної системи з активною кислотністю $\text{pH} = 6,2\text{--}6,6$. Отримана добавка характеризується однорідною консистенцією без ознак розшарування та осадотворення. Доведено, що поєднання компонентів добавки молочно-рослинної із казеїнатом натрію забезпечує формування стабільної системи з підвищеними емульгувальними властивостями, придатної для використання в алкогольовмісних емульсійних продуктах.

Практична цінність роботи полягає в розробці технології нової стабілізуючої молочно-рослинної добавки, яка може бути використана як функціонально-технологічний інгредієнт у виробництві емульсійних лікерів та інших емульсійних харчових системах. Запропонована технологія сприяє комплексній переробці вторинної молочної сировини, розширенню напрямів використання ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного, використанню листя якона та підвищенню ресурсоефективності харчових виробництв.

Ключові слова: стабілізуюча молочно-рослинна добавка, казеїнат натрію, ультрафільтрат сироватки, листя якона, емульсійні лікери, колоїдна стабільність, емульгувальні властивості.

UDC 637.146:663.05:664.014

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2026.07>

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF A MILK-PLANT STABILIZING ADDITIVE TECHNOLOGY FOR USE IN EMULSION LIQUEUR PRODUCTION

Oleksandr Veretennikov

PhD Student of the Department of Trade, Hotel, Restaurant and Customs

<https://orcid.org/0009-0008-6171-3334>

State Biotechnology University

61002, St. 44, Alchevsky, Kharkiv, Ukraine

Abstract. The rational utilization of secondary dairy by-products, particularly cottage cheese whey, and the development of ingredients for the food industry are among the most relevant areas for advancing modern resource-saving technologies. Particular interest is focused on the development of stabilizing systems based on whey processing products and plant-derived components containing biologically active functional compounds. In this regard, the scientific substantiation of the technology for producing a milk-plant stabilizing additive based on a milk-plant additive obtained using cottage cheese whey ultrafiltrate and yacon leaves, together with the protein stabilizer sodium caseinate, is of considerable importance.

The aim of this study was to provide a scientific substantiation of the composition and technological parameters for the production of a milk-plant stabilizing additive intended for use in the technology of emulsion liqueurs, as well as to determine the rational conditions for the preparation and incorporation of the protein stabilizer to ensure high emulsifying and stabilizing properties of the system. To achieve this objective, conventional methods for evaluating the sensory, physicochemical, and functional-technological properties of food systems were employed, including determination of active acidity, viscosity, and colloidal stability, as well as mathematical modeling and statistical analysis of experimental data.

The studies conducted provided a scientific justification for the composition of the milk-plant stabilizing additive. The feasibility of using sodium caseinate as a protein stabilizer at a concentration of 2,8% in the additive was established. It was found that preliminary solubilization of sodium caseinate in water, followed by the addition of the milk-plant additive, ensured the formation of a homogeneous protein-carbohydrate system with an active acidity of pH 6,2...6,6. The resulting additive exhibited a homogeneous consistency, with no signs of phase separation or sediment formation. It was demonstrated that combining the milk-plant additive components with sodium caseinate resulted in a stable system with enhanced emulsifying properties suitable for use in alcohol-containing emulsion products.

The practical significance of the work lies in the development of a novel milk-plant-stabilizing additive that can serve as a functional and technological ingredient in the production of emulsion liqueurs and other emulsion-based food systems. The proposed technology contributes to the comprehensive utilization of secondary dairy raw materials, expands the applications of cottage cheese whey ultrafiltrate, promotes the use of yacon leaves, and enhances the resource efficiency of food production processes.

Keywords: milk-plant stabilizing additive, sodium caseinate, whey ultrafiltrate, yacon leaves, emulsion liqueurs, colloidal stability, emulsifying properties.

ВСТУП. У сучасних умовах розвитку харчової промисловості одним із пріоритетних напрямів є впровадження ресурсозберігаючих і безвідходних технологій, спрямованих на раціональне використання сировинних ресурсів, зниження виробничих втрат і підвищення екологічної безпеки виробництва. Особливої актуальності набуває комплексна переробка

вторинної сировини харчових виробництв, яка дозволяє не лише мінімізувати негативний вплив на довкілля, а й отримувати нові функціональні інгредієнти з високою доданою вартістю.

Одним із найбільш перспективних напрямів є розширення шляхів використання молочної сироватки та продуктів її переробки (Buchanan et al., 2023; Carvalho, 2024). Незважаючи на значний вміст біологічно цінних компонентів, молочна сироватка залишається недостатньо залученою до технологічних процесів, а її утилізація потребує додаткових економічних витрат. Особливий інтерес становить ультрафільтрат сироватки, який містить лактозу, мінеральні речовини, органічні кислоти та інші низькомолекулярні сполуки, що можуть бути використані як основа для створення нових харчових інгредієнтів і багатокомпонентних функціональних систем (O'Donoghue and Murphy, 2023; Yadav et al., 2015).

Водночас сучасні тенденції розвитку харчових технологій пов'язані зі створенням універсальних добавок комплексної дії, здатних одночасно виконувати декілька технологічних функцій – стабілізувати структуру продуктів, покращувати їх фізико-хімічні властивості, підвищувати харчову та біологічну цінність, а також забезпечувати необхідні органолептичні характеристики. Особливо перспективним є поєднання молочної та рослинної сировини, що дозволяє отримувати синергетичний ефект завдяки поєднанню білків, вуглеводів, органічних кислот, фенольних сполук та інших біологічно активних компонентів (Granato et al., 2020; Nieto, 2024).

Особливого значення набуває розробка стабілізуючих систем для емульсійних продуктів, зокрема молочних лікерів. Стабільність таких продуктів значною мірою залежить від здатності використаних інгредієнтів забезпечувати стійкість білково-жирової емульсії за наявності етилового спирту. Тому створення добавок, що поєднують стабілізуючі властивості білкових компонентів із функціональними характеристиками рослинних екстрактів, є актуальним науковим і практичним завданням.

У зв'язку з цим актуальними є наукове обґрунтування та розробка технології добавки стабілізуючої молочно-рослинної, призначеної для використання у виробництві емульсійних лікерів та інших харчових продуктів, що потребують підвищеної колоїдної та агрегативної стабільності.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. Метою роботи є наукове обґрунтування технологічних режимів виробництва стабілізуючої молочно-рослинної добавки, встановлення закономірностей формування її структури та властивостей для подальшого використання у виробництві емульсійних лікерів.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної харчової промисловості є створення комбінованих продуктів на молочно-рослинній основі, що поєднують високу харчову цінність молочних компонентів із біологічно активними речовинами рослинного походження. Такий підхід дозволяє не лише розширити асортимент функціональної продукції, а й підвищити її антиоксидантні, пребіотичні та технологічні властивості. У зв'язку з цим, останніми роками значна кількість наукових досліджень присвячена використанню рослинної сировини у виробництві молочних продуктів різного призначення.

Найбільшого поширення набуло застосування фруктових-ягідної сировини у виробництві кисломолочних продуктів, йогуртів, молочних десертів, сиркових виробів, морозива та молочних напоїв (Ali, 2022; Salehi, 2021). Як рослинні компоненти використовують плодово-ягідні соки, пюре, концентрати, екстракти, а також рослинні порошки, отримані із чорниці, чорної смородини, полуниці, журавлини, малини, обліпихи, гарбуза, моркви, буряка, яблука, винограду, тощо. Основною метою їх використання є

покращення органолептичних властивостей продукції, підвищення її вітамінної та антиоксидантної цінності, а також надання привабливого кольору та смаку.

Перспективним напрямом є також використання рослинних екстрактів, багатих на поліфенольні сполуки, харчові волокна та природні антиоксиданти (Gullon et al., 2020; Wazzan, 2024). Зокрема, фахівцями галузі досліджуються екстракти зеленого чаю, виноградних вичавок, лікарських рослин, пряно-ароматичної сировини. Такі інгредієнти здатні підвищувати антиоксидантну активність молочних продуктів, однак їх використання переважно спрямоване на функціональне збагачення продукції і значно рідше – на покращення її технологічних властивостей.

Окремий напрям досліджень присвячений комплексній переробці молочної сироватки. Завдяки високому вмісту лактози, мінеральних речовин та водорозчинних азотистих сполук сироватка широко використовується у виробництві напоїв, концентратів, білкових препаратів, сухих молочних інгредієнтів, лактози, молочнокислих продуктів і функціональних харчових добавок. Значного розвитку набули мембранні технології переробки сироватки, що дозволяють отримувати концентрати сироваткових білків, ізоляти білків, демінералізовану сироватку та інші продукти (Blais et al., 2022; Yadav et al., 2015).

Разом із цим, аналіз наукових публікацій свідчить, що ультрафільтрат сироватки, який утворюється після вилучення сироваткових білків, використовується значно меншою мірою. Незважаючи на вміст лактози, органічних кислот, мінеральних речовин і низькомолекулярних азотистих сполук, ультрафільтрат переважно розглядають як побічний продукт мембранної переробки або використовують у виробництві кормів, біотехнологічних процесах чи для одержання окремих компонентів, що не забезпечує повною мірою реалізацію його технологічного потенціалу.

Аналіз існуючих добавок на молочній основі також показує, що рослинні компоненти переважно використовують у вигляді плодово-ягідної сировини, соків, сиропів, фруктових концентратів і пюре. Значно рідше застосовують листову рослинну сировину, яка містить широкий спектр фенольних сполук, флавоноїдів, органічних кислот та інших біологічно активних речовин. Практично відсутні дослідження можливості використання ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного як екстрагента для вилучення цих компонентів із рослинної сировини та одночасного формування нових функціональних багатокомпонентних систем.

Фахівцями Державного біотехнологічного університету розроблено добавку молочно-рослинну (ДМР), яку отримують шляхом екстрагування приготованого листа з ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного за гідромодулю 1:10, рН = 4,4...4,5, температури 45 ± 2 °C та тривалості процесу $\tau = (45...50) \times 60$ с. Розроблена добавка характеризується вмістом лактози, інуліну та інших фруктанів, фенольних сполук, органічних кислот, мінеральних речовин і природних антиоксидантів, що зумовлює її функціональні властивості та перспективність використання у технологіях харчових продуктів (Kolesnyk et al., 2025). Разом із цим, ДМР є переважно низькомолекулярною дисперсною системою і не містить компонентів, здатних забезпечувати ефективну емульгувальну та стабілізуювальну дію. Це істотно обмежує можливість її безпосереднього використання у виробництві емульсійних продуктів, зокрема молочних лікерів, де необхідно забезпечити високу колоїдну та агрегативну стійкість білково-жирової емульсії за наявності етилового спирту.

Тобто, проведений аналіз літературних джерел свідчить, що, незважаючи на значну кількість досліджень у сфері створення молочно-рослинних продуктів, питання комплексного використання ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного як основи для одержання багатокомпонентних функціональних добавок ще донедавна залишалося недостатньо вивченим. На сьогодні існує ДМР, що поєднує в собі компоненти рослинної сировини листа якона та ультрафільтрат сироватки з-під сиру кисломолочного, але практично відсутні наукові розробки, спрямовані на створення стабілізуючих молочно-

рослинних систем, які б одночасно поєднували функціональні властивості рослинних біологічно активних речовин та високі емульгувальні характеристики білкових стабілізаторів, тобто могли б бути використані у технології емульсійних харчових продуктів, зокрема лікерів.

У зв'язку з цим актуальним є наукове обґрунтування та розробка добавки стабілізуючої молочно-рослинної на основі ДМР і білкового стабілізатора, яка характеризуватиметься підвищеними емульгувальними та стабілізувальними властивостями й може бути використана як універсальний функціонально-технологічний інгредієнт у виробництві емульсійних харчових продуктів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Матеріалами досліджень були зразки добавки молочно-рослинної (ДМР), казеїнату натрію харчовий та зразки добавки стабілізуючої молочно-рослинної (ДСМР), отримані відповідно до розробленої технології. Експериментальні дослідження проводили у лабораторних умовах із використанням трьох паралельних визначень для кожного дослідного зразка.

Для встановлення раціональної концентрації білкового стабілізатора досліджували розчини казеїнату натрію з масовою часткою 4%, 6%, 8%, 10% та 12%. Розчинення казеїнату натрію проводили у питній воді за температури 45...50 °С при постійному перемішуванні до повної гідратації білкового компонента. Після завершення солюбілізації розчини охолоджували до температури 20±2 °С та досліджували їх технологічні характеристики.

Відносну в'язкість розчинів казеїнату натрію визначали капілярним методом із використанням віскозиметра Оствальда за температури 20±2°С відповідно до вимог ISO 3105:1994. Визначення проводили шляхом порівняння часу витікання досліджуваного розчину та дистильованої води за однакових умов вимірювання. Час розчинення казеїнату натрію визначали як тривалість процесу від моменту внесення білкового компонента у воду до отримання однорідної системи без видимих нерозчинених часток.

Активну кислотність (рН) досліджуваних систем визначали потенціометричним методом із використанням лабораторного рН-метра після повної гідратації та перемішування зразків відповідно до ISO 5546:2010. Органолептичні показники (однорідність, консистенція, наявність грудочок або ознак розшарування) оцінювали візуальним методом безпосередньо після приготування дослідних систем та після витримання протягом встановленого часу.

Для визначення технологічної доцільності способу змішування компонентів проводили порівняльні дослідження двох варіантів формування ДСМР: введення ДМР у попередньо підготовлений розчин казеїнату натрію та введення розчину казеїнату натрію безпосередньо у ДМР. Оцінювали однорідність системи, наявність агрегатів, осаду та зміну активної кислотності.

Отримані експериментальні дані обробляли методами математичної статистики з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2021 (Microsoft Corp., США). Для кожного показника визначали середнє арифметичне значення та стандартне відхилення (±S). Достовірність відмінностей між дослідними зразками оцінювали за критерієм Стюдента при рівні значущості $p \leq 0,05$. Результати експериментів наведено у вигляді середніх значень із зазначенням похибки вимірювань.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Добавка молочно-рослинна характеризується стабільним складом водорозчинних компонентів, однак за своєю природою є переважно вуглеводно-мінеральною системою, білкова фракція низька ($0,3 \pm 0,01\%$) і не може формувати міжфазну плівку, амінокислоти не є поверхнево-активними і не здатні адсорбуватися на межі «жир-вода», тобто не виконують емульгувальної функції.

Вміст вуглеводів в ДМР на рівні $4,74 \pm 0,2\%$ підвищує в'язкість водної фази, знижує швидкість коалесценції жирових крапель, стабілізує систему кінетично, але не термодинамічно. Це підсилює, але не замінює емульгатор. Для застосування отриманого

фахівцями Державного біотехнологічного університету екстракту (ДМР) в технології емульсійних продуктів, зокрема молочних лікерів, визначальним є рівень емульгувальної та агрегативної стабільності, що безпосередньо залежить від наявності в системі білкових компонентів із високою поверхневою активністю. Відсутність сироваткових білків в екстракті в даному випадку є технологічною перевагою, оскільки сироваткові білки характеризуються підвищеною чутливістю до дії етилового спирту та зниженою стабільністю в алкогольних середовищах, що може призводити до денатурації та помутніння готових виробів.

Разом із цим, низький вміст білкової складової в екстракті зумовлює необхідність білкової компенсації системи з метою формування стабільної емульсійної структури та функціонального наближення отриманої добавки до молока як традиційного компонента молочних лікерів. З цією метою доцільним є використання казеїнату натрію, який характеризується високою розчинністю, вираженими емульгувальними властивостями та підвищеною стійкістю в середовищах із вмістом етилового спирту (Dickinson, 2019; McClements, 2023).

Тому, після проведення екстрагування харчових компонентів підготовленого листя якона ультрафільтратом сироватки з-під сиру кисломолочного, центрифугування та фільтрації, тобто отримання ДМР, для покращення емульгувальних властивостей добавки пропонуємо введення казеїнату натрію, що дозволить сформувати керовану білково-вуглеводну систему, в якій білкові компоненти виконують функцію основного емульгатора та стабілізатора жирової фази, тоді як молочно-рослинний екстракт (ДМР) виступає джерелом розчинних вуглеводів, мінеральних речовин та біологічно активних сполук. Завдяки цьому досягається функціональна імітація молочної фази без використання натурального молока, що є особливо важливим з огляду на прогнозовану підвищену стабільність такої системи в умовах дії спирту, зокрема завдяки відсутності сироваткових білків.

Таким чином, подальший етап досліджень спрямований на наукове обґрунтування кількості та способу введення казеїнату натрію до ДМР, визначення оптимальних параметрів формування білкової фази та оцінювання емульгувальної здатності отриманої добавки як функціональної для використання в технології молочних лікерів.

При цьому, одним з ключових етапів отримання ДСМР є розрахунок необхідної кількості білка – казеїнату натрію у готовій добавці.

У класичних технологіях молочних лікерів емульсійна стійкість забезпечується природним білково-жировим комплексом молока, у зв'язку з чим казеїнат натрію не застосовується або його застосування обмежується незначними кількостями ($\approx 0,2\%$) у разі використання сухого молока, молочних замінників, підвищеної міцності лікеру ($\geq 16\text{--}17\%$ об.), зниженого вмісту молока (O'Mahony et al., 2017). У розроблюваній ДСМР казеїнат натрію виконує функцію основного емульгатора та білкового компенсатора. Разом із цим заміна молока в лікері на ДСМР зумовлює необхідність еквівалентного вмісту казеїнату натрію в добавці до вмісту казеїну в молоці, що дасть змогу досягти функціональної імітації молочної фази в лікері за рахунок ДСМР.

Загальновідомо, що коров'яче молоко жирністю $2,5\text{--}3,2\%$ містить загального білка $3,0\text{--}3,2\%$, у тому числі казеїну – $2,4\text{--}2,6\%$, сироваткових білків – $0,6\text{--}0,7\%$ (Huppertz, 2025). Таким чином, у 100 г молока міститься близько 2,5 г казеїну. Саме казеїн є основним білковим компонентом, що забезпечує емульгувальні та стабілізуючі властивості молочних лікерів.

Казеїнат натрію харчовий характеризується високим вмістом білка ($90\text{--}92\%$), містить $8\text{--}10\%$ води та зольних домішок. Тобто, 1 г казеїнату натрію містить $\approx 0,90$ г білка (O'Mahony et al., 2017).

Виходячи з того, що в 100 г коров'ячого молока міститься $\approx 2,5$ г казеїну, для забезпечення хімічно еквівалентної кількості білка та наближення ДСМР до функціональної

імітації молока необхідно використати 2,8 г казеїнату натрію у складі 100 г готової ДСМР. При цьому можна прогнозувати, що введення казеїнату натрію у складі ДСМР є технологічно більш ефективним за використання молочного казеїну у складі молока, що зумовлено солюбілізованим станом казеїнату натрію, вищою поверхневою активністю, відсутністю міцелярної структури та швидкою адсорбцією на межі поділу фаз. Разом з цим, у присутності етилового спирту в концентрації близько 17% об. Спостерігається зниження стабілізуючої дії білків, що зумовлює доцільність використання білкового компенсатора з певним запасом стабільності. З огляду на це, вирішено технологічний еквівалент білкового компонента для молочних лікерів із використанням ДСМР прирівняти до хімічного (через вміст спирту в лікері), і дозування білкового компенсатора в ДСМР прийняти як 2,8 г казеїнату натрію у складі 100 г готової ДСМР.

Експериментально встановлено, що пряме внесення порошку казеїнату натрію в ДМР не забезпечує його повної гідратації та супроводжується утворенням нерозчинених білкових агрегатів і грудочок. Тобто, є технологічно недоцільним унаслідок кислого значення активної кислотності ДМР ($\text{pH} = 4,4\text{--}4,5$), підвищеної іонної сили та наявності фенольних сполук ($0,35 \pm 0,01\%$), що створює умови для часткової дестабілізації та агрегації білкового компонента. Відбувається гідратація поверхневого шару білкових частинок у кислому середовищі ДМР ($\text{pH} = 4,4\text{--}4,5$), що перешкоджає подальшому проникненню води у внутрішні шари та повному розчиненню білка. Це знижує керованість, відтворюваність та стабільність системи. Тому доцільним є попереднє формування стабільного білкового розчину з контрольованими параметрами кислотності, а потім поступове змішування з ДМР.

Для формування стабільного білкового розчину казеїнату натрію об'єктивно необхідним є використання мінімальної кількості води для забезпечення мінімального розбавлення ДМР і наближення ДСМР до функціональної системи молока, тобто для отримання більш «молокоподібної» ДСМР. Для мінімізації додавання додаткової води та збереження високої концентрації функціонального білка було досліджено розчини казеїнату натрію з концентрацією 4–12%. Розчинення проводили у воді при $t = 45\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ з перемішуванням до повної гідратації та розчинення. Для подальших досліджень розчин казеїнату натрію охолоджували до $(20 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результати дослідження часу розчинення та відносної в'язкості ($\eta_{\text{відн}}$) розчинів казеїнату натрію різної концентрації наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати дослідження часу розчинення та відносної в'язкості ($\eta_{\text{відн}}$) розчинів казеїнату натрію різної концентрації

Концентрація казеїнату натрію, %	Час розчинення, с	Час витікання води, с	Час витікання розчину, с	Відносна в'язкість, $\eta_{\text{відн}}$	В'язкість (візуально)
4	$(8 \pm 1) \times 60$ с	52 ± 1	64 ± 2	$1,23 \pm 0,05$	Низька
6	$(12 \pm 1) \times 60$ с	52 ± 1	76 ± 3	$1,46 \pm 0,06$	Помірна
8	$(16 \pm 1) \times 60$ с	52 ± 1	90 ± 3	$1,73 \pm 0,08$	Підвищена
10	$(22 \pm 2) \times 60$ с	52 ± 1	105 ± 4	$2,01 \pm 0,09$	Підвищена
12	$(35 \pm 3) \times 60$ с	52 ± 1	127 ± 5	$2,44 \pm 0,12$	Дуже висока

Джерело: розроблено автором.

Відносну в'язкість визначали капілярним методом із використанням віскозиметра Оствальда за температури $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зі збільшенням концентрації казеїнату натрію від 4 до 12% спостерігалось закономірне збільшення тривалості солюбілізації. Найбільше зростання часу розчинення відзначено для 12 %-го розчину, що супроводжувалося утворенням високов'язкої системи та ускладненням технологічного процесу перемішування. Розчин казеїнату натрію концентрацією 10% характеризувався достатньо високою в'язкістю,

необхідною для формування стабілізуючих властивостей ДСМР, але водночас зберігав прийнятну швидкість солюбілізації. Поступове зростання відносної в'язкості зі збільшенням концентрації казеїнату натрію свідчить про посилення міжмолекулярних взаємодій та зростання ступеня гідратації білкових макромолекул. За концентрації 10% розчин казеїнату натрію характеризується високою функціональністю, тоді як подальше підвищення концентрації до 12% супроводжується надмірним зростанням в'язкості, що обмежує технологічну придатність такого розчину казеїнату натрію. Таким чином, найбільш доцільним є використання 10 %-ї концентрації як раціональної для подальшого отримання ДСМР.

Результати досліджень технологічних характеристик, а саме активної кислотності, стабільності, ознак появи осаду, розчинів казеїнату натрію різної концентрації наведено в табл. 2. При цьому особливу увагу приділяли оцінці консистенції та колоїдної стабільності білкових систем, оскільки на етапі приготування ДСМР жирова фаза відсутня, і безпосередня емульсійна стабільність не може бути оцінена. рН визначали після повної гідратації білка.

Таблиця 2. Технологічна характеристика розчинів казеїнату натрію різної концентрації

Концентрація казеїнату натрію, %	рН розчину	Візуальна стабільність	Ознаки агрегації / осаду	Технологічна характеристика
4	6,6...6,7	стабільний	не виявлено	Добра розчинність, висока однорідність
6	6,6...6,8	стабільний	не виявлено	Колоїдна стабільність, технологічно придатний
8	6,7...6,8	стабільний	не виявлено	Висока колоїдна стабільність, придатний до концентрування
10	6,7...6,8	стабільний	не виявлено	Раціональна верхня межа концентрації
12	6,8...6,9	умовно стабільний	слабка флокуляція, або ознаки неповної гідратації (поодинокі грудочки)	Обмежена технологічна придатність

Джерело: розроблено автором.

Отримані результати свідчать, що у діапазоні концентрацій 4...10% розчини казеїнату натрію характеризуються стабільним значенням рН (6,6...6,8) та високою колоїдною стабільністю. Підвищення концентрації до 12% супроводжується незначним зростанням рН і появою ознак флокуляції, що обмежує технологічність і практичність використання таких систем.

Тобто, експериментальним шляхом (табл. 1, табл. 2) встановлено доцільність приготування 10% розчину казеїнату натрію, при такій концентрації білковий розчин є однорідним, являє собою в'язку, опалесцентну систему без видимих агломератів та нерозчинених часток. Підвищення концентрації казеїнату натрію понад 10...12 % призводить до різкого зростання в'язкості білкового розчину, ускладнює перемішування та створює ризик утворення локальних зон неповної гідратації, що негативно впливає на подальше формування емульсійної системи. Зі збільшенням концентрації казеїнату натрію рН білкового розчину змінюється незначно, що зумовлено буферною ємністю білка.

Таким чином, встановлено, що для приготування білкового розчину, казеїнат натрію харчовий поступово, тонким струменем вводять у питну воду, попередньо нагріту до

температури 45...50°C, у кількості 10% за умов механічного перемішування (без аерації) для запобігання утворенню грудок протягом (20...30)×60 с, що забезпечує повну гідратацію та солюбілізацію білка. Отриманий білковий розчин казеїнату натрію характеризується рН=6,7...6,8, тобто система має нейтральну реакцію, що забезпечує його високу поверхневу активність і технологічну придатність для стабілізації емульсійних систем. Також за концентрації розчину казеїнату натрію 10% спостерігається буферна ємність білка, розчин не потребує додаткового корегування активної кислотності перед змішуванням з ДМР.

Наступним етапом, після завершення гідратації казеїнату натрію, отриманий білковий розчин використовують для подальшого введення ДМР з одночасним контролем показника рН.

Виходячи з того, що для імітації функціональної системи молока, ДСМР повинен містити 2,8% казеїнату натрію, компоненти використовуються в наступних кількостях:

- ДМР – 72%;
- 10% водний розчин казеїнату натрію – 28% (з них: 2,8 г казеїнату натрію + 25,2 г води питної).

При цьому рН ДМР становить 4,4...4,5; 10% розчину казеїнату натрію – 6,6...6,8. Так як розчин казеїнату натрію (10%) характеризується буферною ємністю з наближенням активної кислотності до нейтральних значень (рН=6,6...6,8), високим ступенем гідратації білкових міцелоподібних структур, то критично важливим є порядок введення компонентів. Для встановлення порядку змішування було проведено порівняльне дослідження двох способів внесення компонентів: введення ДМР у розчин казеїнату натрію та введення розчину казеїнату натрію в ДМР (табл. 3). Змішування компонентів проводили за температури розчинів 35–40 °С, що забезпечує достатню рухливість білкових макромолекул, зменшення в'язкості системи та відсутність ризику термічної денатурації білка.

Таблиця 3. Характеристика розчину ДСМР залежно від способу внесення компонентів

Послідовність і спосіб змішування	Однорідність розчину	Наявність грудочок	Наявність осаду	рН системи
Введення ДМР у 10%-вий розчин казеїнату натрію	Однорідний розчин	Відсутні грудочки	Відсутній осад	6,3...6,5
Введення 10%-вого розчину казеїнату натрію у ДМР	Неоднорідний розчин	Наявні поодинокі грудочки, що не руйнуються при перемішуванні	Частковий осад	6,2...6,3

Джерело: розроблено автором.

З таблиці 3 видно, що при умові внесення 10 %-го розчину казеїнату натрію безпосередньо в ДМР білковий розчин миттєво контактує із середовищем, що має рН=4,4...4,5. При цьому на локальних ділянках виникає різке зниження рН, що призводить до часткової нейтралізації поверхневого заряду білкових частинок, їх флокуляції та утворення білкових агрегатів, які практично не зникають (не диспергуються) за інтенсивного перемішування.

При введенні ДМР тонким струменем саме в розчин казеїнату натрію під час постійного інтенсивного (безаераційного) перемішування при температурі 35...40°C протягом (10...15)×60 с спостерігалось рівномірне розподілення ДМР у всьому об'ємі білкового розчину. Поступове введення ДМР у розчин казеїнату натрію сприяє рівномірному зниженню активної кислотності білкової системи без формування локальних зон із низьким значенням рН. За таких умов білкові макромолекули залишаються у гідратованому стані, зберігаючи високу дисперсність системи. Тобто, відбувається поступове зниження рН білкової системи, стабілізація кінцевого рН ДСМР у межах 6,3...6,5, при чому солюбілізований стан казеїнату натрію зберігається, білкові частинки залишаються добре

гідратованими і не розвиваються процеси флокуляції. Введення ДМР в розчин казеїнату натрію є технологічно доцільним, оскільки забезпечує контрольовану зміну рН без утворення локальних зон ізоелектричного стану білка, що є критичним для збереження його функціональних властивостей. Якщо вводити розчин казеїнату натрію в ДМР, то відбувається часткова локальна коагуляція, флокуляція та втрата поверхневої активності білка, що технологічно недопустимо.

Для забезпечення можливості зберігання ДСМР доцільним є застосування низькотемпературної короткочасної пастеризації. Вибір режиму пастеризації обумовлений необхідністю забезпечення мікробіологічної безпечності ДСМР за максимального збереження функціональних властивостей казеїнату натрію та біологічно активних речовин рослинного походження, зокрема фенольних сполук і фруктанів. ДСМР пастеризували за температури 70...75°C з витримкою 15...20 с, що не спричиняє денатурації казеїнату натрію (казеїнат натрію термічно стабільний в цьому діапазоні), не порушує біологічно активні речовини та колоїдну стабільність білково-вуглеводної системи, тому зберігається функціональна активність добавки. Такий режим пастеризації забезпечує мінімізацію мікробіологічної активності та підвищує відтворюваність технологічних характеристик добавки під час зберігання та подальшого використання.

Після пастеризації ДСМР охолоджують до температури 2–6 °С та зберігають за холодильних умов. На підставі проведених досліджень розроблено технологічну схему виробництва ДСМР (рис. 1).

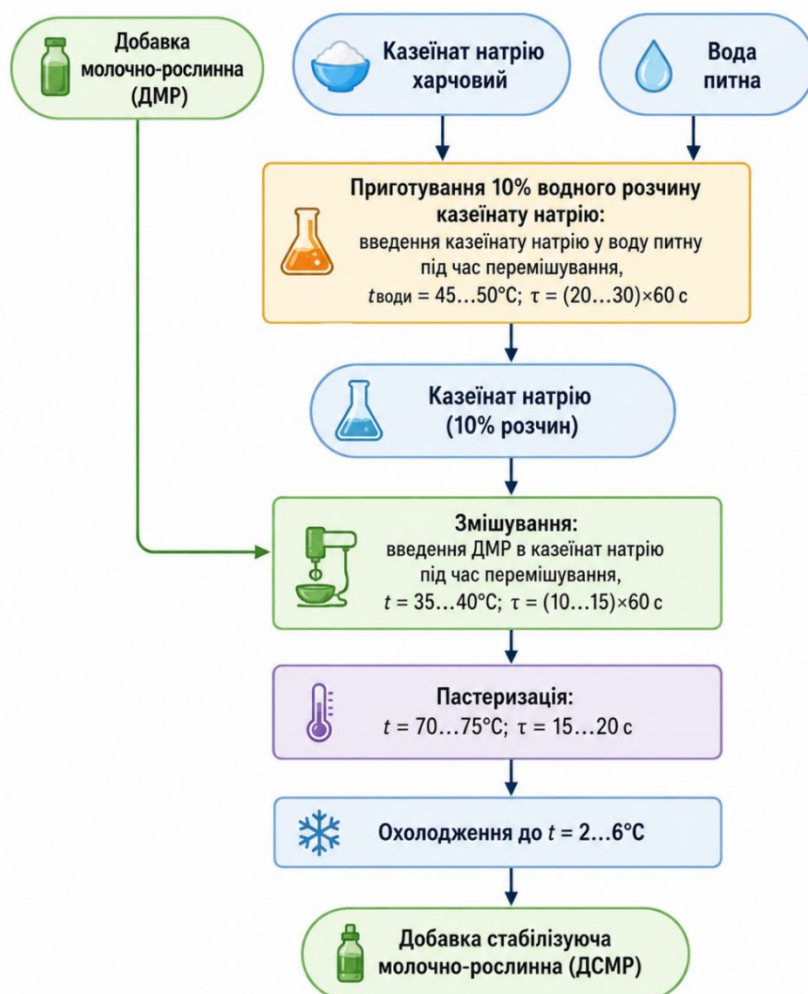


Рисунок 1. Технологічна схема виробництва ДСМР

Джерело: розроблено автором на основі лабораторних досліджень.

Таким чином, встановлено, що для отримання ДСМР необхідно використовувати наступні сировину та матеріали:

- ультрафільтрат сироватки з-під сиру кисломолочного згідно з чинною нормативною документацією, що дозволена МОЗ України та Держпродспоживслужбою;
- листові якона згідно з чинною нормативною документацією, що дозволена МОЗ України та Держпродспоживслужбою;
- казеїнат натрію харчовий (E469) згідно з технічними умовами підприємства-виробника та дозволений до використання у харчовій промисловості України;
- вода питна згідно з ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

Рецептуру ДСМР наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Рецепт ДСМР

Найменування сировини	Витрата сировини на 100 кг, кг	
	брутто	нетто
Ультрафільтрат сироватки з-під сиру кисломолочного	72,0	72,0
Листя якона (сушене, подрібнене)	7,2	7,2
Разом (стадія екстрагування)	–	79,2
Добавка молочно-рослинна (ДМР)	–	72,0
Казеїнат натрію харчовий (E469)	2,8	2,8
Вода питна (для гідратації казеїнату натрію)	25,2	25,2
Вихід (добавка стабілізуюча молочно-рослинна ДСМР):	–	100

Джерело: розроблено автором.

Відповідно до табл. 4, у процесі екстрагування відбувається перехід частини сухих речовин рослинної сировини у рідку фазу без збільшення її маси, тверда рослинна фаза (жом) видаляється центрифугуванням. Таким чином, маса добавки молочно-рослинної відповідає масі використаного ультрафільтрату, а зростання вмісту сухих речовин зумовлене перерозподілом компонентів між твердою та рідкою фазами.

Отже, спочатку отримували добавку молочно-рослинну (ДМР) шляхом екстрагування сушеного подрібненого листя якона ультрафільтратом сироватки з-під сиру кисломолочного. За раціональних параметрів екстракційного процесу (ГМ 1: 10; pH = 4,4...4,5; $t = 45 \pm 2$ °C; $\tau = (45...50) \times 60$ с) у рідку фазу переходить 1,6 г сухих речовин на 100 г екстракту. Після центрифугування тверду фазу (жом) видаляють, а екстракт додатково очищують мембранною фільтрацією. Отримана ДМР використовується як основний компонент ДСМР.

Добавка стабілізуюча молочно-рослинна являє собою багатокомпонентну систему, що включає добавку молочно-рослинну, отриману екстрагуванням листя якона ультрафільтратом сироватки з-під сиру кисломолочного, та білковий стабілізатор – казеїнат натрію, введений у вигляді попередньо солюбілізованого водного розчину.

За органолептичними показниками ДСМР є однорідною, помірно в'язкою рідиною, без осаду та сторонніх включень, без ознак розшарування, має рівномірний кремово-білий колір зі слабким світло-бурштиновим відтінком. Смак добавки приємний кисло-солодкий, з легким

кавово-рослинним присмаком, характерним для компонентів ДМР, і слабо вираженою терпкістю у післясмаку. Запах чистий, без сторонніх запахів.

Технологія виробництва ДСМР є технологічно зрозумілою, масштабованою та придатною до промислового впровадження. Усі запропоновані технологічні операції відповідають традиційним процесам молочної промисловості та можуть бути реалізовані на діючому обладнанні без істотної модернізації виробничих ліній. Контрольоване приготування розчину казеїнату натрію, раціональна послідовність змішування компонентів, короткочасна пастеризація та охолодження забезпечують відтворюваність властивостей ДСМР у промислових умовах. Це створює передумови для використання добавки як універсального функціонально-технологічного компонента у виробництві низки продукції, зокрема емульсійних лікерів, одночасно сприяючи комплексній переробці вторинної молочної сировини та підвищенню ресурсоефективності харчових виробництв.

Разом із цим, для остаточного підтвердження практичної ефективності розробленої ДСМР необхідним є проведення досліджень її функціонування безпосередньо у складі емульсійних лікерів. Перспективним напрямом подальших досліджень є оцінювання впливу ДСМР на формування та стабільність емульсійної структури готових лікерів, визначення оптимальної концентрації добавки у рецептурі, а також дослідження показників колоїдної стабільності, стійкості до розшарування та змін фізико-хімічних характеристик під час зберігання. Отримані результати дозволять комплексно оцінити технологічну ефективність ДСМР та обґрунтувати можливість її промислового використання у виробництві емульсійних лікерів.

Отримані результати дослідження підтверджують перспективність створення багатокомпонентних молочно-рослинних стабілізуючих систем на основі вторинної молочної сировини, біологічно активних компонентів рослин та білкових стабілізаторів. У більшості існуючих розробок молочні та рослинні компоненти використовують переважно з метою підвищення харчової цінності та функціональних властивостей продукції. Поряд із цим у даній роботі запропоновано технологічний підхід до формування стабілізуючої системи для емульсійних харчових продуктів із прогнозованими емульгувальними характеристиками.

Подібний напрям досліджень узгоджується із сучасними тенденціями комплексного використання молочної сировини. Так, Buchanan et al. (2023) у роботі, присвяченій сучасним підходам до переробки молочної сироватки, зазначають, що вторинні молочні ресурси є перспективним джерелом функціональних інгредієнтів завдяки наявності лактози, мінеральних речовин, білкових компонентів та низькомолекулярних сполук. Авторами акцентовано увагу на необхідності переходу від утилізації сироватки до її комплексного використання у виробництві продуктів із високою доданою вартістю. Результати розробки ДСМР розширюють цей підхід шляхом використання ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного як основи для екстрагування компонентів листа якона та формування нової функціонально-технологічної добавки.

Подібні висновки отримані Yadav et al. (2015), які досліджували можливості використання сироватки як джерела біологічно активних білків, пептидів та функціональних інгредієнтів. Автори розглядали переважно білкові фракції сироватки та продукти їх переробки, тоді як у запропонованій технології акцент зроблено на використанні ультрафільтрату після вилучення білків. Це дозволяє залучати до технологічного циклу менш досліджену фракцію молочної сировини, яка містить лактозу, органічні кислоти та мінеральні компоненти.

Питання застосування мембранних технологій для одержання функціональних молочних інгредієнтів розглядали Blais et al. (2022). Авторами показано, що багатоступенева мембранна фільтрація дозволяє отримувати продукти із прогнозованим складом та технологічними властивостями. Результати проведених досліджень з розробки технології ДСМР доповнюють ці положення, оскільки ультрафільтрат сироватки використано не лише

як побічний продукт мембранного розділення, а як активний компонент формування молочно-рослинної системи.

Застосування рослинних біоактивних компонентів у молочних продуктах широко досліджував Salehi (2021). Автор встановив, що додавання рослинної сировини до молочних систем сприяє підвищенню антиоксидантної активності, покращенню харчової цінності та розширенню асортименту функціональних продуктів. Разом із цим, у більшості таких досліджень рослинні компоненти виконують переважно збагачувальну функцію (плоди, ягоди, соки, порошки), тоді як їхній технологічний вплив на стабільність емульсійних систем розглядається обмежено. Запропонована ДСМР відрізняється тим, що рослинний компонент поєднано з білковим стабілізатором для забезпечення не лише функціонального збагачення, а й регулювання структурно-механічних властивостей системи.

Роль білкових компонентів у стабілізації харчових емульсій досліджував Dickinson (2019). Автором встановлено, що ефективність білкових стабілізаторів визначається здатністю формувати адсорбційний шар на межі поділу фаз, запобігати коалесценції жирових крапель і забезпечувати агрегативну стабільність емульсій. Отримані нами результати щодо необхідності введення казеїнату натрію підтверджують ці положення, оскільки ДМР без додаткової білкової складової не забезпечує достатньої емульгувальної активності. Водночас використання казеїнату натрію у концентрації 2,8% дозволило сформувати білково-вуглеводну систему, наближену за функціональними характеристиками до молочної фази.

Функціональні властивості молочних білків та можливості їх технологічного регулювання у харчових системах досліджували O'Mahony et al. (2017). Автори встановили, що технологічні характеристики білкових компонентів значною мірою визначаються їх структурним станом, здатністю до гідратації, взаємодією з іншими компонентами системи та можливістю формування стабільних міжфазних структур. Отримані нами результати щодо необхідності попередньої солюбілізації казеїнату натрію та контролю порядку змішування компонентів узгоджуються з цими положеннями, оскільки формування стабільної білкової фази перед контактом із компонентами з нижчим значенням рН є визначальним чинником збереження функціональних властивостей білка та запобігання його агрегації.

Таким чином, результати проведених досліджень загалом відповідають сучасним науковим тенденціям щодо використання вторинної молочної сировини, рослинних біоактивних компонентів та білкових стабілізаторів у харчових технологіях. Водночас запропонована технологія ДСМР відрізняється від більшості відомих розробок, оскільки передбачає комплексне поєднання функціональних властивостей ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного, листя якона та казеїнату натрію для створення стабілізуючої системи, орієнтованої на використання в емульсійних харчових продуктах. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оцінювання ефективності використання ДСМР безпосередньо у складі емульсійних лікерів із визначенням показників емульсійної стабільності, реологічних характеристик, стійкості під час зберігання та впливу на органолептичні властивості готової продукції.

ВИСНОВКИ. Доведено доцільність використання добавки молочно-рослинної як основи для створення добавки стабілізуючої молочно-рослинної, спрямованої на застосування у технології емульсійних харчових продуктів, зокрема емульсійних лікерів. Встановлено, що ДМР, незважаючи на високий вміст біологічно активних речовин рослинного походження, не має достатніх емульгувальних властивостей, що зумовлює необхідність введення білкового стабілізатора.

Науково обґрунтовано склад ДСМР, до якого входять ДМР та казеїнат натрію, внесений у вигляді попередньо солюбілізованого водного розчину. Визначено, що раціональною є концентрація казеїнату натрію 2,8% у готовій добавці, що забезпечує

формування стійкої білково-вуглеводної системи, наближеної за своїм складом до системи «молоко», з високими емульгувальними властивостями.

Встановлено раціональний порядок внесення компонентів, який передбачає поступове введення ДМР у попередньо підготовлений водний розчин казеїнату натрію. Це забезпечує отримання однорідної системи без ознак коагуляції білка та дозволяє сформувати середовище з активною кислотністю $\text{pH} = 6,2\text{--}6,6$, що є сприятливим для збереження колоїдної стабільності добавки.

Розроблена технологія ДСМР дозволяє поєднати функціональні властивості біологічно активних речовин листя якона та ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного з високою емульгувальною та стабілізуючою здатністю казеїнату натрію. Отримана добавка може бути використана як універсальний функціонально-технологічний інгредієнт у виробництві емульсійних лікерів та інших харчових продуктів, що потребують підвищеної колоїдної та агрегативної стабільності.

Подяки. Немає

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Ali, M. A., Kamal, M. M., Rahman, M. H., et al. (2022). Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: current trends and future perspectives. *Journal of Food Science and Technology*, 59. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05091-8>
- Blais, H. N., Schroën, K., & Tobin, J. T. (2022). A review of multistage membrane filtration approaches for enhanced efficiency during concentration and fractionation of milk and whey. *International Journal of Dairy Technology*, 75(4), 749-760. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12884>
- Buchanan, D., Martindale, W., Romeih, E., & Hebishy, E. (2023). Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. *International Journal of Dairy Technology*, 76(2), 291-312. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>
- Carvalho, F. A. L., et al. (2024). Valorization of agri-food waste and by-products in cheese and other dairy foods: An updated review. *Food Bioscience*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103751>
- Dickinson, E. (2019). Strategies to control and inhibit the flocculation of protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 96, 209-223. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.021>
- Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93-118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Gullón, P., Gullón, B., Tavaría, F., Alonso, J. L., & Domínguez, H. (2020). Seaweed extracts as a source of bioactive compounds for food applications. *Food Hydrocolloids*, 102, 105537. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105537>
- Huppertz, T. (2025). *Dairy Science and Technology* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press/Balkema. <https://doi.org/10.1201/9781003271765>
- International Organization for Standardization. (1994). ISO 3105:1994. Glass capillary kinematic viscometers – Specifications and operating instructions. Geneva, Switzerland: Author.
- International Organization for Standardization. (2010). ISO 5546:2010. Caseins and caseinates – Determination of pH (Reference method). Geneva, Switzerland: Author.
- Kolesnyk, V., Polupan, V., Penkina, N., Sorokina, S., Penkin, A., Bushtakov, I., & Veretennikov, O. (2025). Substantiation of the dairy-plant additives technology for use in functional products. *Food Science and Technology*, 18(4), 63-73. <https://doi.org/10.15673/fst.v18i4.3145>

- Nieto, G. (2024). Applications of Plant Bioactive Compounds as Replacers of Synthetic Additives in the Food Industry. *Foods*, 13(1), 47. <https://doi.org/10.3390/foods13010047>
- O'Donoghue, L. T., & Murphy, E. G. (2023). Nondairy food applications of whey and milk permeates: Direct and indirect uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(4). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13157>
- O'Mahony, J. A., Drapala, K. P., Mulcahy, E. M., & Mulvihill, D. M. (2017). Controlled glycation of milk proteins and peptides: *Functional properties*. *International Dairy Journal*, 67, 16-34. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.09.012>
- Salehi, F. (2021). Quality, physicochemical, and textural properties of dairy products containing fruits and vegetables: *A review*. *Food Science & Nutrition*, 9(8). <https://doi.org/10.1002/fsn3.2430>
- Wazzan, H. (2024). Fortification of Dairy Products using Plant-derived Bioactive Compounds. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 12(2). <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.12.2.6>
- Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33(6), 756-774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>