

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-369-24>
УДК 632.935.2-047.44:635.1/.8:658.2722

ВЕРЕТЕННИКОВ СЕРГІЙ

Державний біотехнологічний університет

<https://orcid.org/0009-0003-1304-9903>

e-mail: sergeyveret85@ukr.net

КОЛЕСНИК ВІКТОРІЯ

Державний біотехнологічний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3178-9801>

e-mail: vkol240584@gmail.com

ПОЛУПАН ВАЛЕНТИН

Державний біотехнологічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-3705-1616>

e-mail: pvalvad@gmail.com

ПЕНКІНА НАТАЛІЯ

Державний біотехнологічний університет

<https://orcid.org/0000-0003-0125-4275>

e-mail: penkinanatali77@gmail.com

СПИРТОСТІЙКІСТЬ ДОБАВКИ МОЛОЧНО-РОСЛИННОЇ ЯК ПЕРЕДУМОВА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ СЛАБОАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

Обґрунтовано доцільність дослідження спиртостійкості добавки молочно-рослинної (ДМР), отриманої шляхом екстрагування речовин листя якона ультрафільтратом сироватки з-під сиру кисломолочного. Актуальність роботи зумовлена необхідністю встановлення фізичної стабільності багатокомпонентних харчових систем під впливом етилового спирту як передумови їх використання у технології слабоалкогольних напоїв. Метою дослідження було визначення та порівняльне оцінювання спиртостійкості ДМР і вихідного ультрафільтрату молочної сироватки, а також встановлення збереження фізичної стабільності добавки у водно-спиртовому середовищі протягом зберігання.

Дослідження проведено з використанням адаптованої методики алкогольної проби. ДМР та ультрафільтрат сироватки з-під сиру кисломолочного змішували з водно-спиртовими розчинами з об'ємною часткою етилового спирту 68–80 % у співвідношенні 1:1. Стійкість досліджуваних систем оцінювали за зовнішнім виглядом та зміною оптичної густини, яку визначали спектрофотометричним методом за довжини хвиль 490 і 660 нм. Для об'єктивного порівняння впливу етанолу використовували приріст оптичної густини відносно відповідних контрольних систем, одержаних змішуванням досліджуваних зразків із дистильованою водою у співвідношенні 1:1.

Встановлено, що ДМР після змішування з водно-спиртовими розчинами у всьому досліджуваному діапазоні концентрацій етанолу зберігала однорідність без видимих ознак флокуляції, утворення осаду або розшиарування. Водночас у вихідному ультрафільтраті за використання найбільш концентрованого розчину етанолу спостерігалася слабка опалесценція. За довжини хвилі 490 нм максимальний приріст оптичної густини ДМР відносно контролю становив 0,03, тоді як ультрафільтрату – 0,06. За довжини хвилі 660 нм відповідні значення становили 0,02 та 0,05. Отримані результати свідчать про менш виражені зміни оптичного стану ДМР порівняно з вихідним ультрафільтратом під впливом етанолу. Узгодженість результатів за двох довжин хвиль підтверджує, що встановлені відмінності не зумовлені виключно власним забарвленням добавки.

Досліджено збереження спиртостійкості ДМР протягом 11 діб у модельній системі «ДМР – етанол» номінальною міцністю 40 % об. Встановлено, що впродовж досліджуваного періоду система зберігала однорідність без появи опалесценції, флокул, осаду та розшиарування. За довжини хвилі 490 нм оптична густина модельної системи змінювалася від 0,130 до 0,140, а за 660 нм – від 0,050 до 0,052. При цьому різниця оптичної густини між дослідною та відповідною контрольною системами протягом усього періоду зберігання залишалася сталою і становила 0,030 та 0,020 відповідно. Синхронний характер змін оптичної густини дослідної та контрольної систем свідчить про відсутність виявлених ознак прогресивної дестабілізації ДМР, зумовленої присутністю етанолу, за прийнятих умов зберігання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в експериментальному підтвердженні сумісності ДМР із водно-спиртовим середовищем та збереження її фізичної однорідності протягом досліджуваного періоду. Встановлені закономірності створюють науково-технологічні передумови для подальшого використання добавки молочно-рослинної як рецептурного компонента слабоалкогольних напоїв із резульованим нутрієнтним складом.

Ключові слова: добавка молочно-рослинна, ультрафільтрат молочної сироватки, спиртостійкість, оптична густина, якон, слабоалкогольні напої.

VERETENNIKOV SERHI, KOLESNYK VIKTORIIA, POLUPAN VALENTYN, PENKINA NATALIIA

State Biotechnological University

ETHANOL RESISTANCE OF A MILK-PLANT ADDITIVE AS A PREREQUISITE FOR ITS USE IN THE TECHNOLOGY OF LOW-ALCOHOL BEVERAGES

The feasibility of investigating the ethanol stability of a milk-plant additive (MPA) obtained by extracting compounds from yacon leaves using ultrafiltrate of acid whey from cottage cheese production has been substantiated. The relevance of the study is determined by the need to establish the physical stability of multicomponent food systems under the influence of ethanol as a prerequisite for their application in low-alcohol beverage technology. The aim of the study was to determine and comparatively evaluate the ethanol stability of the MPA and the original whey ultrafiltrate, as well as to assess the preservation of the additive's physical stability in an aqueous ethanol medium during storage.

The study was conducted using an adapted alcohol stability test. The MPA and cottage cheese whey ultrafiltrate were mixed with aqueous ethanol solutions containing 68-80% (v/v) ethanol at a ratio of 1:1. The stability of the investigated systems was evaluated based on their visual

appearance and changes in optical density, measured spectrophotometrically at wavelengths of 490 and 660 nm. To objectively compare the effects of ethanol, changes in optical density relative to the corresponding control systems, prepared by mixing the investigated samples with distilled water at a ratio of 1:1, were determined.

It was established that, after mixing with aqueous ethanol solutions throughout the investigated concentration range, the MPA maintained its homogeneity without visible signs of flocculation, sediment formation, or phase separation. In contrast, slight opalescence was observed in the original whey ultrafiltrate when the most concentrated ethanol solution was used. At a wavelength of 490 nm, the maximum increase in optical density relative to the control was 0.03 for the MPA and 0.06 for the ultrafiltrate. At a wavelength of 660 nm, the corresponding values were 0.02 and 0.05, respectively. These results indicate less pronounced changes in the optical properties of the MPA compared with the original ultrafiltrate under the influence of ethanol. The consistency of the results obtained at both wavelengths confirms that the observed differences cannot be attributed solely to the inherent coloration of the additive.

The preservation of the MPA's ethanol stability was investigated over 11 days of storage in a model system consisting of MPA and ethanol, with a nominal alcohol content of 40% (v/v). It was established that the system remained homogeneous throughout the investigated storage period, without the appearance of opalescence, flocculation, sediment formation, or phase separation. At a wavelength of 490 nm, the optical density of the model system increased from 0.130 to 0.140, whereas at 660 nm it increased from 0.050 to 0.052. However, the difference in optical density between the experimental and corresponding control systems remained constant throughout the storage period, amounting to 0.030 and 0.020 at 490 and 660 nm, respectively. The synchronous changes in optical density observed in the experimental and control systems indicate the absence of detectable signs of progressive destabilization of the MPA attributable to the presence of ethanol under the applied storage conditions.

The practical significance of the obtained results lies in the experimental confirmation of the compatibility of the MPA with an aqueous ethanol medium and the preservation of its physical homogeneity throughout the investigated storage period. The established relationships provide a scientific and technological basis for the further application of the milk-plant additive as a formulation component in the development of low-alcohol beverages with a regulated nutrient composition.

Keywords: milk-plant additive, milk whey ultrafiltrate, ethanol resistance, optical density, yacon, low-alcohol beverages.

Стаття надійшла до редакції / Received 09.09.2026

Прийнята до друку / Accepted 28.09.2026

Опубліковано / Published 15.10.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Веретенников Сергій, Колесник Вікторія, Полупан Валентин, Пенкіна Наталія

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасний розвиток харчової промисловості характеризується пошуком технологічних рішень, спрямованих на комплексне використання вторинної сировини, підвищення ресурсоефективності виробництва та створення продуктів із прогнозованими функціонально-технологічними властивостями. Особливий інтерес у цьому контексті становить молочна сироватка, яка утворюється у значних обсягах під час виробництва сиру та кисломолочних продуктів. Завдяки наявності лактози, мінеральних речовин, водорозчинних вітамінів, пептидів та інших низькомолекулярних компонентів сироватка розглядається не лише як побічний продукт, а як перспективна сировина для отримання харчових інгредієнтів і напоїв. Сучасні огляди підкреслюють значний потенціал ультрафільтрації та інших мембранних технологій для її комплексної переробки [1].

Одним із напрямів підвищення технологічної цінності молочної сировини є її поєднання з рослинною сировиною, що містить фенольні сполуки, флавоноїди, органічні кислоти та інші біологічно активні речовини. Листя якона (*Smallanthus sonchifolius*) є перспективним джерелом таких компонентів. У наукових дослідженнях у хімічному складі листя якона встановлено наявність хлорогенової, кавової, ферулової та інших фенольних кислот, а також флавоноїдів [2].

У результаті попередньо проведених досліджень була розроблена добавка молочно-рослинна (ДМР), отримана шляхом екстрагування речовин підготовленого листя якона ультрафільтратом сироватки з-під сиру кисломолочного [3]. Для її отримання встановлено раціональні технологічні параметри: гідромодуль 1:10, температура 45 ± 2 °C, тривалість екстрагування 45-50 хв та pH 4,4-4,5. ДМР характеризувалася вмістом сухих речовин $6,82 \pm 0,30$ %, білка – $0,22 \pm 0,01$ %, вуглеводів – $4,60 \pm 0,20$ %, ліпідів – $0,40 \pm 0,02$ %, зольних речовин – $1,60 \pm 0,05$ % [4]. Сировина та результат отримання добавки молочно-рослинної наведено на рис.1.

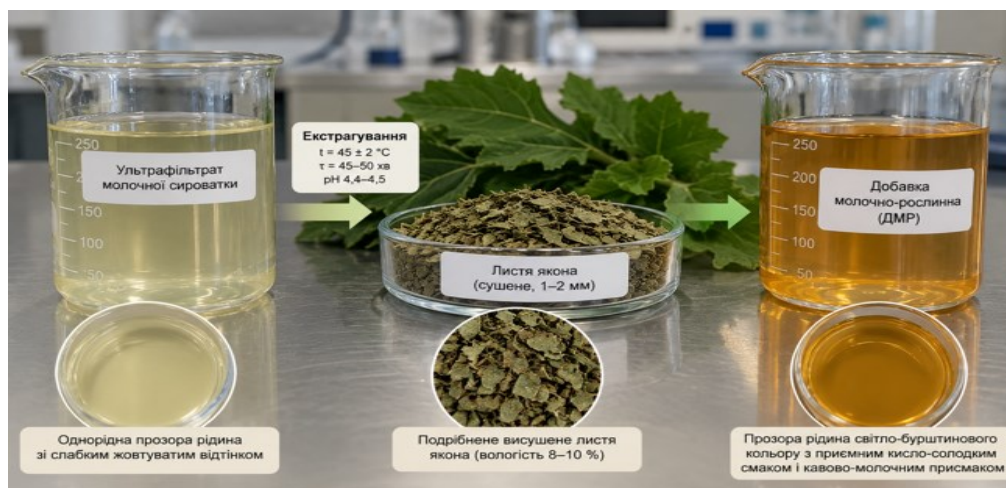


Рис. 1. Сировина та результат отримання добавки молочно-рослинної

Водночас можливість використання такої системи у технології слабоалкогольних або інших водно-спиртових продуктів визначається не лише її харчовою цінністю, а й здатністю зберігати фізичну та колоїдну стабільність за умови присутності етанолу.

Етанол може істотно змінювати властивості білкових і колоїдних систем. Для сироваткових білків показано, що підвищення концентрації етанолу може супроводжуватися змінами вторинної та третинної структури, денатурацією та агрегацією білкових молекул [5].

Тому для нових молочно-рослинних систем принциповим питанням є встановлення межі їх стійкості до дії етанолу та з'ясування того, чи зберігає сформована система переваги порівняно з вихідною молочною сировиною.

Аналіз досліджень та публікацій

Використання молочної сироватки як вторинної сировини набуває дедалі більшого значення в умовах переходу харчової промисловості до принципів циркулярної економіки. У сучасних роботах сироватку характеризують як джерело лактози, білків, мінеральних речовин та інших цінних компонентів, які можуть бути використані для отримання напоїв, концентратів, ферментованих продуктів та функціональних інгредієнтів [6].

Особливий інтерес становить ультрафільтрація, яка дає змогу селективно розділяти компоненти сироватки. Залежно від режиму мембранного розділення білкова фракція затримується мембраною, тоді як лактоза, мінеральні речовини та частина низькомолекулярних сполук переходять у пермеат [7].

Використання сироваткових компонентів у напоях є перспективним напрямом, проте однією з основних технологічних проблем залишається забезпечення їх фізичної стабільності. Для сироваткових напоїв описано ризик утворення осаду, зміни прозорості та агрегації білків, особливо під впливом теплової обробки та зміни рН [8].

Для гетерогенних харчових систем важливе значення мають електростатичні та стеричні механізми стабілізації, розмір дисперсних частинок, заряд поверхні та умови середовища. Для оцінювання фізичної стабільності напоїв можуть застосовуватися спектрофотометричні методи, які дають змогу кількісно характеризувати зміни світлорозсіювання та прозорості системи [9].

Окремим фактором є етиловий спирт. Дослідження сироваткових білкових ізолатів показують, що дія етанолу може змінювати структуру білків і стимулювати агрегаційні процеси; при цьому характер змін залежить від концентрації етанолу та властивостей білкової системи [10].

Для рослинної складової ДМР важливим є те, що листя якої містить широкий спектр фенольних сполук. Зокрема, для нього встановлено наявність хлорогенової, кавової та ферулової кислот, а дослідження екстрактів листя підтверджують їх значний фенольний та антиоксидантний потенціал [11].

Таким чином, поєднання ультрафільтрату сироватки та рослинного екстракту створює багатокомпонентну систему, поведінка якої у водно-спиртовому середовищі не може бути повністю передбачена лише за закономірностями, встановленими для молока або концентрованих білкових систем.

Саме тому необхідним є експериментальне визначення спиртостійкості ДМР та її порівняння з вихідним ультрафільтратом.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є визначення та порівняльна оцінка стійкості добавки молочно-рослинної до дії етилового спирту в модельних водно-спиртових системах, а також встановлення збереження її спиртостійкості протягом зберігання.

Виклад основного матеріалу

Для оцінювання фізичної стабільності ДМР у водно-спиртовому середовищі досліджували її стійкість до дії етилового спирту. З огляду на невисоку концентрацію білка в ДМР та її відмінність від молока, методику алкогольної проби, регламентовану ДСТУ 5073:2008 «Молоко та вершки. Метод визначення термостійкості за алкогольною пробою» [12], було використано як методичну основу з відповідною адаптацією умов дослідження. Для цього застосовували водно-спиртові розчини з концентрацією етанолу 68–80 % об.

ДМР змішували з водно-спиртовими розчинами у співвідношенні 1:1. Стійкість оцінювали за змінами зовнішнього вигляду та оптичної густини дослідних систем, визначаючи концентрацію етанолу, за якої починали проявлятися ознаки порушення стабільності. Результати візуальної оцінки стійкості ДМР та ультрафільтрату молочної сироватки наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Стійкість ДМР та ультрафільтрату молочної сироватки до дії етилового спирту за адаптованою алкогольною пробою

Зразок	Об'ємна концентрація розчинів етилового спирту				
	68 % об.	70 % об.	72 % об.	75 % об.	80 % об.
ДМР	Однорідна рідина				
УФ молочної сироватки	Однорідна рідина		Легке помутніння		Помутніння + опалесценція

Результати, наведені в табл. 1, свідчать про високу стійкість ДМР до дії етилового спирту. За досліджуваних концентрацій після змішування з водно-спиртовими розчинами ДМР зберігала однорідність без видимих ознак коагуляції, флокуляції чи утворення осаду. На відміну від ДМР, ультрафільтрат молочної сироватки зі збільшенням концентрації етанолу характеризувався появою помутніння та опалесценції, що свідчить про більшу чутливість його дисперсної системи.

Для кількісної оцінки виявлених змін та об'єктивного порівняння спиртостійкості ДМР і ультрафільтрату визначали оптичну густину дослідних систем спектрофотометричним методом (рис. 2). Оптичну густину вимірювали за довжини хвилі 490 нм після змішування з водно-спиртовими розчинами та витримування проб за однакових умов. Збільшення оптичної густини розглядали як непряму ознаку зростання світлорозсіювання, пов'язаного зі змінами дисперсного стану системи.

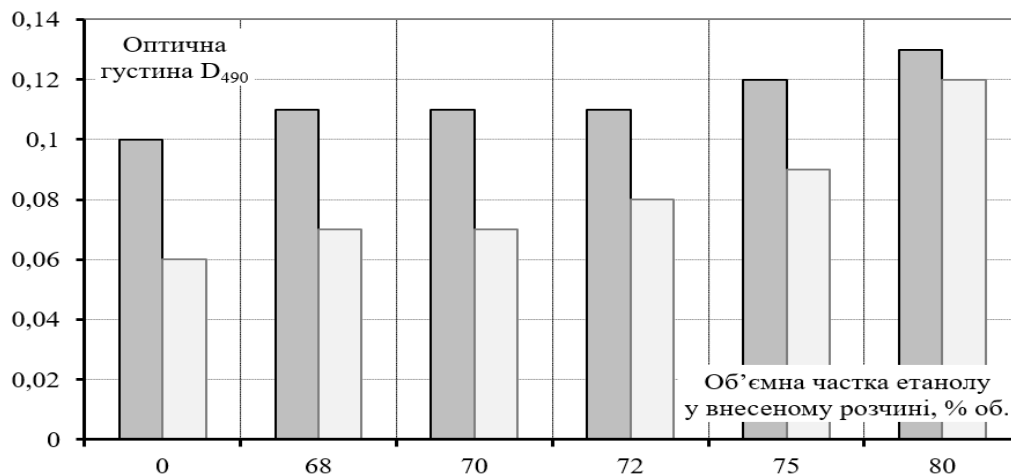


Рис. 2. Оптична густина ДМР та ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного після змішування з водними розчинами етилового спирту (за довжини хвилі $\lambda = 490$ нм):

■ Добавка молочно-рослинна

□ Ультрафільтрат сироватки з-під сиру кисломолочного

Як свідчать дані, наведені на рис. 2, зі збільшенням об'ємної частки етилового спирту у внесеному водно-спиртовому розчині оптична густина обох досліджуваних систем загалом мала тенденцію до зростання. Водночас абсолютні значення оптичної густини ДМР та ультрафільтрату не можна безпосередньо використовувати для порівняння їхньої стійкості, оскільки зразки відрізнялися за початковими оптичними властивостями. Тому вплив етанолу оцінювали за приростом оптичної густини відносно відповідної контрольної системи, що наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна оптичної густини ДМР та ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного відносно контрольних систем після змішування з водними розчинами етилового спирту (за довжини хвилі $\lambda = 490$ нм)

Зразок	Об'ємна концентрація розчинів етилового спирту					
	0 % об.	68 % об.	70 % об.	72 % об.	75 % об.	80 % об.
ДМР	0	+0,01	+0,01	+0,01	+0,02	+0,03
УФ молочної сироватки	0	+0,01	+0,01	+0,02	+0,03	+0,06

Контрольні системи одержували змішуванням ДМР або ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного з дистильованою водою у співвідношенні 1:1. Оптична густина контрольної системи з ДМР становила 0,10, тоді як відповідне значення для ультрафільтрату дорівнювало 0,06. Вища початкова оптична густина ДМР може бути зумовлена її світло-бурштиновим забарвленням, сформованим екстрактивними речовинами листя якону, а також вищим вмістом сухих речовин і особливостями вихідного дисперсного стану добавки.

Після внесення водно-спиртових розчинів оптична густина ДМР становила 0,11 за використання розчинів з об'ємною часткою етанолу 68, 70 і 72% об., 0,12 – за 75% об. та 0,13 – за 80% об. Відповідно, приріст оптичної густини відносно контрольної системи становив 0,01; 0,01; 0,01; 0,02 та 0,03, що показано в табл. 2. Незначний характер цих змін узгоджується з результатами візуального оцінювання, за якими ДМР зберігала однорідність у всьому дослідженому діапазоні концентрацій етанолу.

Для ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного оптична густина після внесення водно-спиртових розчинів становила відповідно 0,07; 0,07; 0,08; 0,09 та 0,12 (рис. 2). Приріст показника відносно контролю дорівнював 0,01; 0,01; 0,02; 0,03 та 0,06 (табл. 2). Отже, за використання розчинів з об'ємною часткою етанолу 68 і 70% об. зміни оптичної густини обох систем були однаковими. Починаючи з 72% об., приріст оптичної густини ультрафільтрату поступово перевищував відповідний показник ДМР, а найбільша відмінність спостерігалася за внесення 80% об. розчину етанолу: 0,06 для ультрафільтрату проти 0,03 для ДМР. Це узгоджується з появою слабкої опалесценції та помутніння ультрафільтрату за найвищої дослідженої концентрації етанолу, тоді як ДМР візуально залишалася однорідною.

Зростання оптичної густини свідчить про зменшення світлопропускання досліджуваних систем і може бути пов'язане з посиленням світлорозсіювання внаслідок початкових змін їх дисперсного стану. Проте визначення за довжини хвилі 490 нм характеризує сукупний вплив світлорозсіювання та поглинання світла забарвленими компонентами, особливо у випадку ДМР. Тому одержані значення та їх приріст відносно контролю слід розглядати як непрямі інтегральні показники зміни оптичних властивостей систем, а не як безпосередню міру коагуляції компонентів.

З огляду на низький вміст високомолекулярних білкових компонентів, відсутність флокул та осаду виявлені зміни, ймовірно, не слід однозначно пов'язувати з білковою коагуляцією. Менший приріст оптичної густини ДМР свідчить про менш виражену зміну її оптичного стану під дією етанолу. Отримані результати в сукупності з даними візуального оцінювання підтверджують короточасну сумісність ДМР з етанолом у межах досліджених умов і обґрунтовують необхідність подальшого оцінювання стабільності системи з часом.

Для зменшення впливу власного забарвлення ДМР дослідження було доповнено визначенням оптичної густини за довжини хвилі 660 нм. У цій спектральній області поглинання світла речовинами, які формують світло-бурштинове забарвлення ДМР, є менш вираженим. Тому значення оптичної густини за довжини хвилі 660 нм та його зміну відносно відповідної контрольної системи використовували як додаткові непрямі показники помутніння і зміни дисперсного стану досліджуваних систем (рис. 3).

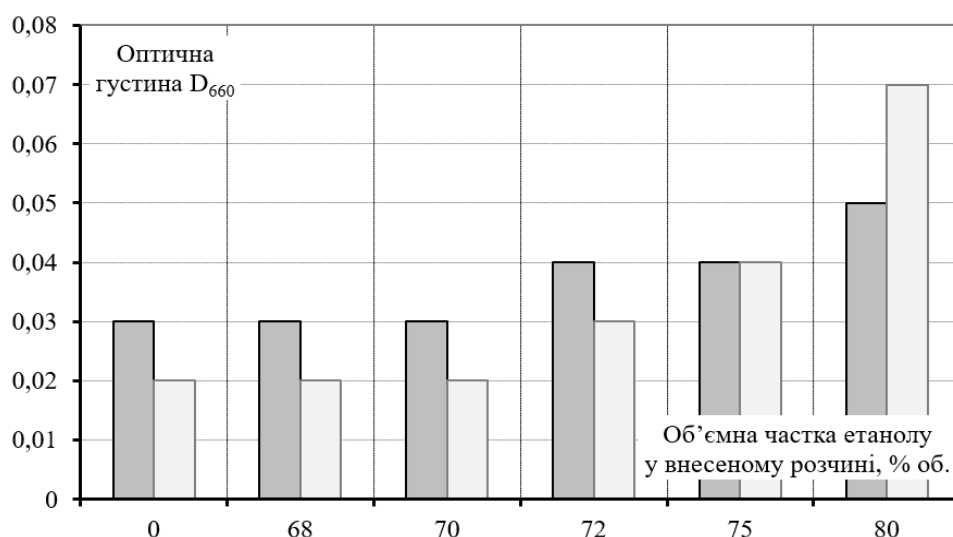


Рис. 3. Оптична густина ДМР та ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного після змішування з водними розчинами етилового спирту (за довжини хвилі $\lambda = 660$ нм):

- Добавка молочно-рослинна
- Ультрафільтрат сироватки з-під сиру кисломолочного

На рис. 3. показано, що у контрольних системах, одержаних змішуванням досліджуваних зразків із дистильованою водою у співвідношенні 1:1, оптична густина за довжини хвилі 660 нм становила 0,03 для ДМР та 0,02 для ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного. Порівняно з результатами, одержаними за довжини хвилі 490 нм, оптична густина контрольної системи з ДМР зменшилася від 0,10 до 0,03, а системи з ультрафільтратом – від 0,06 до 0,02. Більш виражене зниження показника ДМР узгоджується з тим, що за довжини хвилі 490 нм певний внесок у формування оптичної густини належав власному світло-бурштиновому забарвленню добавки, тоді як за 660 нм вплив забарвлених компонентів був значно меншим. Водночас необхідно враховувати, що інтенсивність світлорозсіювання також залежить від довжини хвилі.

Після внесення водно-спиртових розчинів з об'ємною часткою етанолу 68 і 70% об. оптична густина ДМР за довжини хвилі 660 нм залишалася на рівні контрольної системи та становила 0,03. За використання розчинів з об'ємною часткою етанолу 72 і 75% об. значення показника збільшувалося до 0,04, а за 80% об. – до 0,05. Відповідно, приріст оптичної густини ДМР відносно контролю становив 0,00; 0,00; 0,01; 0,01 та 0,02, що показано в табл. 3. Отже, зміна оптичних властивостей ДМР у дослідженому діапазоні концентрацій етанолу була незначною та не супроводжувалася появою візуально помітних флокул, осаду або розшарування.

Таблиця 3

Зміна оптичної густини ДМР та ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного відносно контрольних систем після змішування з водними розчинами етилового спирту (за довжини хвилі $\lambda = 660$ нм)

Зразок	Об'ємна концентрація розчинів етилового спирту					
	0 % об.	68 % об.	70 % об.	72 % об.	75 % об.	80 % об.
ДМР	0	0	0	+0,01	+0,01	+0,02
УФ молочної сироватки	0	0	0	+0,01	+0,02	+0,05

Після внесення водно-спиртових розчинів з об'ємною часткою етанолу 68 і 70% об. оптична густина ультрафільтрату сироватки з-під сиру кисломолочного за довжини хвилі 660 нм становила 0,02, тобто за прийнятої точності подання результатів залишалася на рівні контрольної системи. Це свідчить про відсутність фотометрично зафіксованого посилення світлорозсіювання за зазначених умов, але не виключає перебігу міжмолекулярних змін, які не супроводжувалися утворенням частинок достатнього розміру або концентрації. Починаючи з використання водно-спиртового розчину з об'ємною часткою етанолу 72% об., спостерігалася тенденція до підвищення оптичної густини, що була найбільш виражена за 80% об. розчину і складала 0,07. Приріст оптичної густини відносно контрольної системи становив відповідно 0,00; 0,00; 0,01; 0,02 та 0,05 (табл. 3).

Порівняння приросту оптичної густини показало, що за використання водно-спиртових розчинів з об'ємною часткою етанолу 68...72% об. зміни в обох системах були однаковими або близькими. За 75% об. приріст оптичної густини ультрафільтрату становив 0,02 проти 0,01 для ДМР, а за 80% об. – 0,05 проти 0,02 відповідно. Тобто, відмінність між оптичним відгуком досліджуваних систем найбільш виразно проявлялася за найвищої концентрації етанолу. Це узгоджується з результатами візуального оцінювання, відповідно до яких за внесення 80% об. розчину етанолу в ультрафільтраті сироватки з-під сиру кисломолочного спостерігалася слабка опалесценція без утворення флокул та осаду, тоді як ДМР зберігала однорідність.

Зростання оптичної густини за довжини хвилі 660 нм може бути пов'язане переважно з посиленням світлорозсіювання внаслідок початкових змін дисперсного стану досліджуваних систем. Проте цей показник залишається непрямую оптичною характеристикою і не дає змоги встановити склад та природу частинок або однозначно пов'язати виявлені зміни з коагуляцією певної групи компонентів. З огляду на відсутність видимих агрегатів та осаду одержані результати доцільно характеризувати як початкові зміни оптичного стану систем, а не як їх виражену дестабілізацію.

Зіставлення результатів, одержаних за довжини хвиль 490 і 660 нм, виявило однакову загальну спрямованість змін. За найвищої дослідженої концентрації етанолу приріст оптичної густини ДМР становив 0,03 за 490 нм і 0,02 за 660 нм, тоді як для ультрафільтрату відповідні значення дорівнювали 0,06 і 0,05. Збереження цієї закономірності за 660 нм свідчить, що відмінність між зразками не зумовлена лише власним забарвленням ДМР. Сукупність результатів візуального та інструментального оцінювання показує, що за найжорсткіших умов адаптованої алкогольної проби зміни оптичного стану ДМР були менш вираженими, ніж зміни вихідного ультрафільтрату.

Менший приріст оптичної густини ДМР не можна пояснювати нижчим вмістом білкових речовин. Загальний вміст азотовмісних речовин у ДМР становив 0,30%, а в ультрафільтраті – 0,16%, проте ця різниця переважно зумовлена вищим вмістом вільних амінокислот – 0,20 і 0,06% відповідно. Вільні амінокислоти не належать до високомолекулярної фракції, здатної до білкової коагуляції. Водночас обидві системи мали однаковий вміст лактози, слідові кількості ліпідів і близькі значення рН.

Відмінність оптичного відгуку ДМР могла бути зумовлена сукупним впливом екстрактивних речовин листя якону та технологічних операцій її одержання. Органічні кислоти, вуглеводи, фенольні й мінеральні компоненти могли змінювати гідратацію, розчинність і характер міжкомпонентних взаємодій, тоді як центрифугування та мембранне фільтрування – зменшувати вміст не стабільних і колоїдних частинок. Оскільки внесок окремих чинників не визначали, меншу зміну оптичної густини ДМР доцільно розглядати як сукупний результат її сформованого складу та технології одержання.

Встановлена спиртостійкість ДМР обумовила необхідність оцінити збереження цієї властивості під час зберігання. Попередні дослідження підтвердили відносну стабільність основних фізико-хімічних характеристик ДМР протягом 11 діб, тому цей період було обрано для перевірки збереження її спиртостійкості [13].

Для дослідження використовували 80 %-й водно-спиртовий розчин як найбільш концентрований із попередньо досліджених, змішуючи його з ДМР у співвідношенні 1:1. Стійкість оцінювали за зовнішнім виглядом, результати наведено в табл. 4.

Як показують дані табл. 4, упродовж 11 діб зберігання модельна система «ДМР – етанол» номінальною міцністю 40% об. зберігала однорідність. Відсутність опалесценції, флокул, осаду та розшарування свідчить про відсутність візуально виявлених ознак відстроченої дестабілізації ДМР за умов тривалого спиртового навантаження. Для кількісного підтвердження встановленої стабільності надалі досліджували зміну оптичної густини системи під час зберігання.

Таблиця 4

**Візуальна оцінка стабільності під час зберігання модельної системи «ДМР – етанол»
(номінальна міцність – 40% об.)**

Термін зберігання	Візуальна оцінка
0 діб	Однорідна прозора рідина світло-бурштинового забарвлення; опалесценція, завислі частинки, флокули, осад і розшарування відсутні
5 діб	Однорідна рідина; видимі зміни прозорості й забарвлення порівняно з початковим станом відсутні; осад не утворився
7 діб	Однорідна рідина; ознаки помутніння, флокуляції, утворення осаду або розшарування відсутні
9 діб	Однорідна рідина; видимі ознаки дестабілізації відсутні; забарвлення без помітних змін
11 діб	Однорідна рідина; опалесценція, флокули, осад і розшарування відсутні

Для інструментального оцінювання можливих відстрочених змін оптичного та дисперсного стану модельної системи під час зберігання визначали її оптичну густину за довжин хвиль 490 і 660 нм. Значення оптичної густини за 660 нм використовували як основний непрямий показник зміни помутніння системи, а за 490 нм – як додаткову інтегральну характеристику, що враховувала сукупний вплив світлорозсіювання та поглинання світла забарвленими компонентами ДМР.

У кожний контрольний термін паралельно визначали оптичну густину модельної системи «ДМР – етанол» і контрольної системи, одержаної змішуванням ДМР із дистильованою водою у співвідношенні 1:1. Такий підхід дав змогу відокремити зміни, пов'язані з природною трансформацією ДМР під час зберігання, від додаткового впливу етилового спирту.

Дані оптичної густини модельної системи «ДМР – етанол» і контрольної системи «ДМР – вода» під час зберігання за довжини хвиль $\lambda = 490$ нм, $\lambda = 660$ нм наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Оптична густина модельної системи «ДМР – етанол» і контрольної системи «ДМР – вода» під час зберігання за довжини хвиль $\lambda = 490$ нм, $\lambda = 660$ нм, ($p \geq 0,95$, $n=5$)

Зразок		Термін зберігання, діб				
		0	5	7	9	11
$\lambda = 490$ нм	ДМР – етанол	0,130	0,130	0,130	0,140	0,140
	ДМР – вода дистильована	0,100	0,100	0,100	0,110	0,110
	Різниця відносно контролю	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$\lambda = 660$ нм	ДМР – етанол	0,050	0,050	0,050	0,052	0,052
	ДМР – вода дистильована	0,030	0,030	0,030	0,032	0,032
	Різниця відносно контролю	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020

З наведених даних табл. 5 видно, що упродовж перших 7 діб оптична густина модельної системи «ДМР – етанол» за довжини хвилі 490 нм залишалася незмінною і становила 0,130. На 9-ту добу показник збільшився до 0,140 і надалі, до завершення дослідження, не змінювався. Аналогічну динаміку встановлено для контрольної системи «ДМР – вода»: протягом перших 7 діб її оптична густина становила 0,100, а на 9-ту добу підвищилася до 0,110. При цьому різниця між дослідною і контрольною системами в усі терміни зберігання залишалася сталою та дорівнювала 0,030.

За довжини хвилі 660 нм оптична густина модельної системи «ДМР – етанол» протягом перших 7 діб становила 0,050, а на 9-ту добу збільшилася до 0,052 і залишалася на цьому рівні до 11-ї доби. Для контрольної системи відповідні значення становили 0,030 і 0,032. Різниця між оптичною густиною дослідної та контрольної систем упродовж усього періоду зберігання залишалася незмінною і дорівнювала 0,020. Збільшення показника за 660 нм на 0,002 було незначним і не перевищувало розрахункової інструментальної похибки спектрофотометра у дослідженому діапазоні оптичної густини, тому його не розглядали як підтвердження посилення помутніння систем.

Синхронна зміна оптичної густини дослідної та контрольної систем за обох довжин хвиль свідчить, що така зміна не була специфічним наслідком дії етилового спирту. Значно менша величина зміни за 660 нм порівняно з 490 нм дає підстави припустити, що підвищення оптичної густини на 9-ту добу переважно було пов'язане із загальними змінами спектральних властивостей забарвлених компонентів ДМР під час зберігання, а не з інтенсивним утворенням світлорозсіювальних частинок. Сталі значення різниці відносно відповідного контролю, збереження візуальної однорідності та відсутність опалесценції, флокул, осаду й розшарування свідчать, що протягом 11 діб за прийнятих умов не було виявлено ознак прогресивної відстроченої дестабілізації ДМР, зумовленої присутністю етанолу.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

За результатами проведених досліджень експериментально обґрунтовано спиртостійкість добавки молочно-рослинної, одержаної шляхом екстрагування речовин листя якона ультрафільтратом сироватки з-під сиру кисломолочного, та встановлено особливості зміни її оптичних властивостей під дією етилового спирту. Комплексне застосування адаптованої алкогольної проби, візуального оцінювання та спектрофотометричних досліджень за довжини хвиль 490 і 660 нм дало змогу охарактеризувати поведінку добавки у водно-спиртовому середовищі та порівняти її з вихідним ультрафільтратом молочної сироватки.

Встановлено, що добавка молочно-рослинна після змішування з водно-спиртовими розчинами з об'ємною часткою етилового спирту 68–80 % об. у співвідношенні 1:1 зберігала фізичну однорідність без утворення опалесценції, флокул, осаду та розшарування. Водночас у вихідному ультрафільтраті сироватки з-під сиру кисломолочного за використання найбільш концентрованого водно-спиртового розчину спостерігали слабку опалесценцію, що свідчить про більшу чутливість його дисперсного стану до впливу етанолу за зазначених умов. Отримані результати підтверджують короткочасну фізичну стабільність добавки молочно-рослинної в умовах адаптованої алкогольної проби.

За результатами спектрофотометричних досліджень встановлено, що підвищення концентрації етанолу у внесених водно-спиртових розчинах супроводжувалося поступовим збільшенням оптичної густини досліджуваних систем. За довжини хвилі 490 нм максимальний приріст оптичної густини відносно контрольних зразків становив 0,03 для добавки молочно-рослинної та 0,06 для ультрафільтрату. Дослідження за довжини хвилі 660 нм підтвердили аналогічну закономірність: приріст оптичної густини добавки становив 0,02, тоді як ультрафільтрату – 0,05. Таким чином, за найвищої дослідженої концентрації етанолу зміни оптичних властивостей добавки молочно-рослинної були менш вираженими порівняно з вихідним ультрафільтратом. Узгодженість результатів за двох довжин хвиль свідчить, що виявлені відмінності не можуть бути пояснені виключно власним забарвленням добавки.

Встановлено, що протягом 11 діб зберігання модельна система «ДМР – етанол» номінальною міцністю 40 % об. зберігала однорідність без візуально помітних ознак помутніння, флокуляції, утворення осаду або фазового розшарування. За довжини хвилі 490 нм оптична густина дослідної системи протягом перших 7 діб становила 0,130, а на 9-ту добу збільшилася до 0,140 і залишалася незмінною до завершення дослідження. Аналогічну динаміку спостерігали для контрольної системи «ДМР – вода», оптична густина якої змінювалася від 0,100 до 0,110. При цьому різниця між дослідною та контрольною системами протягом усього періоду зберігання залишалася сталою та становила 0,030.

За довжини хвилі 660 нм оптична густина модельної системи «ДМР – етанол» змінювалася від 0,050 до 0,052, тоді як контрольної системи – від 0,030 до 0,032. Незважаючи на незначне збільшення абсолютних значень показника, різниця між дослідною та контрольною системами в усі терміни спостереження залишалася незмінною і становила 0,020. Синхронний характер змін оптичної густини обох систем за досліджуваних довжин хвиль свідчить про відсутність додаткового прогресивного впливу етанолу на оптичний стан добавки протягом зберігання. У сукупності з результатами візуального оцінювання це підтверджує відсутність виявлених ознак відстроченої дестабілізації модельної водно-спиртової системи впродовж 11 діб за прийнятих умов дослідження.

Одержані результати дають підстави припустити, що характер взаємодії добавки молочно-рослинної з етиловим спиртом визначається сукупним впливом її компонентного складу та технологічних особливостей одержання. Присутність органічних кислот, вуглеводів, фенольних і мінеральних сполук рослинного походження, а також попереднє центрифугування та мембранне фільтрування можуть впливати на дисперсний стан системи й характер міжкомпонентних взаємодій. Водночас встановлення конкретних механізмів формування спиртостійкості потребує додаткових досліджень.

Практичне значення одержаних результатів полягає в експериментальному підтвердженні сумісності добавки молочно-рослинної з водно-спиртовим середовищем, збереженні її фізичної однорідності за умов адаптованої алкогольної проби та відсутності виявлених ознак прогресивної дестабілізації протягом досліджуваного періоду зберігання. Це створює науково-технологічні передумови для використання добавки молочно-рослинної як рецептурного компонента слабоалкогольних напоїв із регульованим нутрієнтним складом.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з визначенням раціональної кількості добавки молочно-рослинної у складі слабоалкогольних напоїв, дослідженням її взаємодії з іншими рецептурними компонентами та встановленням впливу на органолептичні, фізико-хімічні й нутрієнтні характеристики готової продукції. Особливого значення набуває комплексне оцінювання стабільності розроблених напоїв під час зберігання, що дозволить перейти від підтвердження спиртостійкості окремого інгредієнта до наукового обґрунтування технології слабоалкогольних напоїв із прогнозованими показниками якості.

Література

1. Pires A. F., Marnotes N. G., Rubio O. D., Garcia A. C., Pereira C. D. Dairy by-products: a review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 5. Art. 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>.
2. Russo D., Valentão P., Andrade P. B., Fernandez E. C., Milella L. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and anticholinesterase activities of *Smallanthus sonchifolius* landraces and correlation with their phytochemical profiles. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 16, No. 8. P. 17696–17718. <https://doi.org/10.3390/ijms160817696>.

3. Колесник В. В., Полупан В. В., Пенкіна Н. М., Пенкін А. К., Сорокіна С. В., Акмен В. О., Веретенніков О. В., Веретенніков С. В. Спосіб виробництва добавки молочно-рослинної: пат. 155817 Україна. № у 2023 05644 ; заявл. 23.11.2023 ; опубл. 10.04.2024, Бюл. № 15/2024. 2 с.
4. 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*, 2025, Volume 18. No 4. P. 63-73. <https://doi.org/10.15673/fst.v18i4.3145>.
5. Wagner J., Biliaderis C. G., Moschakis T. Whey proteins: musings on denaturation, aggregate formation and gelation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61, No. 4. P. 672–688. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1708263>.
6. Tsermoula P., Khakimov B., Nielsen J. H., Engelsen S. B. WHEY: the waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 118. P. 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025>.
7. Pires A. F., Marnotes N. G., Rubio O. D., Garcia A. C., Pereira C. D. Dairy by-products: a review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 5. Art. 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>.
8. Villumsen N. S., Hammershøj M., Nielsen L. R., Poulsen K. R., Sørensen J., Larsen L. B. Control of heat treatment and storage temperature prevents the formation of visible aggregates in acidic whey dispersions over a 6-month storage period. *LWT. Food Science and Technology*. 2015. Vol. 64, No. 1. P. 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.035>.
9. Morr C. V., Ha E. Y. W. Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1993. Vol. 33, No. 6. P. 431-476.
10. Renard D., Robert P., Garnier C., Dufour E., Lefebvre J. Gelation by phase separation in a whey protein system: in-situ kinetics of aggregation. *Journal of Biotechnology*, 2000. Vol. 79, No. 3. P. 231-244. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(00\)00240-6.11](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00240-6.11).
11. Russo D., Valentão P., Andrade P. B., Fernandez E. C., Milella L. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and anticholinesterase activities of *Smallanthus sonchifolius* landraces and correlation with their phytochemical profiles. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 16, No. 8. P. 17696–17718. <https://doi.org/10.3390/ijms160817696>.
12. ДСТУ 5073:2008. Молоко та вершки. Метод визначення термостійкості за алкогольною пробою. Чинний від 2009-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 18 с.
13. Веретенніков С. В. Наукове обґрунтування стабільності показників якості добавки молочно-рослинної у процесі зберігання. *Технічні науки та технології : науковий журнал / Національний університет «Чернігівська політехніка»*. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2026. No 3(45). С. 192-201. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-3\(45\)](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-3(45)).

References

1. Pires A. F., Marnotes N. G., Rubio O. D., Garcia A. C., Pereira C. D. Dairy by-products: a review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 5. Art. 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>.
2. Russo D., Valentão P., Andrade P. B., Fernandez E. C., Milella L. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and anticholinesterase activities of *Smallanthus sonchifolius* landraces and correlation with their phytochemical profiles. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 16, No. 8. P. 17696–17718. <https://doi.org/10.3390/ijms160817696>.
3. Kolesnyk V. V., Polupan V. V., Penkina N. M., Penkin A. K., Sorokina S. V., Akmen V. O., Veretennikov O. V., Veretennikov S. V. Sposib vyrobnytstva dobavky molochno-roslynnoi: pat. 155817 Ukraina. № u 2023 05644 ; zaivl. 23.11.2023 ; opubl. 10.04.2024, Biul. № 15/2024. 2 s.
4. 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*, 2025, Volume 18. No 4. R. 63-73. <https://doi.org/10.15673/fst.v18i4.3145>.
5. Wagner J., Biliaderis C. G., Moschakis T. Whey proteins: musings on denaturation, aggregate formation and gelation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61, No. 4. P. 672–688. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1708263>.
6. Tsermoula P., Khakimov B., Nielsen J. H., Engelsen S. B. WHEY: the waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 118. P. 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025>.
7. Pires A. F., Marnotes N. G., Rubio O. D., Garcia A. C., Pereira C. D. Dairy by-products: a review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 5. Art. 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>.
8. Villumsen N. S., Hammershøj M., Nielsen L. R., Poulsen K. R., Sørensen J., Larsen L. B. Control of heat treatment and storage temperature prevents the formation of visible aggregates in acidic whey dispersions over a 6-month storage period. *LWT. Food Science and Technology*. 2015. Vol. 64, No. 1. P. 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.035>.
9. Morr C. V., Ha E. Y. W. Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1993. Vol. 33, No. 6. P. 431-476.
10. Renard D., Robert P., Garnier C., Dufour E., Lefebvre J. Gelation by phase separation in a whey protein system: in-situ kinetics of aggregation. *Journal of Biotechnology*, 2000. Vol. 79, No. 3. P. 231-244. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(00\)00240-6.11](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00240-6.11).
11. Russo D., Valentão P., Andrade P. B., Fernandez E. C., Milella L. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and anticholinesterase activities of *Smallanthus sonchifolius* landraces and correlation with their phytochemical profiles. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 16, No. 8. P. 17696–17718. <https://doi.org/10.3390/ijms160817696>.
12. DSTU 5073:2008. Moloko ta vershky. Metod vyznachennia termostiikosti za alkoholnoi proboiu. Chynnyi vid 2009-07-01. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. 18 s.
13. Veretennikov S. V. Naukove obgruntuvannia stabilnosti pokaznykiv yakosti dobavky molochno-roslynnoi u protsesi zberihannia. Tekhnichni nauky ta tekhnologii : naukovi zhurnal / Natsionalnyi universytet «Chernihivska politehnika». Chernihiv : NU «Chernihivska politehnika», 2026. No 3(45). S. 192-201. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-3\(45\)](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-3(45)).